А. Я. ДРИНБЕРГ
Е. С. ГУРЕВИЧ • А. В. ТИХОМИРОВ

ТЕХНОЛОГИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Допущено Министерством высшего образования СССР
в качестве учебного пособия
для химико-технологических вузов и факультетов



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ХИМИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАД
1957

667-66
Дри 74

36-5-2

В книге рассмотрены вопросы борьбы с коррозией, теории пленкообразования, свойства различных покрытий, оборудование и аппаратура, способы окраски металлов, древесины, волокнистых материалов, штукатурки и бетона, а также декоративной и имитационной отделки. Специальный раздел посвящен основам проектирования окрасочных цехов.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов химико-технологических вузов и факультетов, а также как руководство для инженерно-технических работников лакокрасочной, машиностроительной, автомобильной, деревообрабатывающей, приборостроительной, автотракторной и электротехнической промышленности.

А. Я. Дринберг, Е. С. Гуревич,
А. В. Тихомиров

ТЕХНОЛОГИЯ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Редактор *Б. Л. Агранат*

Техн. редактор *Е. Я. Эрлих* Корректоры: *Р. Б. Мазурина, К. А. Ланская*

Сдано в производство 7/VIII 1957 г. Подписано к печати 18/XII 1957 г. М-13872.
Формат бумаги 60×92/16. Печ. л 36,75. Уч.-изд. л. 39,20. Заказ № 2383. Тираж 10 000 экз.
Цена 15 руб. 20 коп.

ГОСХИМИЗДАТ. Ленинградское отделение. Ленинград, Невский пр., 28.

Типография № 2 им. Евг. Соколовой УПП Ленсовнархоза.
Ленинград, Измайловский пр., 29

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 9
Введение 11

Глава I

Теоретические основы антикоррозионной защиты

1. Основные понятия 15

Определение коррозии (15). Классификация коррозии металлов (15). Строение металлов и растворов (17). Процессы на границе металл — раствор (20).

2. Электрохимическая теория коррозии 21

Электродные потенциалы (21). Понятие о гальванических элементах (23). Поляризация и деполяризация (24). Схемы коррозионных процессов (24). Характеристика коррозионных процессов (27). Теория местных и многоэлектродных элементов (30).

3. Пассивность металлов 31

Теории пассивности металлов (32).

4. Влияние различных факторов на коррозию 34

Внутренние факторы (34). Влияние концентрации и состава агрессивной среды (35). Концентрация кислорода (36). Скорость движения раствора (36). Температура (37).

5. Отдельные виды коррозии 37

Химическая и газовая коррозия (37). Атмосферная коррозия (38). Коррозия в морской воде и растворах солей (40). Почвенная коррозия (41).

6. Способы противокоррозионной защиты 42

Выбор металла, метода его обработки и рациональной конструкции (42). Электрохимическая защита (43). Обработка коррозионной среды (43). Защитные покрытия (46).

7. Методы определения антикоррозионных свойств защитных покрытий 47

Литература 49

Глава II

Свойства лакокрасочных материалов и их взаимодействие с окрашиваемой поверхностью

1. Свойства лакокрасочных материалов 50
2. Свойства твердой поверхности 55
3. Взаимодействие пленкообразующей жидкости с поверхностью твердого тела 58

Литература 66

Глава III

Научные основы получения покрытий

1. Общие представления о пленкообразовании 67
2. Покрытия, получаемые без химических превращений (непревращаемые покрытия) 68
3. Покрытия, получаемые путем превращения в трехмерные полимеры 72

Превращения путем поликонденсации (72). Превращения путем полимеризации (75). Превращение насыщенных цепных полимеров (80).

Литература 84

Глава IV

Свойства покрытий и их разновидности

1. Стеклообразное состояние пленки 85
2. Механические свойства и деформация пленок 89
3. Связь между строением высокополимеров и свойствами пленок . . . 92
4. Влияние строения низкомолекулярных пленкообразователей на свойства пленок 97
5. Покрытия на основе модифицированных пленкообразователей 98
6. Многослойные разнородные покрытия 100

Литература 104

Глава V

Старение покрытий

1. Сущность старения 105
2. Окислительная деструкция и старение на воздухе 106
3. Термическая деструкция и старение при нагревании 108
4. Прочие виды деструкции 110
5. Старение пленкообразователей в растворах при хранении красок . . 113
6. Старение лакокрасочных покрытий 114
7. Влияние старения покрытий на их атмосферостойкость 117

Литература 122

Глава VI

Подготовка поверхности металлов перед нанесением покрытий

1. Выбор способа подготовки поверхности 126
2. Механическая обработка поверхности 126
3. Термическая обработка поверхности 130
4. Химическая и электрохимическая обработка поверхности 131

Травление и декапирование (131). Электрохимическое травление (135).

5. Обезжиривание 137

Обезжиривание органическими растворителями (137). Обезжиривание щелочными растворами (138). Электрохимическое обезжиривание (139).

6. Применение ультразвуковых колебаний для очистки металлических изделий 139
7. Удаление старой краски 142
8. Области применения различных способов подготовки металлической поверхности к окраске 143

Литература 145

Глава VII

Неметаллические неорганические покрытия

1. Назначение и области применения 146
2. Окисные покрытия на черных металлах 147
Щелочное оксидирование (147). Бесщелочное (кислое) оксидирование (148).
3. Окисные покрытия на цветных металлах 149
4. Анодизационные покрытия на цветных металлах 151
5. Фосфатные покрытия 156
Фосфатирование по нормальному режиму (157). Ускоренное фосфатирование (158). Холодное фосфатирование (160). Фосфатирование струйным методом (160). Электролитическое фосфатирование (161). Обработка фосфатного покрытия бихроматом (161). Контроль качества фосфатных покрытий (162).
6. Силикатные эмалевые покрытия 162
7. Цементные покрытия 163
Литература 164

Глава VIII

Органические футеровочные покрытия и смазки

1. Покрытия на основе высокомолекулярных полимеров 165
2. Футеровочные композиции на основе низкомолекулярных материалов 168
3. Защитные смазки 169
Литература 170

Глава IX

Лакокрасочные покрытия по металлам

1. Факторы, влияющие на срок службы покрытий 171
Природа окрашиваемого металла (171). Состояние поверхности (172). Состав лакокрасочных покрытий (173). Воздействие внешней среды (176).
2. Выбор и области применения лакокрасочных материалов 178
Классификация лакокрасочных материалов (179). Покрытия на основе масляных красок (181). Покрытия на битумной основе (182). Покрытия на масляно-лаковой основе (184). Покрытия на основе алкидных смол (185). Покрытия на основе мочевино- и меламиноформальдегидных смол (187). Покрытие на основе эфиров целлюлозы (189). Покрытия на основе различных виниловых смол (191). Полиуретановые покрытия (193). Покрытия на основе эпоксидных смол (194).
3. Способы нанесения лакокрасочных материалов 195
Кистевая окраска (195). Окраска распылением (197). Окраска погружением и обливанием (200). Электрохимический метод нанесения покрытий из водных эмульсий (201). Получение покрытий из дисперсий смол (*пластизоли и органозоли*) (201). Нанесение подогретых лакокрасочных материалов (202). Накатка краски вальцами (203).
4. Отдельные стадии технологического процесса нанесения лакокрасочных покрытий 203
Грунтование (203). Сушка (216). Шпатлевание (218). Шлифование (223). Нанесение внешних слоев покрытия (225). Полирование (226).
5. Выбор системы лакокрасочных покрытий. Карты технологических операций. Окраска по влажной поверхности 227
Выбор системы лакокрасочного покрытия (227). Окраска по влажной поверхности (229).

6. Отдельные виды защитных покрытий 235
Водостойкие покрытия (235). Химически стойкие покрытия (237). Бензо-маслостойкие покрытия (239). Термостойкие покрытия (241).
7. Покрытия специального назначения 246
Токопроводящие покрытия (246). Необрастающие покрытия (246). Покрытия, устойчивые к действию плесени (247). Светящиеся покрытия (248).
8. Уход за окрашенной поверхностью 250
9. Дефекты покрытий, являющиеся результатом неправильной технологии применения красок 250
10. Техника безопасности при нанесении лакокрасочных материалов . . 252
Литература 254

Глава X

Окрашивание и лакирование древесины

1. Виды покрытий по древесине 258
Непрозрачные покрытия (260). Прозрачные покрытия (264).
2. Полирование древесины 271
3. Декоративная отделка древесины прозрачными пленками 273
4. Огнезащитные покрытия 274
Литература 275

Глава XI

Декоративные и имитационные покрытия

1. Общие сведения о декоративной и имитационной отделке 276
2. Нанесение рисунков и орнаментов по трафаретам. Цировка 277
3. Имитация ценных пород дерева и камней 278
4. Разделка набрызгом, торцевание, золочение и бронзировка 286
5. Декоративные покрытия: кристаллаки, „муар"; трескающиеся краски; покрытие „кристаллит" 289
Кристаллаки (289). Морщинистые краски „муар" (290). Трескающиеся краски (292). Покрытие „кристаллит" (292).
6. Покрытие „под чеканку" (молотковое) 294
7. Отделка всплывающими красками. Отделка под замшу и сукно. Декалькомания 297
Отделка при помощи всплывающих красок (297). Отделка под замшу, плюш или сукно (297). Декалькомания (298).
Литература 299

Глава XII

Окрашивание и лакирование волокнистых материалов

1. Окрашивание и лакирование тканей 300
Покрытия по тканям на самолетах (302). Пропитывание обмоток для электрооборудования (305). Лакирование и окрашивание обмоток (310).
2. Окрашивание и лакирование кожи 311
Окрашивание эфироцеллюлозными красками (312). Окрашивание водными красками (316). Лакирование (318).
Литература 323

Глава XIII

Окрашивание штукатурки и бетона

1. Подготовка поверхности штукатурки к окрашиванию 325
2. Выбор материалов 326
3. Известковая окраска 329

4. Цементная окраска 334
5. Силикатная окраска 336
6. Клеевая окраска 339
7. Казеиновая окраска 342
8. Покрытия на основе олифы и ее заменителей 346
9. Покрытия на основе перхлорвиниловых красок 348
10. Латексные покрытия 350
Литература 352

Глава XIV

Оборудование для подготовки металлов к нанесению неметаллических покрытий

1. Инструменты, аппараты и оборудование для механической очистки поверхности 353
Ручные инструменты для очистки (353). Аппараты для очистки поверхностей (353). Оборудование для очистки песком и дробью (356).
2. Оборудование для химической и электрохимической очистки 362
Аппараты и оборудование для очистки травлением (362). Аппараты и оборудование для обезжиривания (364).
3. Оборудование для термической очистки 369
4. Оборудование для фосфатирования 371
5. Примеры расчета оборудования 371
Расчет агрегата для обезжиривания (371).
Литература 378

Глава XV

Инструменты, аппаратура и оборудование для окрашивания и лакирования

1. Инструменты для кистевого окрашивания 379
2. Оборудование для окрашивания окунанием 382
3. Оборудование для окрашивания обливанием 388
4. Оборудование для окрашивания в барабанах 391
5. Аппараты для окрашивания распылением 392
Аппараты механического распыления низкого давления (392). Аппараты механического распыления высокого давления (396). Аппараты воздушного распыления (399).
6. Оборудование для окрашивания распылением 410
Камеры распыления периодического действия для окрашивания мелкогабаритных изделий (413). Камеры распыления периодического действия для окрашивания среднегабаритных изделий (419). Камеры распыления периодического действия для окрашивания крупногабаритных изделий (420). Камеры распыления непрерывного действия для окрашивания мелкогабаритных изделий (424). Камеры распыления непрерывного действия для окрашивания среднегабаритных изделий (429).
7. Оборудование и аппаратура для окрашивания распылением в электрическом поле 430
8. Оборудование для окрашивания валиками и вальцами 439
9. Оборудование для окрашивания строительных объектов и крупных сооружений 444
10. Оборудование для подготовки и транспортирования лакокрасочных материалов 446

11. Примеры технических расчетов 451
Расчет расхода краски и воздуха при окрашивании распылением (451). Расчет производительности при окрашивании распылением (454). Расчет камер для окрашивания распылением (456).
Литература 464

Глава XVI

Оборудование для искусственной сушки

1. Классификация сушильных устройств 465
2. Сушильные устройства конвекционные 467
Сушильные шкафы (468). Сушилки камерные периодического действия (470). Сушилки коридорные непрерывного действия (475).
3. Терморадиационные сушильные устройства 479
4. Индукционные сушильные устройства 486
Нагревание металлов индукционными токами высокой частоты (486). Сушка токами промышленной частоты (487).
5. Высокотемпературные сушильные устройства 489
6. Выбор теплоносителя и нагревательных приборов для сушильных устройств 491
7. Примеры технических расчетов сушильных устройств 495
Расчет конвекционных сушилок (495). Расчет конвекционной сушилки тоннельного типа непрерывного действия (500). Расчет терморадиационных сушильных устройств (507).
Литература 512

Глава XVII

Транспортное оборудование

1. Устройства периодического действия 513
Тележки (513). Подвесные пути и кранбалки (515). Грузоподъемные механизмы (518).
2. Устройства непрерывного действия 521
3. Пример расчета подвесного одноточного конвейера непрерывного действия 529
Литература 536.

Глава XVIII

Основы проектирования окрасочных цехов

1. Элементы проектирования и состав проектных материалов 538
2. Технологическая часть проекта 538
Месторасположение цеха (539). Производственная программа цеха (539). Режим работы и фонды времени (540). Организация окрасочных работ (540). Технологический процесс окрашивания (543). Расчет количества специализированных рабочих мест (547). Расчет потребности в рабочей силе (547). Расчет потребности в материалах (547). Технологическая планировка цеха (547). Расчет расхода воды, пара, воздуха и электроэнергии (553). Расчет количества удаляемого из цеха воздуха и тепловыделений в цех (555). Вспомогательные отделения (556). Технические показатели (557).
3. Основные противопожарные и санитарно-технические требования, предъявляемые к окрасочным цехам при проектировании 557
Безопасное устройство и содержание оборудования (559).
4. Основные правила хранения, приготовления и транспортирования лакокрасочных материалов 561
Литература 561
Приложения (табл. I — XII) 562
Указатель 573

ПРЕДИСЛОВИЕ

Различные неметаллические, главным образом лакокрасочные, покрытия имеют широкое применение в самых разнообразных областях народного хозяйства. Заводы авиационной, автомобильной, судостроительной, вагоностроительной, приборостроительной, мебельной, кожевенной и других отраслей промышленности, а также строительные и коммунальные организации в своей повседневной практике сталкиваются с необходимостью применения самых разнообразных неметаллических покрытий для защиты изделий и конструкций от разрушающего воздействия внешней среды, а также для декоративной отделки.

Несмотря на то, что неметаллические покрытия применяются с незапамятных времен, технология неметаллических покрытий как научная дисциплина возникла сравнительно недавно.

Вышедший на протяжении последних лет ряд небольших книг популярного и справочного характера касается главным образом окраски в отдельных отраслях промышленности. Эти книги не содержат теоретических основ и представляют узко практический интерес.

Первая попытка создания учебного пособия по курсу технологии неметаллических покрытий была сделана в 1937 г. (Е. Я. Гольденштейн, «Технология неметаллических защитных покрытий», Химтеорет, 1937).

В 1951 г. было выпущено второе пособие (А. Я. Дринберг, А. А. Снедзе и А. В. Тихомиров, «Технология лакокрасочных покрытий», Госхимиздат, 1951).

Значительное расширение ассортимента лакокрасочных и других неметаллических материалов, новейшие достижения в области химии высокомолекулярных соединений, повышенные требования, предъявляемые промышленностью к неметаллическим покрытиям, и, наконец, новая учебная программа вызвали необходимость в издании нового учебного пособия по курсу «Технология неметаллических покрытий».

В настоящем учебном пособии рассматриваются современные теоретические основы пленкообразования, механизм старения покрытий, органические футеровочные материалы, свойства различных покрытий (включая неметаллические неорганические покрытия), а также рациональные области их применения. Освещены

в книге теоретические основы антикоррозионной защиты, даны сведения о современной аппаратуре, применяемой для нанесения покрытий, приведены примеры расчета типовой аппаратуры, а также сведения по технике безопасности.

В книге содержатся сведения, представляющие интерес также для инженерно-технических и научных работников. Однако ограниченный объем настоящего пособия не позволил в ряде случаев дать исчерпывающие сведения, интересующие производственников, но выходящие за пределы учебной программы.

Введение, гл. II, III, IV, V, VIII, X, XII и XIII написаны А. Я. Дринбергом, гл. I, VI, VII, IX и XI — Е.С. Гуревичем, гл. XIV, XV, XVI, XVII и XVIII — А. В. Тихомировым. Подготовка гл. XIV, XV, XVI, XVII и XVIII к печати произведена Е. С. Гуревичем и А. И. Зиновьевым; последним выполнен также графический материал к этим главам.

Авторы выражают свою глубокую благодарность рецензентам проф. Г. Л. Юхновскому и канд. техн. наук С. В. Якубовичу за ряд ценных указаний и советов.

Большую помощь в создании настоящего пособия оказал инж. Б. Л. Агранат, давший много полезных советов и вложивший много труда при подготовке пособия к печати.

Авторы будут весьма признательны за сделанные замечания по настоящему пособию.

А. Я. Дринберг
Е. С. Гуревич

ВВЕДЕНИЕ

Под неметаллическими покрытиями подразумеваются покрытия металлов, дерева, штукатурки и других материалов тонкими слоями неметаллических веществ, обеспечивающих защиту от действия окружающей среды, а также и декоративный эффект. Неметаллические покрытия могут быть разделены на две основные группы: органических и неорганических покрытий.

Непрерывной средою органических покрытий является органическое вещество, в лаках и красках — органический (наиболее часто высокомолекулярный) пленкообразователь, в защитных смазках — минеральные масла, а при гуммировании — листы резины или пластические массы.

Неорганические неметаллические покрытия представляют собою либо полученные на поверхности металлов неорганические соединения — фосфаты, окислы и т. д., либо покрытия на основе силикатных эмалей и цемента.

Наиболее широкое промышленное значение имеют органические лакокрасочные покрытия, в связи с чем им и будет уделено главное внимание.

Основой лакокрасочного покрытия являются органическое пленкообразующее вещество и пигмент. В тех случаях, когда в покрытии присутствуют пигменты, они оказывают существенное влияние на свойства покрытия. Пигментированные пленки сильно отличаются от непигментированных.

Неметаллические покрытия являются основным практическим средством защиты черных металлов от коррозии. Ежегодно в народном хозяйстве разрушаются около 1—2% общего количества черных металлов, находящихся в эксплуатации.

В последнее время значительно усилена борьба с коррозией, однако и теперь огромное количество металла теряется вследствие недостаточно эффективной защиты металла, в частности из-за неправильного окрашивания его.

Лакокрасочные покрытия имеют существенные преимущества перед другими видами защитных покрытий. Они в большинстве случаев наиболее удобны по методу их нанесения, выгодны по стоимости работ и часто более долговечны, чем металлические или другие виды защитных покрытий.

Защитные свойства любого покрытия обусловливаются двумя важнейшими факторами:

1) механическими и химическими свойствами самой пленки;

2) сцеплением — связью между пленкой и покрываемой поверхностью.

Первый фактор не зависит от покрываемой поверхности и всецело определяется свойствами пленкообразователя и других компонентов пленки.

Второй фактор определяется как физическими и химическими свойствами покрываемой поверхности, так и силами взаимодействия этой поверхности с материалом, которым ее покрывают. Этот фактор в технологии покрытий играет существенную роль.

Выполняя функции защиты металлов от коррозии и дерева от гниения, лакокрасочные покрытия являются одновременно общепринятыми средствами для декоративной и цветовой отделки изделий промышленности, зданий и сооружений.

Не повторяя сведений о физике цвета, известных из курса технологии пигментов, напомним, что любое цветовое (хроматическое) покрытие с оптической точки зрения может быть определено тремя показателями:

1) цветом (цветовым тоном), характеризуемым длиной волны воспринимаемых глазом электромагнитных колебаний;

2) светлотой — коэффициентом отражения, представляющим собой отношение отражаемого светового потока к падающему световому потоку;

3) насыщенностью (яркостью) и чистотою, характеризуемыми близостью цвета к спектральному тону. Кроме того, имеются ахроматические цвета. К ним относятся белый, черный и все оттенки серого.

Человеческий глаз различает около 150 оттенков цвета. Ощущение цвета происходит в результате попадания на сетчатку глаза электромагнитных колебаний с различной для каждого цвета длиной волны. Так, например, красный цвет обладает самой длинной волной 766—690 $m\mu$, фиолетовый цвет имеет наиболее короткую волну — 396 $m\mu$.

Требования, предъявляемые к цветовому оформлению тех или иных объектов, различны в зависимости от функции, которую выполняет данное покрытие. В тех случаях, когда окраска предназначена для привлечения внимания, например рабочие части приборов и станков, а также плакаты и рекламы, цвета должны подбираться по принципу контрастности, так как известно, что соседство контрастных цветов повышает насыщенность каждого цвета. Однако такие сочетания, давая сильный эффект, являются резкими и грубыми, поэтому для декоративных целей этот принцип часто непригоден.

Окраска приборов, станков и машин, придавая оборудованию привлекательный вид, заставляет рабочего более бережно и аккуратно относиться к нему.

Наиболее ответственные детали объектов следует окрашивать цветами, привлекающими внимание рабочего и ускоряющими процесс нахождения их. Менее ответственные детали не должны быть броскими. Различный цвет покрытий отдельных деталей аппаратов и машин, облегчая труд рабочего, тем самым повышает его производительность и качество работы.

Лакокрасочные покрытия получили практическое значение раньше других видов покрытий. Их применяли еще задолго до нашей эры. Так, китайцы применяли окрашивание еще за 4000 лет до нашей эры.

В VIII веке применяли растительные высыхающие масла для покрытия меди и бронзы. Однако более широкое применение масляных олиф для защиты металлов началось в XIV — XV вв.

С развитием металлургии и машиностроения в XIX и XX вв. главным назначением лакокрасочных покрытий является защита металлов от коррозии, а декоративное значение этих покрытий отходит на второй план. Одновременно для защиты металлов от коррозии начинают применяться различные обмазки и неорганические покрытия, но удельное их значение несравненно меньше.

Первым систематическим и научно изложенным руководством по малярному делу была появившаяся в 1886 г. книга К. Осовецкого «Малярное дело». Осовецким было установлено оптимальное соотношение между количеством пигмента и количеством пленкообразующего в малярных красках и показан вред избытка олифы и лака. Он рассматривал ржавление железа под красочной пленкой как электрохимический процесс и обратил внимание на преимущество многослойных покрытий.

Особый интерес представляют высказывания Осовецкого о влиянии света, влаги, кислорода воздуха и других факторов на старение красочных покрытий. «Все причины, — писал Осовецкий, — содействующие разрушению окраски, дают понятие о том, что всякая окраска должна производиться настолько обдуманно, чтобы все зависимое от нашей воли было исполнено в пользу наибольшей прочности красочного слоя».

В Советском Союзе развитие науки о лакокрасочных покрытиях началось лишь после Октябрьской революции в процессе индустриализации страны.

В 20-х годах создается Научно-исследовательский институт лаков и красок. Затем организуется первая в СССР кафедра технологии лаков и красок в Московском химико-технологическом институте им. Менделеева, и советская техника лакокрасочных покрытий прочно становится на путь научного развития.

Большую помощь развитию техники окрашивания оказали работы ученых в области высокомолекулярных соединений пленкообразующих веществ и исследования по коррозии металлов.

Превращение Советского Союза в индустриальную страну и организация ряда новых отраслей народного хозяйства с передовой техникой явились могучим толчком к развитию лакокрасочной промышленности и техники неметаллических покрытий.

Большую роль в развитии техники неметаллических покрытий сыграли работы Института лаков и красок, Ленинградского и Московского химико-технологических институтов, Центрального научно-исследовательского института железнодорожного транспорта и др. С целью технической помощи промышленности в деле внедрения передовых методов окрашивания была организована контора «Машинокраска», а затем Всесоюзная контора «Лакокраспокрытие», которая способствовала освоению на наших заводах современных методов окрашивания. Создание при ряде крупных заводов малярных цехов ускорило внедрение новых методов окрашивания.

Особое внимание уделялось условиям работы маляров и оздоровлению их труда. Разработаны и утверждены специальные положения, строго ограничивающие применение красок и растворителей, вредно действующих на организм человека, а также правила по технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

Необходимо особо отметить, что работы многих коллективов наших новостроек, а также новаторов производства внесли неоценимый вклад в развитие техники окрасочных работ.

Немалую роль в этом деле сыграли периодические издания: «Малярное дело», «Бюллетень обмена опытом малярной техники», «Техника окраски», а также альбомы чертежей современной окрасочной аппаратуры (изд. «Лакокраспокрытие» и др.).

Новые задачи, поставленные перед всем советским народом решением XX съезда КПСС по развитию ведущих отраслей народного хозяйства — тяжелой промышленности, неразрывно связаны с увеличением производства металлов и машин, а следовательно, и с их защитой от коррозии.

Применение для неметаллических покрытий новых, более эффективных лаков, красок и других материалов, не содержащих пищевых масел, механизация и автоматизация техники окраски, увеличение срока службы покрытий — основные средства для решения поставленных задач.

Глава I

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Определение коррозии. Термин коррозия происходит от латинского слова corrodere — разъедать, разрушать. Наука о коррозии и защите металлов изучает явления разрушения металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия его с внешней средой, определяет механизм и общие закономерности этого явления, а также устанавливает эффективные пути защиты металлов от коррозии.

Не следует коррозию смешивать с эрозией — механическим разрушением поверхности. Так, например, истирание шейки вала — пример эрозии, ржавление этого же вала — пример коррозии.

В результате процесса коррозии металлы переходят в соответствующие окислы или соли, т. е. в такое состояние, в котором они обычно находятся в природе. С этой точки зрения процесс коррозии можно рассматривать как процесс, противоположный получению металлов из руды.

Защита металлов от коррозии приобрела особо важное значение в последние 20—30 лет, так как современная техника широко использует высокие температуры и давления, различные агрессивные среды, большие скорости и т. п., и, следовательно, металл эксплуатируется в условиях, когда он наиболее подвержен коррозии. Наибольшее распространение в борьбе с коррозией металлов имеют неметаллические защитные покрытия и для успешного их применения необходимо иметь полное и ясное представление о протекающих коррозионных процессах и методах защиты от коррозии.

Классификация коррозии металлов [14]. По характеру самого процесса коррозия разделяется на две основные группы: химическую и электрохимическую. Первый вид коррозии протекает в неэлектролитах и в сухих газах и подчиняется законам химической кинетики гетерогенных реакций. Электрохимическая коррозия протекает в растворах электролитов и во влажных газах и

характеризуется наличием двух параллельно идущих процессов — окислительного (растворение металлов) и восстановительного (выделение водорода, восстановление кислорода, выделение металла из раствора). Этот вид коррозии сопровождается протеканием электрического тока. По характеру коррозионной среды различают следующие виды коррозии: 1) газовую, 2) атмосферную, 3) жидкостную, 4) почвенную.

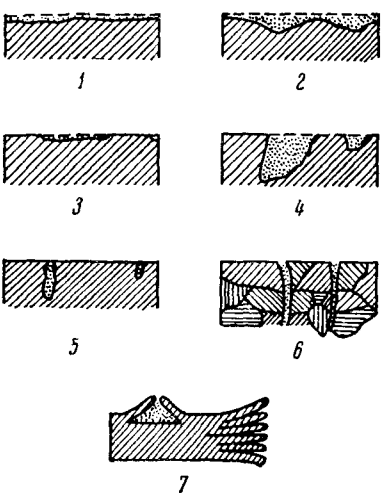


Рис. 1. Типы коррозионных разрушений:

1 — равномерная коррозия; *2* — неравномерная коррозия; *3* — коррозия пятнами; *4* — коррозия язвами; *5* — точечная коррозия; *6* — межкристаллитная коррозия; *7* — подповерхностная коррозия

Газовая коррозия происходит при отсутствии конденсации влаги на поверхности и на практике встречается при эксплуатации металлов при повышенных температурах.

Атмосферная коррозия относится к наиболее распространенному типу коррозии, так как большинство металлических конструкций эксплуатируется в атмосферных условиях. Коррозия, протекающая в условиях любого влажного газа, также может быть отнесена к атмосферной коррозии.

Жидкостная коррозия — весьма распространенный вид коррозии. В зависимости от того, в какой жидкой среде происходит коррозия, различают кислотную, щелочную, солевую, морскую и речную коррозии.

По условиям воздействия жидкости на поверхность металла эти виды коррозии получают добавочные характеристики: с полным погружением, с неполным погружением, с переменным погружением, капельная, струевая.

По характеру коррозионных разрушений различают: равномерную и неравномерную коррозию. Если коррозионные разрушения концентрируются на определенных участках, то такой вид коррозии называется местной коррозией. Местная коррозия бывает различных типов (рис. 1): а) пятнами, б) язвами, в) точечная, г) сквозная. Различают также коррозию межкристаллитную, подповерхностную и избирательную.

Межкристаллитная коррозия локализуется по границам кристаллов и при малом внешнем изменении приводит к значительной потере механической прочности металла. В отдельных случаях при такой коррозии металл может рассыпаться в порошок.

Подповерхностная коррозия начинается с поверхности, но распространяется под поверхностью металла. Этот вид коррозии вызывает вспучивание или расслаивание металла.

Избирательная коррозия имеет место, когда из двух или более компонентов металлического сплава переходит в коррозионный раствор преимущественно один из компонентов, а поверхность сплава постепенно обогащается другим компонентом.

Строение металлов и растворов. Коррозионный процесс, являющийся результатом взаимодействия металлов с внешней средой, зависит как от строения металла, так и от характера этой среды.

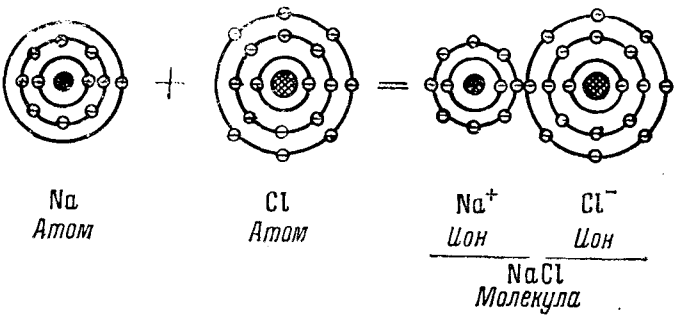


Рис. 2. Ионная связь. Схема реакции образования молекулы NaCl

Коррозия в атмосферных условиях, в кислых, щелочных или нейтральных растворах протекает по-разному.

В процессе коррозионного разрушения металла, как и при любой химической реакции, происходит перестройка химических связей в веществе: одни связи разрушаются, другие — новые — возникают.

Рассмотрим сначала основные типы связей и специфические особенности связей в металлах.

Полярная или ионная связь, называемая также валентной связью, образуется между противоположно заряженными ионами.

Возникновение этой связи объясняется стремлением атомов к образованию более устойчивых восьмиэлектронных внешних оболочек, что осуществляется путем потери внешней оболочки всех электронов или присоединением к ней новых электронов в количестве, дополняющем до восьми. В первом случае электронейтральный атом переходит в положительно заряженный ион-катион, во втором — в отрицательно заряженный ион-анион.

При взаимодействии, например, натрия с хлором атом натрия теряет свой внешний электрон, а атом хлора приобретает один электрон; таким образом оба доводят свои внешние орбиты до восьми электронов (рис. 2). Катион натрия и анион хлора

связываются между собой силами простого электростатического притяжения, образуя ионную решетку кристалла соли.

По этому типу связи образуется большинство солей и окислов металлов и в частности продукты коррозии металлов.

Гомеополярная, атомная или ковалентная связь характеризуется тем, что два атома совместно обладают двумя или более электронами и образуют устойчивые восьмиэлектронные орбиты. Иллюстрацией ковалентной связи может служить схема образования молекулы Cl_2 (рис. 3). Ковалентная связь очень прочная и кристаллы с такой связью обладают высокой твердостью и повышенной температурой плавления.

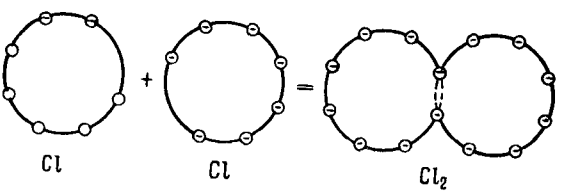


Рис. 3. Ковалентная связь. Схема образования молекулы Cl_2 (дана только внешняя оболочка атома хлора)

Молекулярная или вандерваальсова связь — наиболее универсальный тип сцепления. Эти связи образуются между двумя любыми атомами, принадлежащими двум различным молекулам, оказавшимся близко одна к другой.

Это очень слабая связь, прочность которой увеличивается с атомным весом. Так как эта связь может образоваться только на очень коротких расстояниях, то она требует тесного соприкосновения двух взаимодействующих молекул.

Металлическая связь. Металлы в твердом состоянии представляют собой кристаллические тела (кристаллиты). При переходе из жидкого в твердое состояние атомы металла располагаются в определенном порядке, создавая пространственную решетку. Большинство металлов имеет кубическую или гексагональную решетку.

При металлической связи валентные электроны являются общими для всего кристалла. При этой связи электроны свободно перемещаются в твердом теле. В узлах кристаллической решетки находятся так называемые ион-атомы, т. е. атомы металла, валентные электроны которого «обслуживают» не только данный атом, но и остальные ион-атомы металла (рис. 4). Указанные специфические особенности металлической связи определяют особые свойства металлов: электропроводность, теплопроводность, блеск и т. п. Обычные технические металлы представляют собой

сложные комплексы, состоящие из многих отдельных кристаллитов с неправильной внешней формой. Наличие в технических металлах различных посторонних включений, местных механических напряжений и т. п. искажает кристаллическую решетку. Эти обстоятельства обусловливают неоднородность металлической поверхности.

Ион-атомы металлов, находящиеся на поверхности металла, не насыщены, имеют свободные связи и могут насыщать свои связи за счет адсорбции.

Растворы электролитов. Для протекания коррозионного процесса в водных растворах и влажной атмосфере большую роль играют электролиты. Электролитами являются растворы кислот, щелочей или солей, проводящие электрический ток. Электропроводность обусловливается тем, что молекулы этих веществ распадаются (диссоциируют) на свободно перемещающиеся ионы: положительно заряженные катионы и отрицательно заряженные анионы. Наряду с веществами, полностью распадающимися на ионы (сильные электролиты), ряд веществ, например органические кислоты и их соли, лишь частично распадается на ионы (слабые электролиты).

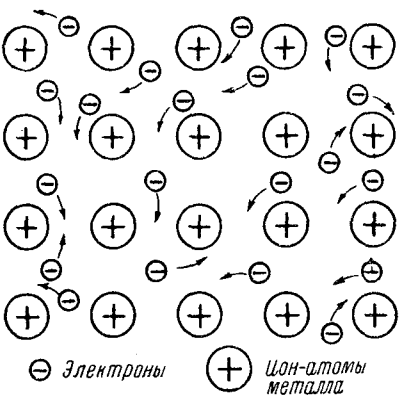


Рис. 4. Схема металлической связи

Вода в незначительной степени также диссоциирована на ионы водорода (H^+) и ионы гидроксила (OH^-). Произведение концентрации ионов водорода и ионов гидроксила для воды и водных растворов есть величина постоянная, равная около 10^{-14}.

Логарифм концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком, носит название водородного показателя — pH, т. е. $pH = -\lg(H^+)$. Для чистой воды и раствора нейтральных солей $pH = 7$. В кислых растворах возрастает концентрация ионов водорода, а в щелочных, наоборот, она падает и возрастает концентрация ионов (OH^-), поэтому кислые растворы имеют pH меньше 7, а щелочные больше 7.

Недиссоциированные молекулы воды не представляют собой электрически нейтральных частиц, они обладают некоторой полярностью и ведут себя как диполи. По этой причине в водных растворах ионы электролитов гидратируются, т. е. в результате электростатического притяжения заряженных ионов они присоединяют полярные молекулы воды. Гидратация ионов

сопровождается выделением энергии. Процесс гидратации играет большую роль при коррозии металлов, так как процесс перехода ион-атомов металлов в раствор связан с их гидратацией.

Процессы на границе металл — раствор. Стремление металла переходить из металлического состояния в ионное для разных металлов весьма различно. Основным источником энергии,

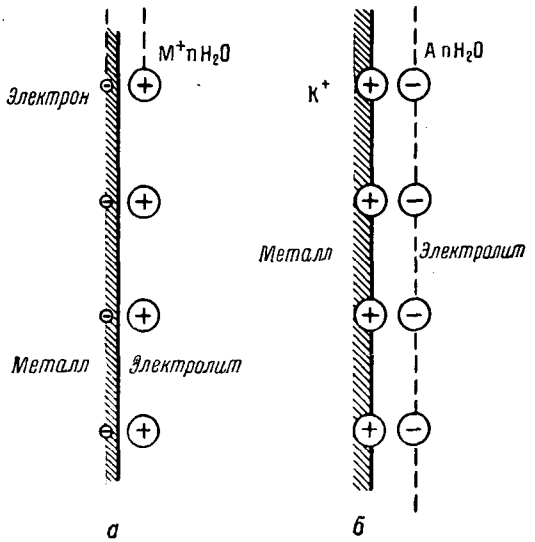


Рис. 5. Схема двойного слоя:

а — при выходе иона металла из металла в раствор; *б* — при выходе иона из раствора на металл

заставляющим переходить металл в раствор в виде ионов, является химическая энергия гидратации. Когда ионы металла переходят в раствор, в металле остаются освободившиеся электроны и он приобретает отрицательный заряд, что, в свою очередь, вызывает электростатическое притяжение между перешедшими в раствор ионами, имеющими положительный заряд, и поверхностью металла.

Если энергия гидратации недостаточна для разрыва связи между ион-атомами и электронами, то поверхность металла может адсорбировать ионы из раствора. Возможны случаи, когда катионы из раствора переходят на металл, придавая ему положительный заряд, а около положительно заряженной поверхности образуется слой, состоящий из анионов. Как в первом, так и во втором случае на границе металл — раствор электролита возникает двойной электрический слой (наподобие двух обкладок конденсатора) (рис. 5). Образование этого двойного слоя приво-

дит к установлению некоторой разности потенциалов между металлом и раствором. При удалении избыточных электронов (например, при использовании реакции восстановления) будет происходить нарушение двойного слоя и создаваться условия для беспрепятственного перехода ион-атомов в раствор.

2. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ КОРРОЗИИ

Электродные потенциалы. Скачок потенциала, являющийся результатом переноса ионов из металла в раствор и обратно, называется *электродным потенциалом.*

В коррозионных процессах эти скачки потенциалов играют основную роль. Обычно величины электродных потенциалов измеряют по отношению к какому-нибудь стандартному электроду, потенциал которого приравнивают к нулю. Таким электродом служит водородный электрод, представляющий собой платиновую пластинку, покрытую свежеосажденной платиновой чернью, насыщенной водородом, или так называемый нормальный каломельный электрод (рис. 6). Потенциал любого металла, погруженный в водный раствор, содержащий ионы этого же металла, называется нормальным, равновесным или обратимым электродным потенциалом, соответствующим установлению равновесия: $Me \rightleftarrows Me^{+} + e$. В растворе, содержащем ионы других металлов, данный металл имеет иное значение потенциалов, называемое необратимым.

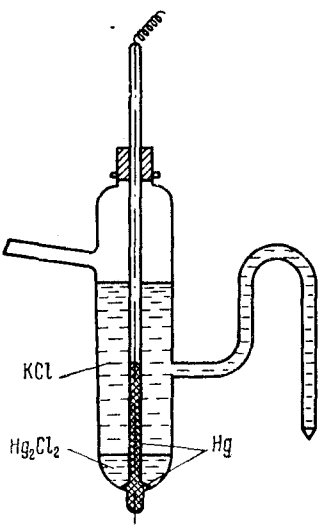


Рис. 6. Каломельный электрод

Значения электродных потенциалов, выраженные в вольтах для некоторых металлов, приведены в табл. 1.

Величина равновесного электродного потенциала зависит от рода металла, природы растворителя, температуры и концентрации ионов в электролите. Электродный потенциал приближенно может быть вычислен по уравнению Нернста

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln C$$

где E_0 — нормальный потенциал металла,
R — газовая постоянная, равная 8,3 *дж*/°С,
T — абсолютная температура,
n — валентность иона металла,
F — число Фарадея, равное 96 500 кулонов,
C — концентрация ионов металла в *г-экв/л.*

ТАБЛИЦА 1

Электродные потенциалы металлов

Металл	Электродный потенциал в 3% растворе NaCl		Нормальный потенциал
	начальный	конечный	
Ag	+ 0,24	+ 0,20	+ 0,80
Cu	+ 0,02	+ 0,05	+ 0,34
Bi	— 0,15	— 0,18	+ 0,23
Sb	— 0,12	— 0,09	+ 0,21
Sn	— 0,25	— 0,25	— 0,13
Pb	— 0,39	— 0,26	— 0,12
Ni	— 0,13	— 0,02	— 0,25
Co	— 0,17	— 0,45	— 0,28
Cd	— 0,58	— 0,52	— 0,40
Fe	— 0,34	— 0,50	— 0,43
Cr	— 0,02	+ 0,23	— 0,41
Zn	— 0,83	— 0,83	— 0,76
Mn	— 1,05	— 0,91	— 1,04
Al	— 0,63	— 0,63	— 1,67
Mg	— 1,45	—	— 2,34

При концентрации ионов металла в растворе, равной 1 *г-экв/л*, второй член уравнения Нериста превращается в нуль. Электродный потенциал при этом становится равным нормальному потенциалу. Таким образом, нормальный потенциал представляет собой электродный потенциал металла, находящегося в растворе своих ионов с концентрацией, равной единице.

Для $T = 273 + 25$ при переходе от натуральных логарифмов к десятичным уравнение Нернста примет следующий вид:

$$E = E_0 + \frac{0{,}059}{n} \lg C$$

На рис. 7 дан график ряда напряжений разных металлов. Металлы, стоящие ниже водорода, электроположительны, стоящие же выше водорода, — электроотрицательны. Более электроположительные металлы называют благородными по отношению к металлам, стоящим ниже их в ряду напряжений. Чем более электроотрицателен металл, тем легче он переходит в ионное состояние. Если поместить какой-нибудь металл в раствор соли более положительного металла, то погруженный металл будет переходить в раствор, вытесняя из него ионы более благородного металла, которые при этом будут осаждаться на металле, погруженном в раствор.

Например, при погружении железа в раствор медного купороса оно покрывается металлической медью. Так как между вытеснением ионов водорода и ионов металлов нет принципиальной

разницы, то металлы более электроотрицательные, чем водород, могут вытеснить водород из водных растворов кислот и даже воды.

Понятие о гальванических элементах. Коррозионные процессы, протекающие в водных растворах, связаны с работой гальванических элементов, возникающих на отдельных участках металла. *Гальваническим элементом* называется система, состоящая из электродов и электролитов, в которой происходит превращение химической энергии в электрическую.

Рассмотрим работу одного из таких элементов, состоящего из цинкового и медного электродов, погруженных в отдельные растворы своих сернокислых солей. Каждый из этих металлов может выделить в раствор количество ионов, которое будет соответствовать состоянию равновесия со своим раствором. Цинк, как это видно из табл. 1, имеет более отрицательный потенциал, чем медь. Если соединить оба металла проводником, то избыточное количество электронов будет переходить от цинка к меди. Такой переход электронов вызовет нарушение равновесия двойного электрического слоя, вследствие чего новое количество цинка перейдет в раствор. Поступающие к меди электроны будут присоединяться к катионам и на поверхности электрода будет осаждаться медь из раствора.

В результате работы такого гальванического элемента по проводнику будет протекать электрический ток при непрерывном растворении цинка на одном электроде и осаждении меди на другом. Электродвижущая сила рассмотренного гальванического элемента равна разности электродных потенциалов, т. е.

$$E = E_{Cu} - E_{Zn} = +0{,}34 - (-0{,}76) = 1{,}1\ в$$

Гальванические элементы могут быть разбиты на три основные группы:

1. Электроды состоят из двух разных металлов, погруженных в растворы различных электролитов.

2. Электроды из двух разных металлов погружены в раствор одного и того же электролита.

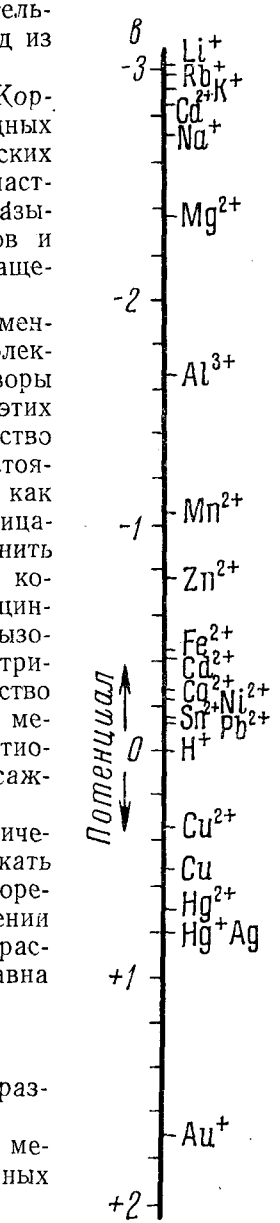


Рис. 7. Ряд напряжений

3. Электроды из одного и того же металла погружены в растворы различных электролитов или в растворы одного и того же электролита, но различной концентрации.

Поляризация и деполяризация. Электродвижущая сила и сила тока гальванических элементов изменяются в процессе работы элементов. Если в рассмотренном нами выше гальваническом элементе ввести в цепь какое-либо сопротивление, равное, например, 0,1 ома, то сила тока $I = E : R = 1{,}1 : 0{,}1 = 11$ *а*. Однако уже через короткое время можно заметить уменьшение э. д. с. и силы тока. Так как сопротивление в цепи не изменилось, то уменьшение э. д. с. и силы тока могло быть вызвано только изменением потенциалов электродов. Изменения потенциалов могут происходить как на аноде, так и на катоде, причем катод становится более отрицательным, а анод более положительным; следовательно, потенциалы катода и анода сближаются и разность между ними уменьшается. Такое уменьшение разности потенциалов во время прохождения тока в гальваническом элементе, приводящее к уменьшению силы тока элемента после его замыкания, носит название *поляризации гальванического элемента*. Понижение потенциала катода называется катодной поляризацией, а повышение потенциала анода — анодной поляризацией.

Поляризация анода может быть вызвана накоплением вблизи анода ионов перешедшего в раствор металла, что тормозит дальнейшее растворение металла, или же образованием на аноде защитных пленок. Причиной катодной поляризации является несвоевременная ассимиляция притекающих электронов вследствие недостаточной скорости разряда катионов (водородных и других ионов) или недостаточной скорости поступления кислорода к катоду. Процессы, уменьшающие поляризацию на аноде и катоде, называются процессами деполяризации.

Поляризация сближает потенциалы анода и катода и влияет на величину силы тока. Сила тока гальванического элемента может быть вычислена по уравнению

$$I = \frac{E_{\text{К}}^0 - E_{\text{А}}^0}{R + P_{\text{А}} + P_{\text{К}}}$$

где $E_{\text{К}}^0$ и $E_{\text{А}}^0$ — начальное значение потенциалов катода и анода,

R — омическое сопротивление цепи,

$P_{\text{А}}$ и $P_{\text{К}}$ — поляризация анода и катода.

Схемы коррозионных процессов. Электрохимическая теория коррозии рассматривает процесс коррозии как результат работы коррозионных гальванических элементов, возникающих на отдельных участках поверхности металлов.

Рассмотрим схему подобного элемента, состоящую из двух разнородных участков поверхности металла, соприкасающихся с каким-либо электролитом (рис. 8). Участок поверхности с более низким потенциалом — анод растворяется, освободившиеся электроны перемещаются к участку с более высоким потенциалом — катоду. С поверхности анода ион-атомы переходят в раствор в виде катионов, которые гидратируются и вступают во взаимодействие с ионами растворенного электролита, при этом часто образуются нерастворимые соединения. Катионы, находящиеся в растворе, присоединяя электроны, разряжаются на катодных участках. Электроны, пришедшие на катод, могут взаимодействовать не только с катионами, но и с нейтральными атомами или молекулами способными восстанавливаться (поглощать электроны) на катоде.

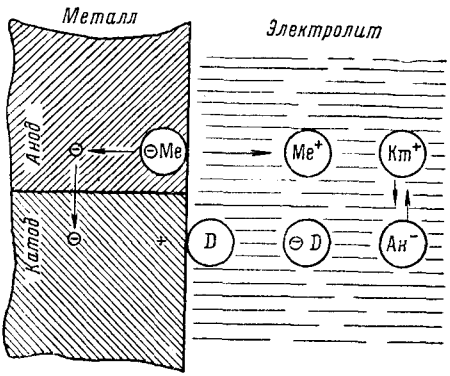


Рис. 8. Принципиальная схема работы коррозионного гальванического элемента (по Томашову)

Вещества, способные присоединять электроны на катоде, называются катодными деполяризаторами. Процесс ассимиляции электронов, поступающих на катод, каким-либо деполяризатором (D), т. е. атомом или ионом, способным присоединять электрон, протекает по схеме

$$e + D \rightarrow |De|$$

По этой схеме протекает катодная реакция восстановления иона водорода в газообразный водород (водородная деполяризация), а также катодная реакция восстановления кислорода до гидроксильного иона (кислородная деполяризация).

Водородная деполяризация, перенапряжение водорода. Коррозионный процесс с выделением водорода на катоде происходит при растворении металлов в средах с высокой концентрацией водородных ионов (например, при коррозии цинка, алюминия и железа в растворе кислот) или при растворении металлов с резко отрицательным потенциалом (например, при коррозии магния в растворе солей).

Катодная реакция с выделением водорода всесторонне исследована А. И. Фрумкиным и его сотрудниками [9].

Процесс выделения водорода на катоде состоит из следующих стадий:

1) диффузии гидратированных ионов водорода $H^+ \cdot H_2O$ к катоду,

2) дегидратирования гидратированных ионов водорода $H^+ \cdot H_2O \rightarrow H_2O + H^+$,

3) присоединения электрона к иону водорода и образования атомарного водорода $H^+ + e \rightarrow H$,

4) образования молекул водорода $H + H \rightarrow H_2$,

5) образования пузырьков водорода и отделения пузырьков от поверхности металла.

Для большинства металлов наиболее тормозящим процесс коррозии является третья стадия — процесс разряда ионов водорода.

Для этого процесса необходимым условием является, чтобы электродный потенциал анода был более отрицателен, чем потенциал разряда водорода при данных условиях, т. е. $E_a < E_к$.

Понятие «перенапряжение» связано с избыточным напряжением, которое необходимо приложить для проведения катодного процесса, т. е. для того, чтобы обеспечить выделение водорода на катоде.

Перенапряжение водорода зависит от природы металла и состояния поверхности.

В нейтральных растворах с pH = 7 гальванические элементы, составленные из большинства металлов, работают без выделения газообразного водорода, так как потенциал разряда ионов водорода отрицательнее, чем потенциал анода.

Лишь при уменьшении pH потенциал разряда водорода становится положительнее потенциала водорода и процесс коррозии может сопровождаться выделением водорода.

Металлы же с очень электроотрицательным потенциалом, например магний, могут выделять водород и из нейтральных растворов.

Кислородная деполяризация. Коррозия металлов в нейтральных растворах, в слабокислых растворах, а также во влажном воздухе протекает с кислородной деполяризацией. Этот вид коррозии наиболее распространен на практике, однако теория коррозии с кислородной деполяризацией изучена меньше, чем процесс с водородной деполяризацией.

Процесс кислородной деполяризации может быть разделен на две основные стадии [7].

1. Подвод кислорода к катоду (концентрационная поляризация катода).

2. Протекание собственно катодной реакции деполяризации (перенапряжение ионизации кислорода).

Реакция восстановления кислорода для кислых растворов протекает по схеме

$$O_2 + 4H^+ + 4e \longrightarrow 2H_2O$$

Для щелочных растворов по схеме

$$O_2 + 2H_2O + 4e \longrightarrow 4OH^-$$

Процессы коррозии с кислородной деполяризацией могут происходить в том случае, если потенциал анода отрицательнее равновесного потенциала кислородного электрода. Перенапряжение кислорода на катоде, как и перенапряжение водорода, зависит от плотности тока и от материала катода.

Растворимость кислорода в водных растворах сравнительно невелика, поэтому первая стадия процесса — подвод (диффузия) кислорода к поверхности катода играет в ряде случаев основную роль и определяет скорость протекания процесса коррозии. Сравнительно реже скорость процесса определяется перенапряжением ионизации кислорода. Чаще всего оба фактора влияют на величину коррозионного тока.

Характеристика коррозионных процессов. Возникновение коррозии определяется возможностью образования коррозионного гальванического элемента. Сила тока гальванического коррозионного элемента определяется для начального момента формулой

$$I = \frac{v_{\text{К}}^0 - v_{\text{А}}^0}{R}$$

где R — омическое сопротивление элемента; $v_{\text{К}}^0$ и $v_{\text{А}}^0$ — потенциалы катода и анода в разомкнутом друг от друга состоянии.

Таким образом, о возможности коррозии в данных условиях можно судить на основании сравнения потенциала вероятной катодной реакции с потенциалом растворения металлов.

Количество металла, перешедшего в раствор в результате коррозии, определяется по формуле

$$W = \frac{QA}{Fn} = \frac{ItA}{Fn}$$

где Q — количество электричества, протекающего за время t (в сек.) между анодными и катодными участками,

I — сила тока в амперах,

F — константа Фарадея,

n — валентность,

A — атомный вес металла.

Скорость коррозии выражается в $г/м^2$ и равняется

$$\frac{W}{S} = \frac{3600IA}{FnS}$$

где S — поверхность анодного участка в квадратных метрах ($t = 3600$ сек.).

Для примера приведем расчет скорости коррозии системы, в которой железо является анодом.

При силе тока, равной 0,1 *а*, и площади анода 100 *см*^{2} W может быть вычислена согласно закону Фарадея, исходя из следующих величин: $A = 55{,}8$, $F = 96\,500$ и $n = 2$, скорость коррозии

$$W = \frac{0{,}1 \cdot 3600 \cdot 55{,}8}{96500 \cdot 2 \cdot 0{,}001} = 0{,}41 \ г/м^2$$

Разрушения и материальные потери металла сосредоточиваются на анодных участках, катодные участки не разрушаются.

Состав электролита у анодных и катодных участков при работе коррозионного элемента не остается неизменным. У анодных участков накапливаются перешедшие в раствор ионы металлов, а у катодных повышается pH среды за счет разряда ионов H^+ (при водородной деполяризации) либо за счет образования гидроксильных ионов OH^- (кислородная деполяризация). По этой причине, если среда у катода была кислой, она становится менее кислой, а если была нейтральной, — становится щелочной.

Продукты анодного и катодного процессов могут взаимодействовать между собой с образованием нерастворимых продуктов. Так, например, при работе коррозионного гальванического элемента, состоящего из железа (анод) и окалины (катод) в растворе NaCl, ионы закисного железа, попадая в зону с достаточно высоким pH, будут образовывать нерастворимые гидраты закиси железа. При дальнейшем окислении находящимся в растворе кислородом гидрат закиси будет переходить в гидрат окиси

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3$$

Накапливание нерастворимых продуктов коррозии обычно происходит не непосредственно на анодном участке, а на участке, где ионы металла встречаются с более щелочной средой.

Характеристика коррозионного процесса наиболее полно и сжато может быть выражена при помощи поляризационных диаграмм, на которых сопоставлены значения потенциала и коррозионного тока (рис. 9).

На рис. 9 приведены основные виды поляризационных диаграмм.

Для анодного процесса зависимость между током и потенциалом выражается анодной поляризационной кривой, для катодного процесса — катодной поляризационной кривой.

Так как при поляризации потенциал анода становится более положительным, а катода более отрицательным, то анодная и катодная ветви сближаются. Точка пересечения отвечает максимальному значению коррозионного тока для данной системы. В точке пересечения омическое сопротивление и разность потенциалов весьма малы.

Поскольку коррозионный ток прямо пропорционален материальному расходу анодных участков, то на абсциссе можно отложить не единицу силы тока, а единицу расхода металла.

Анализируя поляризационные диаграммы, можно судить о влиянии различных факторов на скорость коррозии.

Поляризационая кривая для анода в большинстве случаев имеет простой вид, так как она отвечает одному электрохимическому процессу — переходу ионов металла в раствор.

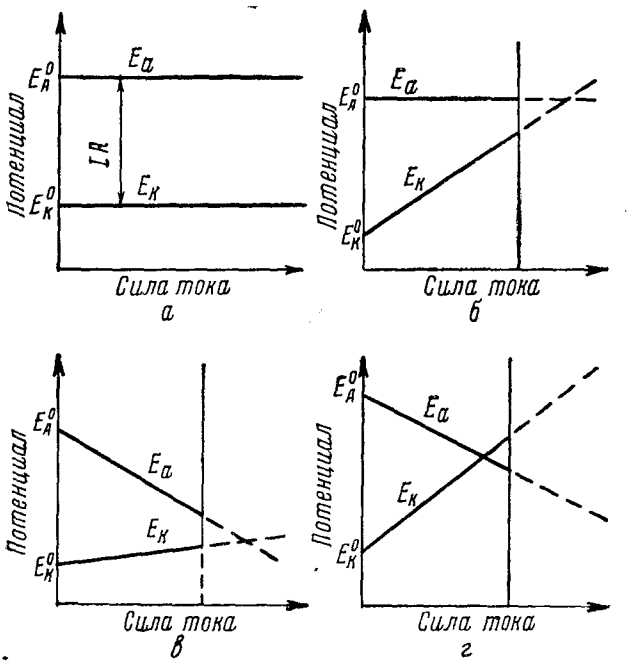


Рис. 9. Основные виды поляризационных диаграмм:

а — отсутствие поляризации; *б* — поляризация катода; *в* — поляризация анода; *г* — поляризация обоих электродов

Поляризационная кривая для катода может быть более сложной, чем это показано на рис. 9.

На рис. 10 приведена поляризационная катодная кривая для железа в буферном 0,5 н. растворе NaCl. Левый участок кривой *аб* соответствует кислородной деполяризации, т. е. реакции восстановления кислорода, растворенного в электролите, до иона гидроксила. Участок кривой *вг* соответствует водородной деполяризации, т. е. другой катодной реакции — восстановлению иона водорода до атома водорода.

Промежуточная область *бв* определяется не скоростью восстановления кислорода, а скоростью диффузии кислорода к катоду. Чем больше в растворе кислорода и чем легче он подводится к катоду, тем сильнее коррозия.

Теория местных и многоэлектродных элементов. Применяемые на практике металлы, вследствие неоднородности, наличия в них различного рода включений металлов и неметаллов, при действии электролитов образуют сложную сеть гальванических микроэлементов. В зависимости от величины электродов, составляющих коррозионный гальванический элемент, различают: 1) макроэлементы — элементы с электродами, доступными невооруженному глазу, и 2) микроэлементы — элементы с электродами микроскопических размеров.

Еще в 1830 г. швейцарский химик Де-ля-Рив высказал предположение, что при растворении цинка в кислоте на поверхности металла возникают многочисленные гальванические элементы микроскопических размеров, причем анодом служит цинк, а катодом — примеси более благородных металлов: Fe, Cu, Sn и др.

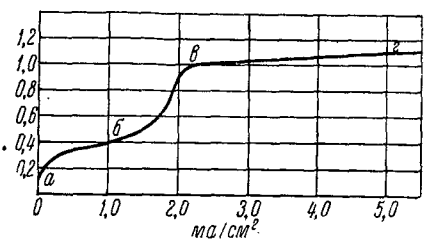


Рис. 10. Катодная поляризационная кривая для железа в буферном растворе 0,5 н. NaCl в атмосфере кислорода.

Увеличение числа микроанодов на поверхности цинка приводит к ускорению процесса коррозии.

В 1922 г. Н. А. Изгарышев указал, что большинство технических металлов, погруженных в раствор электролитов, представляет собой коротко замкнутые многоэлектродные коррозионные элементы.

Весьма существенным для практики является решение вопроса, какие из электродов данной многоэлектродной системы будут являться анодами, а какие катодами.

Н. Д. Томашовым [7] предложен метод для количественного расчета работы многоэлектродной гальванической системы при любом количестве электродов.

Метод этот базируется на следующих положениях.

1. Потенциалы отдельных составляющих многоэлектродной гальванической системы вследствие явления поляризации выравниваются около общего потенциала. Условие короткозамкнутости может быть принято для большинства коррозионных систем, если общее омическое сопротивление невелико.

2. В многоэлектродной системе, находящейся в стационарном состоянии, сумма всех катодных токов системы равна сумме всех анодных токов.

По современным воззрениям коррозионные гальванические элементы возникают не только при структурной неоднородности поверхности металла, но также при неоднородности жидкой фазы или физических условий. Неоднородность защитных пленок на

поверхности металла, а также неоднородность деформаций и внутренних напряжений приводит к образованию коррозионного элемента, в котором участки, не покрытые защитной пленкой или более напряженные, являются анодами.

Неоднородность жидкой фазы на различных участках металла, т. е. разная концентрация электролита, водородных ионов, кислорода или других окислителей, приводит к образованию коррозионного элемента даже при однородности металлической фазы. В этих случаях участки, граничащие с большей концентрацией собственных ионов, — катоды, участки, граничащие с большей концентрацией солей с активным ионом (например, NaCl), — аноды, а при пассивирующей соли ($K_2Cr_2O_7$), наоборот, — катоды. Участки, граничащие с большей концентрацией водородных ионов (более низкое значение pH), при коррозии с водородной деполяризацией — катоды, при коррозии с кислородной деполяризацией распределение полюсов будет обратным.

Участки с меньшей концентрацией кислорода или окислителя будут анодом. Этот последний случай, т. е. образование коррозионного элемента, вследствие неравномерной аэрации жидкой среды часто встречается на практике (коррозия у ватерлинии, коррозия узких щелей и т. д.).

Неоднородность физических условий проявляется в виде неравномерного распределения лучистой или тепловой энергии. Более нагретые или более интенсивно облучаемые участки — аноды.

3. ПАССИВНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Под пассивностью металлов следует понимать состояние повышенной коррозионной устойчивости, при которой анодный процесс растворения заторможен в связи с образованием на поверхности металлов окислов или солей [7].

Характерным проявлением пассивности является облагораживание электродного потенциала. Так, например, железо в активном состоянии имеет потенциал от — 0,5 до — 0,2 *в*, в пассивном же состоянии от +0,5 до +1,0.

Можно привести ряд примеров пассивности металлов. Как известно, железо хорошо растворяется в разбавленной азотной кислоте. Однако, если железо предварительно обработать в концентрированной азотной кислоте, оно на некоторое время теряет способность растворяться и в разбавленной азотной кислоте. Железо перестает корродировать в водопроводной воде, если в нее добавлен окислитель, например хромпик. Медь, обработанная азотной кислотой при — 11°, перестает растворяться в той же кислоте при обыкновенной температуре.

Окислительная среда не всегда является непременным условием для перевода металлов в пассивное состояние. Например,

магний пассивируется во фтористоводородной кислоте, молибден в соляной и др.

Наконец, пассивное состояние металл может приобрести не только под влиянием внешних условий, но и введением в качестве добавок в самый металл сильно пассивирующих элементов (хром, кремний). На этом принципе основано получение нержавеющих сталей.

Ряд факторов препятствует возникновению пассивности металлов и способствует разрушению пассивного состояния. Подогрев раствора, введение в среду ионов хлора, брома, иода, восстановительная атмосфера, катодная поляризация пассивированного металла или контакт его с более анодным электродом нарушают пассивное состояние.

Механическое трение или царапание также нарушает пассивное состояние, если металл не находится в сильно пассивирующей среде и если он не является произвольно пассивирующимся.

Теории пассивности металлов. Предлагалось много теорий пассивного состояния металла, но наибольшее значение имеют пленочная теория и адсорбционная теория.

Пленочная теория пассивности предложена и развита В. А. Кистяковским.

Согласно этой теории пассивность металлов обусловливается образованием на поверхности металлов тонкой бесцветной пленки, которая защищает металл от воздействия внешней среды. Пленка эта представляет собой продукт взаимодействия металла со средой и чаще всего является кислородным соединением металла.

Пассивные пленки обычно образуются на поверхности железа, алюминия и некоторых других металлов при действии атмосферного воздуха.

Еще в 1836 г. Фарадеем было высказано предположение, что пассивирование железа при воздействии концентрированной азотной кислоты объясняется образованием тончайшей невидимой защитной окисной пленки.

Применение химического, микрографического, рентгеновского и электронографического анализов, а также применение электронномикроскопического метода дают возможность установить состав, толщину и структуру защитных пленок [15].

Большинство пленок имеет кристаллическую структуру, но некоторые тонкие пленки, полученные при сравнительно низких температурах, могут иметь аморфное строение. Исследования пленок с помощью электронного микроскопа показали, что у многих, даже тонких пленок имеются мельчайшие поры.

Структура защитных пленок для некоторых металлов соответствует структуре фазовых окислов — Fe_2O_3, Fe_3O_4, MnO, CuO и др. Для других металлов структура пленок отличается от

структуры фазовых окислов. Пленки на алюминии, возникающие при комнатной температуре, имеют гексагональную структуру ε-Al_2O_3 вместо обычного фазового окисла α, β, γ-Al_2O_3, имеющего кубическую структуру.

Защитные пленки на цинке и магние также имеют структуру, отличающуюся от фазовых окислов цинка и магния.

Толщина защитных пленок может изменяться в широких пределах. Различают тонкие, средние и толстые пленки. Тонкие невидимые пленки имеют толщину от мономолекулярной до 400 Å.

Пленки средней толщины порядка 400—5000 А делаются видимыми благодаря интерференционному окрашиванию (цвета побежалости).

При нанесении лакокрасочного покрытия на металле может образоваться пассивная пленка за счет пассивирующего действия активных пигментов (цинкхромат, свинцовый сурик и др.), а также за счет адсорбции некоторых составных частей пленкообразующей основы лакокрасочного покрытия (жирные кислоты и др.) или химического взаимодействия с ними с образованием на поверхности слоя металлического мыла.

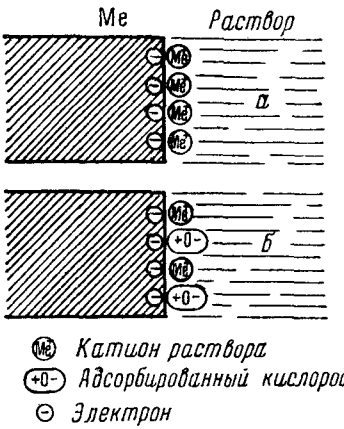


Рис. 11. Схема скачка потенциала при возникновении адсорбционной пассивности

Адсорбционная теория пассивности. Сторонники этой теории считают, что пассивность металла обусловливается мономолекулярным адсорбционным слоем кислорода.

Адсорбированный кислород насыщает активные валентности всех поверхностных атомов металла; за счет этого насыщения и образуется неактивный поверхностный слой металла.

Некоторые исследователи считают, что для образования пассивности нет необходимости полного заполнения поверхности адсорбированным слоем кислородных атомов; для этого достаточна адсорбция кислорода только на наиболее активных участках (по углам и на ребрах кристаллической решетки), т. е. с электрохимической точки зрения на анодных участках. Образующийся при адсорбции кислорода молекулярный слой окисла может отличаться от свойств фазового окисла того же металла и, как правило, иметь большую химическую устойчивость.

Указанное обстоятельство дает возможность объяснить явле-

ние пассивности железа в растворе щелочей в условиях, когда фазовые окислы этих металлов в свободном состоянии растворимы.

Предполагается, что механизм адсорбционной пассивности заключается в том, что атомы кислорода, адсорбируясь на металле, образуют электрические диполи за счет частичной ионизации атома кислорода электроном металла. Положительный конец диполя располагается в металле, а отрицательный — в двойном слое раствора.

На рис. 11 дана схема равновесного ионного скачка потенциала *а* и сложного адсорбционного скачка потенциала *б* при образовании адсорбционной пассивности.

Таким образом, при адсорбции кислорода ионный скачок потенциала заменяется частично адсорбционным и стремление металла посылать свои ионы в раствор будет уменьшаться пропорционально числу адсорбированных атомов кислорода.

По данным Эршлера [8] покрытие 6% поверхности платины адсорбированным кислородом уменьшает скорость растворения в соляной кислоте в 10 раз.

Приведенные пленочная и адсорбционная теории пассивности наиболее полно объясняют часто наблюдаемые на практике проявления пассивности.

4. Влияние различных факторов на коррозию

Внутренние факторы. На скорость коррозии влияют как внешние факторы: характер среды, pH, скорость движения и температура среды, так и внутренние факторы: состав и структура металла, чистота сплава и состояние его поверхности.

Гетерогенность сплавов, например наличие карбидов в стали, графита в чугуне, включение $CuAl_2$ в дуралюмине, вызывает ускорение коррозионного процесса. При этом структурные составляющие сплава играют роль катода, а основной фон сплава — активного анода.

Тщательная обработка поверхности, например шлифовка или полировка, повышает устойчивость против коррозии в начальной стадии, особенно в атмосферных условиях. При коррозии в морской воде это сказывается в меньшей степени. Свежая, грубо обработанная поверхность после пескоструйной обработки обладает большой активностью ввиду отсутствия воздушной окисной пассивирующей пленки. Активность подобной поверхности значительно уменьшается при выдерживании в сухом воздухе за счет образования защитных пленок.

Внутреннее напряжение, появляющееся в металле в результате деформации, в процессе обработки и эксплуатации ухудшает коррозионную стойкость металла.

Нужно отметить некоторые закономерности в коррозионной стойкости металлов в зависимости от их положения в периодической системе элементов Менделеева.

Наименьшей стойкостью отличаются металлы левой подгруппы I и II групп: Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba.

Металлы правой подгруппы I группы (Cu, Ag, Au) весьма стойки в коррозионном отношении, причем их стойкость повышается с увеличением атомного номера элемента.

В III группе из технически важных металлов нужно отметить алюминий, обладающий высокой химической стойкостью вследствие легкого образования на его поверхности защитной окисной пленки.

В IV группе находятся олово и свинец, также способные образовывать защитные пленки.

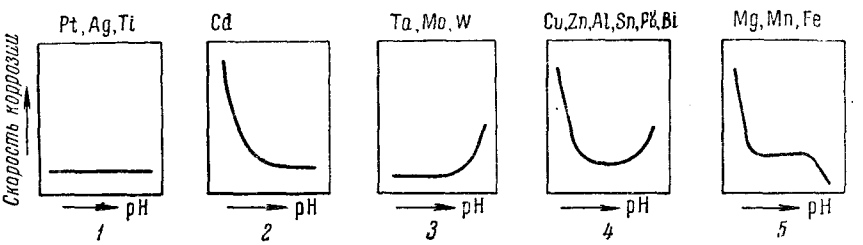


Рис. 12. Влияние pH электролита на скорость коррозии

Наиболее легко пассивирующиеся металлы находятся в четных рядах больших периодов V, VI и VIII групп. К этим металлам относятся: V, Cr, Fe, Co, Ni, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ta, W, Os.

Наиболее коррозионностойкие металлы находятся в VIII группе (Os, Ir, Pt) и в I группе (Au).

Влияние концентрации и состава агрессивной среды. Изменение pH раствора в основном оказывает влияние на процессы, протекающие на катодных участках металла. На происходящий на аноде процесс перехода ионов металла в раствор изменение pH, как правило, не оказывает прямого влияния, так как в анодную реакцию не входят H^+ и OH^-. Однако весьма существенное влияние оказывает pH на растворимость продуктов коррозии и возможность образования защитных, кроющих пленок.

С точки зрения влияния концентрации ионов водорода на коррозию (по А. Я. Шаталову [13]) металлы можно разбить на пять групп (рис. 12)

1. Металлы, стойкие в кислых и щелочных растворах (Pt, Ag, Ti).

2. Металлы, стойкие в щелочной среде, но не устойчивые в кислых растворах (Cd).

3. Металлы, не устойчивые в щелочных растворах, но стойкие в кислых средах (Ta, Mo, W).

4. Металлы, стойкие в нейтральных средах, но не устойчивые в кислых и щелочных растворах (Cu, Zn, Al, Sn, Pb, Bi).

5. Металлы, мало стойкие в кислых растворах, умеренно стойкие в нейтральных и пассивирующиеся в щелочных растворах (Mg, Mn, Fe).

Ниже приводятся значения pH, при которых наблюдается минимальная коррозия:

Металлы	Al	Fe	Zn	Sn	Pb
Значение pH, при котором коррозия минимальная . . .	6,5	14	11	8,5	8

Концентрация кислорода. Вторым важным внешним фактором, влияющим на скорость коррозии, является концентрация кислорода в растворе.

Двойственная роль кислорода заключается в том, что, с одной стороны, кислород, являясь хорошим деполяризатором, усиливает скорость катодного процесса, а с другой стороны, кислород может тормозить коррозионный процесс, так как он повышает стабильность окисных пленок на многих металлах.



Рис. 13. Влияние скорости движения раствора на коррозию металла

Суммарное действие поэтому может быть различным в зависимости от конкретных условий. В условиях коррозии в морской воде увеличение концентрации кислорода приводит к усилению скорости коррозии, так как для этого вида коррозии решающее значение имеет скорость катодного процесса.

Если защитная пленка, образовавшаяся еще на воздухе, имеет «слабые» места, на которых может возникнуть коррозионный процесс, то при наличии кислорода такие места могут легче «залечиваться» и, следовательно, скорость коррозии будет уменьшаться.

Скорость движения раствора. В случае коррозии железа в нейтральных растворах коррозия сначала увеличивается, затем падает и при дальнейшем возрастании скорости движения раствора коррозия снова сильно возрастает (рис. 13).

Первоначальное увеличение скорости коррозии объясняется увеличением притока кислорода и, следовательно, усилением

деполяризации. Понижение кривой при дальнейшем увеличении скорости может быть объяснено наступлением пассивного состояния за счет энергичного притока кислорода.

Наконец, за некоторым пределом скорости движения наступает сильное возрастание коррозии, при которой с поверхности металла срываются защитные пленки, и металл фактически остается без защитных покрытий.

Температура — важный внешний фактор коррозии. По законам химической кинетики скорость коррозии, как и всякого химического процесса, должна возрастать при повышении температуры.

Для очень многих коррозионных процессов имеет место резкое увеличение скорости коррозии с повышением температуры.

Однако в некоторых случаях наблюдается более сложная зависимость скорости коррозии от температуры. Так, например, если коррозия идет за счет кислородной деполяризации, то, с одной стороны, повышение температуры усиливает скорость реакции, а с другой, при повышении температуры уменьшается растворимость кислорода воздуха и, следовательно, концентрация кислорода в воздухе будет падать.

На рис. 14 изображена зависимость скорости коррозии железа от температуры. Если кислород имеет возможность выделяться из раствора, то получается кривая с максимумом.

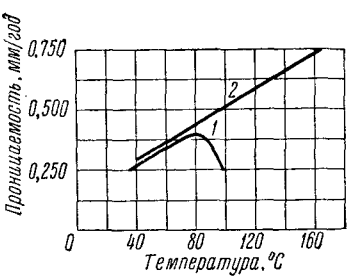


Рис. 14. Влияние температуры на коррозию железа в воде:
1 — коррозия в открытой системе;
2 — коррозия в закрытой системе

Снижение скорости коррозии объясняется недостатком кислорода в растворе. Если кислород не может удаляться из раствора, то с повышением температуры скорость коррозии возрастает.

Повышение температуры влияет также и на характер защитной пленки. Так, например, на цинке до 50° пленка обладает хорошей адгезией и защитными свойствами. В интервале 50—90° образуется зернистая, плохо пристающая и плохо защищающая пленка. Выше 90° снова образуется плотная, хорошо пристающая пленка.

5. ОТДЕЛЬНЫЕ ВИДЫ КОРРОЗИИ

Химическая и газовая коррозия. При химической коррозии коррозионный процесс не сопровождается протеканием электрического тока. Продукты коррозии образуются непосредственно в месте взаимодействия агрессивной среды с металлом.

Газовой коррозии, представляющей собой один из видов химической коррозии, подвергаются изделия и аппараты, работающие при повышенных температурах под воздействием агрессивных газов. Одновременное воздействие агрессивной среды и высокой температуры приводит к интенсивному образованию продуктов коррозии. В большинстве случаев газовая коррозия сводится к взаимодействию металла с кислородом среды: $Me + O \rightleftarrows MeO$.

Основным условием, способствующим торможению газовой коррозии, является образование сплошной пленки из продуктов взаимодействия металла с газом. Сплошная пленка может образоваться в том случае, если объем металла, израсходованный на создание пленки, меньше объема полученной пленки, т. е. $\frac{V_п}{V_м} > 1$, где $V_п$— молекулярный объем окисла (пленки), а $V_м$ — объем металла. Так как $V_п = \frac{M}{D}$, а $V_м = \frac{Ax}{d}$, где M — молекулярный вес окисла, D — удельный вес окисла, A — атомный вес металла, d — удельный вес металла, x — число атомов металла в молекуле окиси, то получаем $\frac{V_п}{V_м} = \frac{M_d}{xAD}$.

Если величина $\frac{M_d}{xAD}$ больше единицы, то можно ожидать образования сплошной беспористой пленки.

Однако это условие не всегда обеспечивает хорошие защитные свойства пленки, влияние оказывает также прочность сцепления, эластичность, коэффициент термического расширения и другие факторы.

При температуре от 100 до 200—300° скорость коррозии в газовых средах сравнительно невысокая, если при этом не происходит конденсации влаги и, следовательно, не могут протекать электрохимические процессы. Выше указанной температуры скорость газовой коррозии сильно возрастает. Хлор оказывает сильное действие при температуре выше 200°, хлористый водород — выше 300°, сернистый газ, двуокись азота и пары серы — около 500°.

Химическая коррозия в неэлектролитах, например в жидком топливе, в значительной степени зависит от наличия в них агрессивных примесей (сернистых соединений и др.), так как в чистых углеводородах металлы практически не корродируют.

Значительная коррозия наблюдается на поверхности металлов при наличии в жидком топливе отстоявшейся воды, но в этом случае имеет место электрохимическая коррозия.

Подвержены коррозии металлы в углеводородах, содержащие различные карбоновые кислоты.

Атмосферная коррозия. Примерно 80% металлических конструкций эксплуатируется в атмосферных условиях, поэтому

большое значение имеет эффективная защита металлов от атмосферной коррозии.

Коррозионный процесс в атмосферных условиях обусловливается воздействием тонкой пленки влаги, образующейся на поверхности металла. Толщина этой пленки зависит от относительной влажности воздуха.

При влажности воздуха ниже 100% на гладкой поверхности образуется мономолекулярная адсорбционная пленка; при этой же влажности обычно происходит конденсация влаги в капиллярных щелях. При понижении температуры происходит осаждение мельчайших капелек воды, которые могут образовать сплошную пленку по всей поверхности металла.

Схема осаждения влаги приведена на рис. 15.

Различают мокрую атмосферную коррозию, возникающую при непосредственном воздействии на металл атмосферных осадков или при относительной влажности воздуха не ниже 100%, и влажную, возникающую при относительной влажности воздуха ниже 100°.



Рис. 15. Схема осаждения влаги на поверхности металла (по Акимову)

На скорость атмосферной коррозии, помимо влажности, влияет загрязнение воздуха дымовыми газами, содержащими сернистый газ, солями, пылью и т. п. Указанные газы и загрязнения, растворяясь в пленке влаги, повышают электропроводность электролита и таким образом способствуют увеличению коррозионного тока. По этой причине в районе промышленных центров коррозия идет интенсивнее, чем в сельских местностях.

Механизм растворения металла при мокрой и влажной атмосферной коррозии принципиально не отличается от механизма электрохимической коррозии при погружении металла в раствор электролита.

На железе во влажной атмосфере образуются сначала первичные продукты коррозии — гидрат закиси железа $Fe(OH)_2$, который переходит при доступе к нему кислорода в гидрат окиси железа. Последний обычно покрывает железо рыхлым осадком и не защищает металл от дальнейшего разрушения. Способствует коррозии также гигроскопичность продуктов коррозии железа.

Продукты коррозии цинка и в частности хлористый цинк, образующиеся в атмосфере, содержащей частички хлористых солей (в морской атмосфере), также весьма гигроскопичны. Нужно отметить, что продукты атмосферной коррозии других

металлов, например алюминия, хорошо предохраняют металл от дальнейшего разрушения.

Характерным для атмосферной коррозии является развитие процесса во времени. Некоторые металлы, например железо, в начальный период имеют небольшую скорость коррозии; в дальнейшем эта скорость увеличивается.

У других металлов, например алюминия, свинца, вследствие образования нерастворимых продуктов коррозии, обладающих защитными свойствами, процесс коррозии с течением времени приостанавливается.

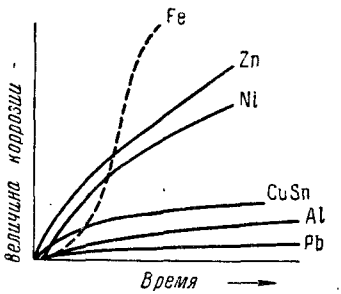


Рис. 16. Зависимость величины коррозии от времени для некоторых металлов в воздухе

Зависимость величины коррозии от времени для некоторых металлов приведена на рис. 16.

При хранении и транспортировке изделий из черных металлов на скорость коррозии влияют не только влажность, но и загрязнение поверхности металла, а также резкие температурные колебания.

Практические методы защиты от коррозии в основном сводятся к торможению анодного и катодного процесса. Этого можно достигнуть созданием на поверхности металла пассивного состояния.

В условиях атмосферной коррозии более надежным является воздействие на анодный или омический фактор.

С этой точки зрения целесообразным является введение пассивирующих пигментов в лакокрасочные грунты, а также введение контактных или летучих анодных замедлителей (ингибиторов) коррозии. Торможение же катодного процесса, например введение в лакокрасочную пленку катодных замедлителей, а также уменьшение доступа кислорода к корродирующей поверхности, не всегда является достаточно эффективным.

Воздействие на омический фактор достигается уменьшением влажности, электропроводности и т. д. Однако этот вид защиты может быть использован лишь в случаях складского хранения.

Коррозия в морской воде и растворах солей. Вода различных морских водоемов содержит от 1 до 3,8% легко диссоциирующих солей, обладающих высокой электропроводностью. Морская вода хорошо аэрирована и содержит 0,04 *г/л* кислорода. Эти обстоятельства обусловливают сильную коррозию металлов в морской воде.

Коррозионный процесс для большинства металлов, как-то: железа, алюминия и его сплавов, меди и ее сплавов, протекает преимущественно с кислородной деполяризацией.

Особенное усиление коррозии наблюдается вблизи ватерлинии. Это объясняется легким доступом кислорода и ухудшением условий для образования и сохранения защитной пленки из продуктов коррозии. Исключительно энергичное коррозионное воздействие оказывают брызги морской воды. На скорость коррозии в морской воде сильно влияет окалина; создавая катодные участки, окалина может в 30—40 раз увеличить обычную для морских условий скорость коррозии.

Окрашенные участки также могут играть роль катодов по отношению к неокрашенным участкам. Весьма неблагоприятное действие оказывает наличие в конструкции зазоров и щелей. Кислород воздуха, растворенный в морской воде, быстро расходуется в щели, а дальнейшее его поступление затруднено. По этой причине у основания щели кислорода больше, а также более высок потенциал; в самой же щели недостаток кислорода и более низкий потенциал. При этих условиях возникает гальваническая пара неравномерной аэрации, причем щель становится анодом и усиленно корродирует.

Основным средством защиты конструкций в морской воде является применение лакокрасочных покрытий. С успехом используется также протекторная защита.

Эффективным является также применение катодных замедлителей коррозии и в частности грунтовок протекторного действия (введение в краски цинковой пыли и др.).

При выборе лакокрасочных покрытий для морских конструкций необходимо учитывать влияние продуктов коррозии на красочную пленку.

Как правило, продукты коррозии у анода не оказывают разрушающего действия на лакокрасочное покрытие, так как эти продукты у анодных участков не накапливаются. В отдельных случаях, когда продуктами анодной реакции являются хлор, кислород и кислоты, они могут оказать вредное воздействие на лакокрасочное покрытие.

Наиболее важным фактором является увеличение щелочности вблизи катода, что способствует разрушению и отслаиванию лакокрасочного покрытия.

В связи с этим одним из важнейших требований, предъявляемых к лакокрасочным покрытиям для защиты от морской коррозии, является их стойкость к действию слабых растворов щелочей и достаточно высокие адгезионные свойства.

Почвенная коррозия. Почвенной коррозии подвержены различные металлические трубопроводы, опоры, сваи, днища резервуаров, кабельные сети и другие конструкции, находящиеся полностью или частично в почве.

Почвенная коррозия часто связана с блуждающими токами. Источниками блуждающих токов являются трамваи, метро,

электрические железные дороги и различные электрические установки, питающиеся постоянным током. Величина блуждающего тока может быть весьма значительной. Радиус действия иногда достигает нескольких десятков километров. Для борьбы с блуждающими токами применяются различные методы, как-то: электродренаж, заключающийся в отводе тока от подземных сооружений на отрицательные шины электростанции, катодная защита, а также изоляция битумными покрытиями.

Коррозия металлов в почве имеет ряд специфических особенностей, например возможность образования коррозионных элементов протяженностью в десятки и сотни метров (коррозия трубопровода), а также образование элементов с большим катодом и малым анодом, что вызывает значительную плотность тока на анодных участках. Во влажных, кислых и щелочных почвах коррозия может быть значительной.

6. СПОСОБЫ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Современная техника располагает разнообразными способами защиты металлов от коррозии.

Эти методы могут быть разбиты на следующие 4 основные группы: 1) выбор металла, метода его обработки и рациональной конструкции, 2) электрохимическая защита, 3) обработка коррозионной среды, 4) защитные покрытия.

Выбор металла, метода его обработки и рациональной конструкции. Как уже было указано, состав и структура металла весьма существенны для стойкости изделия. В отдельных случаях выбор металла, устойчивого в данной среде, уже сам по себе может решить поставленную задачу (например, выбор бронзы для корабельного винта и т. д.). Важным также является использование металлов, легко образующих в данной среде прочные защитные пленки. Классическим примером этого рода служит использование свинца в растворах серной кислоты (образование нерастворимой пленки $PbSO_4$), алюминия — в атмосфере (образование пленки Al_2O_3) и т. д.

Эффективным является также повышение однородности структуры поверхности металла при помощи закалки, механической обработки и т. д. Большое значение имеет также правильный выбор конструкции. В первую очередь следует обратить внимание на недопустимость неблагоприятных металлических контактов, образующих макрогальванические элементы. Если нельзя обойтись без сопряжений разнообразных металлов, то необходимо воспользоваться прокладками из нейтрального неметаллического материала, окраской или нанесением металлического покрытия из металла более электроотрицательного, чем металл защищаемой конструкции, например цинка.

Необходимо также позаботиться, чтобы в конструкции отсутствовали места, где бы могла собираться и застаиваться вода. Последнее обстоятельство имеет большое значение также и для срока службы защитных лакокрасочных покрытий.

В ряде случаев уплотнение швов, а также устранение щелей и зазоров могут быть произведены при помощи замазок.

Электрохимическая защита. Широкое распространение имеет метод электрохимической защиты, который состоит в том, что к защищаемой корродирующей системе присоединяют непосредственно или при помощи проводника посторонний анод, например в виде пластины из металла, имеющего более низкий электродный потенциал. Присоединенный посторонний сильный анод переводит бывшие анодные участки макро- и микрогальванических пар в катоды, вследствие чего коррозионные пары перестают работать.

Такой метод защиты носит название *протекторной защиты*, а сама пластина, служащая анодом, называется протектором. Так как при протекторной защите коррозия искусственно сосредоточивается на протекторе, то его обычно делают легко заменяемым. Обычно протектор крепят на болтах. Применяют обычно протектор из цинка или сплава алюминия с цинком, магния с алюминием и др.

ТАБЛИЦА 2

Радиус действия цинкового протектора в растворах NaCl (по Томашову)

Электролит	Радиус действия, *см*
Дестиллированная вода . .	0,1
0,001% NaCl	1,4
0,01% NaCl	10
0,03% NaCl	15
3,0% NaCl	600
Морская вода	100

В табл. 2 приведены данные о радиусе действия цинкового протектора в зависимости от концентрации NaCl.

Протекторная защита может быть использована и в тех случаях, когда конструкция защищена лакокрасочными покрытиями. Последние должны быть устойчивыми к действию щелочей.

Другим методом электрохимической защиты является подача тока от постороннего источника, причем защищаемая конструкция служит катодом. Такой метод обычно называют катодной защитой или *электрозащитой*. Электрозащита широко используется в условиях подземной коррозии, трубопроводов, кабелей, свай и т. д., а также в химической, нефтяной и других областях.

Обработка коррозионной среды. Этот вид защиты применяется преимущественно при условии ограниченного объема коррозионной среды. По характеру действия обработка коррозионной среды может производиться двумя методами: 1) удаление из состава среды стимуляторов коррозии; 2) введение в среду

замедлителей коррозии (ингибиторов).* Так, например, удалением кислорода и свободного углекислого газа из питательной котловой воды можно значительно снизить коррозию котлов. Действие замедлителей коррозии сводится к торможению катодного или анодного процесса. В связи с этим замедлители подразделяются на анодные и катодные.

В практике борьбы с коррозией замедлители находят широкое применение в системах, работающих с постоянным объемом раствора, в процессе травления металлов, при механической обработке металлов, для консервации деталей и изделий при хранении и транспортировке. Различают замедлители контактного действия, которые оказывают действие при непосредственном контакте с металлом, и летучие, которые могут оказывать защитное действие, находясь вблизи от защитного металла. К анодным замедлителям нужно отнести в первую очередь окислительные замедлители. Как уже было указано, кислород имеет двойственное значение: ускоряет катодный процесс и замедляет анодный процесс. Суммарное влияние кислорода бывает различным в зависимости от конкретных условий. Окислительные замедлители поэтому являются эффективными лишь при применении их в значительных количествах и при отсутствии депассивирующих агентов, например Cl^-, а также при наличии общих условий, обеспечивающих легкое появление пассивного состояния.

К окислительным анодным замедлителям относятся хроматы, бихроматы, нитрит натрия и др.

При отсутствии в воде значительных количеств Cl^- в нейтральных растворах наличие 0,1% $K_2Cr_2O_7$ сильно снижает коррозию железа, алюминия и их сплавов.

К анодным замедлителям также относятся щелочные растворы NaOH, Na_2CO_3, триэтаноламин и др., образующие на анодных участках гидроокиси металлов. Анодные замедлители при добавлении в недостаточном количестве могут вызвать глубокую местную коррозию, так как при частичном пассировании отношение площади катодов к площади анодов при этом возрастает.

Действие катодных замедлителей основано на уменьшении кислорода в растворе, повышении перенапряжения катодного процесса или на уменьшении площади катода.

К замедлителям первого типа относится, например, сульфит натрия, который, поглощая кислород по реакции

$$Na_2SO_3 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow Na_2SO_4$$

тормозит кислородную деполяризацию.

* От латинского слова inhibio — останавливать, удерживать.

К уменьшающим площадь катода относятся такие замедлители, как $Ca(HCO_3)_2$, $ZnSO_4$ и др., образующие при местном подщелачивании нерастворимые соединения.

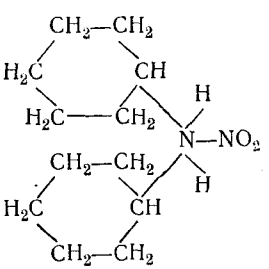
К замедлителям, повышающим перенапряжение катодного процесса, относятся соли некоторых тяжелых металлов, например As, Bi и др.

Катодные замедлители безопасны, так как они не могут вызвать усиление коррозии даже в тех случаях, когда они добавлены в недостаточном количестве, однако катодные замедлители менее эффективны анодных. Большое количество замедлителей органического происхождения, например декстрин, сульфированный животный клей и др., широко применяют для травильных присадок. Принцип действия их сводится к адсорбции на катодах и увеличению перенапряжения водорода, а некоторые адсорбируются на анодах и тормозят анодный процесс.

В последнее время большое внимание уделяется летучим замедлителям коррозии. Летучие ингибиторы, испаряясь, могут конденсироваться на поверхности металлов, где они растворяются в пленке влаги.

По своему химическому составу летучие замедлители представляют собой соли аминов слабых неорганических кислот, например карбонат моноэтаноламина или соединения аминов с органическими кислотами. Летучие замедлители коррозии могут вводиться в коррозионную среду, в смазки, лакокрасочные материалы, а также применяются для пропитки упаковочной бумаги или вводятся в укупорки для предохранения изделий от коррозии.

Более широко исследован нитрит дициклогексиламмония.



Т. пл. 154° (с химическим распадом); упругость пара = 0,1 упругости пара ртути; водные растворы имеют pH = 7,2; 1 *г* насыщает 566 $м^3$ воздуха при комнатной температуре.

Полная защита от коррозии при частичном погружении стальных изделий в воду достигается при 4% концентрации нитрита дициклогексиламмония. Полностью погруженные образцы не корродируют при концентрации нитрита дициклогексиламмония до 0,1%.

Как указанные летучие ингибиторы, так и анодные окислители недостаточно эффективны к цветным металлам.

Защитные покрытия. Наиболее распространенным методом защиты от коррозии является создание на изделии защитного покрытия.

По виду материала, из которого состоят защитные покрытия, различают: 1) металлические, 2) неорганические неметаллические (окисные, фосфатные, сульфатные, цементные и т. п.), 3) органические (лакокрасочные и др.).

Все покрытия независимо от способа получения материала классифицируются по характеру защитного действия. Покрытие может не только механически изолировать от действия внешней среды, но иметь также в своем составе замедлители или пассиваторы и тем самым усиливать защитное действие покрытия. Металлические покрытия, а также лакокрасочные, содержащие в своем составе порошкообразные металлы, делятся на катодные и анодные в зависимости от того, какой электродный потенциал они имеют по сравнению с защищаемым металлом. Анодные покрытия, например цинковые, кадмиевые, защищают основной металл — железо, не только изолируя его от влияния внешней среды, но и электрохимически.

Катодные покрытия могут защищать основной металл изделия только при условии достаточной сплошности. При наличии в катодном покрытии пор, трещин и т. д. защищаемый металл на оголенных участках будет подвергаться сильной коррозии, так как эти участки будут являться анодом.

К металлам, образующим катодные покрытия на железе, относят олово, медь, свинец, никель и др.

Лакокрасочные покрытия, содержащие обычные пигменты, могут быть также отнесены к катодным покрытиям.

Металлические покрытия имеют широкое применение, они позволяют экономить цветные металлы для деталей, которые ранее готовились целиком из этих металлов.

Различают следующие основные методы нанесения металлических покрытий: гальванический, распыление (металлизация), диффузионный, погружение в расплавленный металл (горячий метод), механотермический (плакирование). Наиболее распространенными являются гальванические покрытия, получающиеся путем осаждения металлов при электролизе водных растворов солей соответствующих металлов. Покрытия методом распыления расплавленного металла сжатым воздухом могут наноситься не только на металлические поверхности, но и на дерево, керамику и другие материалы. Расплавление металла и распыление производятся при помощи газовых или электрических металлизаторов.

Диффузионные покрытия получаются при взаимодействии изделий с тонкоизмельченными частицами защищаемого металла

или солей. Процесс осуществляется в восстановительной или нейтральной атмосфере при температуре выше рекристаллизации.

В результате взаимной диффузии образуются покрытия, толщина которых определяется температурой и продолжительностью обработки.

Металлизация погружением в расплавленный металл производится металлом, имеющим более низкую температуру плавления, чем железо.

Практическое применение имеют горячие покрытия цинком, оловом и свинцом.

Механотермический метод (плакирование) осуществляется путем покрытия одного металла другим, путем совместной горячей прессовки или прокатки этих металлов.

Как было указано выше, лакокрасочные покрытия вследствие их большой распространенности, доступности и дешевизны в противокоррозионной защите играют важную роль.

Кроме указанных основных видов защитных покрытий, на практике применяются комбинированные покрытия из сочетания самых разнообразных видов покрытий. Так, например, широко используются сочетания оксидных покрытий с лакокрасочными, металлических с лакокрасочными и т. д.

7. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

При лабораторных испытаниях антикоррозионных свойств покрытий следует по возможности ближе воспроизводить эксплуатационные условия службы покрытия.

Испытания могут иметь качественный и количественный характер. Уже при визуальном осмотре состояния поверхности защитного покрытия после воздействия агрессивной среды можно установить характер, плотность и расположение продуктов коррозии, глубину и форму очагов. Изменение окраски раствора, появление продуктов коррозии в виде хлопьев, осадков или мути также дает возможность установить наличие коррозионных повреждений.

К качественным методам относится индикаторный метод, дающий возможность установить расположение анодных и катодных участков по поверхности металла. По этому методу исследуемый образец заливают раствором, содержащим: воды — 100 *мл*, красной кровяной соли — 1 *г*, агар-агара — 10 *г*, NaCl — 8 *г*, фенолфталеина (спиртового раствора) — несколько капель. На анодных участках появляется голубое окрашивание, а на катодных розовое ввиду повышения концентрации гидроксильных ионов на этих участках.

Количественные методы дают возможность определить степень коррозионного повреждения по изменению веса, изменению механических и других свойств металла, происшедших в результате коррозии.

Потеря веса происходит в тех случаях, когда металл растворяется в коррозионной среде и когда продукты коррозии удаляются с поверхности металла. Если в результате коррозии образуются плотные нерастворимые продукты, то величину коррозии можно определить по увеличению веса образцов.

В лабораторной практике для определения антикоррозионных свойств покрытий, помимо так называемых «крышных» испытаний, а также испытаний образцов в соответствующих средах,

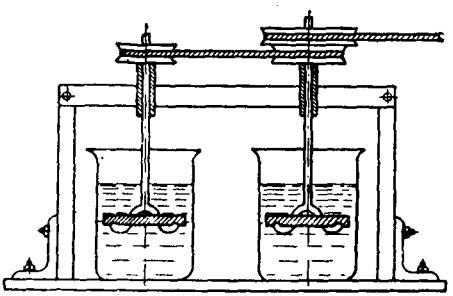


Рис. 17. Шпиндельный аппарат

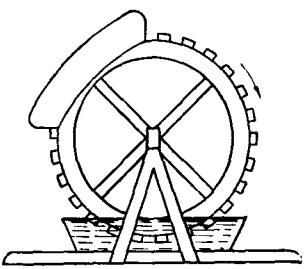


Рис. 18. Коррозионное колесо

применяются: 1) шпиндельный аппарат, представляющий собой мешалку с образцами, погруженными в агрессивную среду (рис. 17); 2) коррозионное колесо (рис. 18). Образцы закрепляются на боковой поверхности колеса, нижняя часть которого погружена в жидкость. При вращении колеса образцы периодически смачиваются жидкостью; 3) приборы для определения коррозии по выделению водорода; 4) влажные камеры; 5) аппараты искусственной погоды (везерометры) и др. Для ускоренных испытаний защитных свойств покрытий в растворах солей практикуется исследование покрытий производить на моделях гальванических элементов [10].

Разрушение лакокрасочных покрытий при погружении в растворы солей происходит различно на анодных и катодных участках. На анодных участках ионы металлов свободно проходят через пленку в электролит, не разрушая покрытие. На катодных же участках пленки значительно сильнее подвергаются разрушению (влияние щелочи, в некоторых случаях водорода и т. п.). По этой причине стойкость лакокрасочных покрытий различна на анодных и катодных участках. Для производства испытания окрашенные в два слоя стальные пластинки и неокрашенный противоэлектрод

погружают на определенном расстоянии друг от друга в 3% раствор хлористого натрия. При испытании на катодной схеме в качестве противоэлектрода применяют цинковую, а при испытании по анодной схеме медную или серебряную пластинку. Испытуемая пластина и противоэлектрод соединяют через гальванометр при помощи медной проволоки и периодически измеряют силу тока. На основании полученных результатов строят диаграмму время — сила тока. Указанный метод дает возможность проводить ускоренные коррозионные испытания, а также определить характер разрушений покрытий на анодных и катодных участках. Этот же метод дает возможность установить защитные свойства покрытий, нанесенных на сопряженные между собой различные металлы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Акимов, Основы учения о коррозии и защите металлов, Металлургиздат, 1946.
2. Б. П. Баранник, Справочник «Коррозионная и химическая стойкость материалов», Машгиз, 1954.
3. Н. А. Изгарышев, С. В. Горбачев, Курс теоретической электрохимии, Госхимиздат, 1951.
4. И. Я. Клинов, Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы, Машгиз, 1954.
5. И. Л. Розенфельд, Замедлители коррозии в нейтральных средах, Изд. АН СССР, 1953.
6. Сборник «Атмосферная коррозия металлов», Металлургиздат, 1951.
7. Н. Д. Томашов, Теория коррозии металлов, Металлургиздат, 1946.
8. Труды Второй конференции по коррозии металлов, т. II, Изд. АН СССР, 1943.
9. А. Н. Фрумкин, В. С. Багоцкий, З. А. Иофан, Б. Н. Кабанов, Кинетика электродных процессов, Изд. Московского университета, 1952.
10. С. В. Якубович, Испытания лакокрасочных материалов и покрытий, Госхимиздат, 1952.
11. С. А. Балезин, Б. П. Баранник, Ингибиторы атмосферной коррозии, ДАН, Новая серия, XIV, № 2 (1954).
12. К. А. Поляков, Ф. П. Сломянская, К. К. Полякова, Коррозия и химически стойкие материалы, Госхимиздат, 1953.
13. Сборник «Проблемы коррозии и защиты металлов», Изд. АН СССР, 1956.
14. Терминология по коррозии и защите металлов, Изд. АН СССР, 1951.
15. П. Д. Данков, Д. В. Игнатов, Н. А. Шишаков, Электронографические исследования окисных и гидроокисных пленок на металлах, Изд. АН СССР, 1953.

Глава II

СВОЙСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОКРАШИВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

1. СВОЙСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лакокрасочные покрытия образуются на поверхности металла, дерева, штукатурки, стекла и т. п. в результате нанесения на них жидких лакокрасочных материалов и последующего их отверждения (высыхания). Основными составляющими жидких лакокрасочных материалов являются пленкообразующие вещества в чистом виде (олифы или лаки) или в смеси с пигментами и наполнителями (краски и эмали).

Качество лакокрасочных покрытий зависит от химических и физических свойств лаков и красок, главным образом от пленкообразующей основы, от свойств покрываемой поверхности, а также от их взаимодействия.

К числу важнейших свойств лаков и красок следует отнести: смачивающую способность (поверхностное натяжение), вязкость, содержание нелетучего остатка, а также стабильность этих свойств при хранении. При рассмотрении свойств лаков и красок прежде всего возникает вопрос об их взаимодействии с твердой поверхностью, т. е. о смачивании последней и адгезии жидкости к твердой поверхности [1]. При нанесении лакокрасочных материалов смачивание твердой поверхности происходит на воздухе [2], поэтому в этом случае необходимо учитывать три вида поверхностного натяжения:

на границе твердая поверхность — воздух $\sigma_{2,3}$;

на границе лак — твердая поверхность $\sigma_{1,2}$;

на границе лак — воздух $\sigma_{1,3}$.

Если нанесенная капля лака заняла 1 $см^3$ твердой поверхности, то поверхностное натяжение на границе твердое тело — лак (рис. 19) увеличится на $\sigma_{1,2}$. Поверхностное натяжение на границе твердое тело — воздух уменьшается соответственно на $\sigma_{2,3}$, а на границе лак — воздух на $\sigma_{1,3}$. Это произойдет потому, что пленки воздуха, которые покрывали твердую поверхность, будут вытеснены лаком.

Происходящее уменьшение свободной поверхностной энергии или работа, необходимая для нанесения капли лака на твердое тело, составит

$$A = \sigma_{1,3} + \sigma_{2,3} - \sigma_{1,2} \qquad (1)$$

Как видно из рис. 19, поверхностное натяжение $\sigma_{2,3}$ стремится растянуть каплю вдоль границы MN, поверхностное натяжение $\sigma_{1,3}$ стремится стянуть каплю. Поверхностное натяжение $\sigma_{1,3}$ направлено по касательной к поверхности капли и образует с поверхностью твердого тела угол θ, называемый краевым углом. Равновесие установится, если

$$\sigma_{1,2} + \sigma_{1,3} \cdot \cos\theta = \sigma_{2,3} \qquad (2)$$

Из этого уравнения можно определить условия смачиваемости твердой поверхности.

Поверхность смачивается и лак разливается, если угол острый (рис. 19, *б*). В этом случае проекция силы $\sigma_{1,3}$ на поверхность MN по направлению совпадает с силой $\sigma_{1,2}$ и происходит сложение этих сил. Отсюда условие смачиваемости

$$\sigma_{2,3} > \sigma_{1,2} + \sigma_{1,3}$$

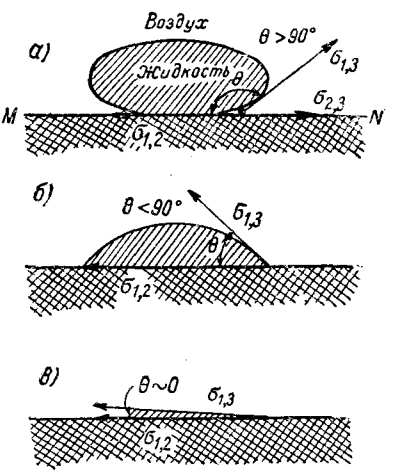


Рис. 19. Капля жидкости на поверхности твердого тела

Поверхность не смачивается и лак не разливается, если угол θ тупой (рис. 19, *а*), так как $\sigma_{1,3} \cdot \cos\theta$ будет иметь отрицательное значение и

$$\sigma_{1,2} > \sigma_{2,3} + \sigma_{1,3}$$

Подставляя в уравнение (1) значение $\sigma_{2,3}$ из уравнения (2), получим уравнение Юнга

$$A = \sigma_{1,3}(1 + \cos\theta) \qquad (3)$$

Чем меньше краевой угол θ, тем лучше происходит смачивание (19 *в*). Угол θ уменьшается до тех пор, пока работа смачивания A не будет равна энергии сцепления молекул лака, т. е. работе когезии жидкости.

Если краевой угол равен нулю, то $A = 2\sigma_{1,3}$ — энергия сцепления (адгезия) между молекулами твердого тела и лаком равна энергии сцепления между молекулами жидкости, т. е. когезии, или превышает ее. Краевой угол, равный 90°, т. е. $\cos\theta = 1$, означает, что адгезия между твердой поверхностью и лаком вдвое меньше ее когезии $A = 2\sigma_{1,3}$, а краевой угол, равный 180°, —

полное отсутствие адгезии. Впрочем, поскольку всегда наблюдается некоторая адгезия, краевой угол 180° невозможен.

Работа смачивания A может быть представлена как работа, которую нужно затратить против адгезионных сил для отрыва лака от твердой поверхности, в направлении нормали к их поверхности раздела [3].

С повышением температуры поверхностное натяжение лака уменьшается.

Величина $\sigma_{1,3} \cdot \cos\theta$ обозначается [3] как напряжение адгезии жидкости к твердой поверхности. Из уравнения (3) видно, что

$$\sigma_{1,3} \cdot \cos\theta = A - \sigma_{1,3} = \sigma_{2,3} - \sigma_{1,2}$$

т. е. напряжение адгезии соответствует разности между поверхностными натяжениями воздух — твердая поверхность, лак — твердая поверхность. Это обстоятельство позволяет, определяя краевые углы, изучать явление адгезии жидкости к поверхности твердого тела в тех случаях, когда нет полного смачивания и $\theta \neq 0$.

Разность между величиной работы адгезии и когезии характеризует способность жидкости к растеканию. Дальнейшее исследование этих величин поможет найти связь между «розливом» лаков и красок и их физико-химическими характеристиками и регулировать «розлив» лаков и красок на производстве сравнительно простыми средствами.

Адгезия, выраженная как работа отрыва жидкости от твердой поверхности, может определяться по аналогии с отрывом твердых пленок [3]. Адгезия при этом зависит от скорости отрыва. Если при отрыве твердых лаковых пленок граница отрыва будет покрыта жидкостью, т. е. отрыв будет происходить в жидкой среде, а не на воздухе, и жидкость, смачивая, будет вклиниваться в зазор между пленкой и твердой поверхностью, то работа отрыва (адгезия) будет уменьшаться.

В работах акад. П. А. Ребиндера вопросы смачивания были изучены на примере олиф и красок [4].

Эти работы показали изменяемость смачивания под влиянием адсорбционных слоев ориентированных поверхностно-активных молекул и установили некоторые количественные закономерности при смачивании. В технике покрытий наибольший интерес представляет вопрос избирательного смачивания металлов. Ребиндер [5] пишет, что «по своей молекулярной структуре металлы являются, по-видимому, гидрофобными телами». Однако поверхности металлов на воздухе и в воде покрыты тончайшей невидимой пленкой окисла металла. По этой причине, например, поверхность платины на воздухе гидрофильна.

Данные о величине краевого угла θ смачивания свежесошлифованного (скобленого) металла каплей бензола в воде, а также

каплей воды в среде бензола для разных металлов приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Величина краевого угла смачивания металла каплей бензола

Металл	Шлифованный в бензоле				Шлифованный в воде			
	капля бензола в воде		капля воды в бензоле		капля бензола в воде		капля воды в бензоле	
	θ	$\cos\theta$	θ	$\cos\theta$	θ	$\cos\theta$	θ	$\cos\theta$
Pb	72°	0,31	124°	—0,56	10°	0,99	108°	—0,31
Zn	33°	0,84	155°	—0,91	36°	0,81	66°	—0,41
Cu	38°	0,79	150°	—0,87	40°	0,77	43°	—0,73
Pt	43°	0,73	141°	—0,78	25°	0,91	56°	—0,56
Ni	36°	0,81	145°	—0,82	10°	0,99	44°	—0,72

Наибольшее смачивание бензолом (а следовательно, и лаками на неполярных растворителях) металла, шлифованного в бензоле, наблюдается у цинка; при шлифовании в воде — у свинца и никеля.

Данные табл. 3 показывают, что поверхности легко окисляемых металлов делаются гидрофильными при шлифовании в воде, когда вследствие взаимодействия металла с водой образуется пленка гидроокиси.

Разбавляя лак, можно получить очень тонкие пленки вплоть до мономолекулярных. Установлено, что, несмотря на ничтожную толщину (около 10 Å), такие пленки коренным образом изменяют свойства поверхности, — смачиваемая поверхность может стать несмачиваемой, и наоборот. Гарди считал, что соединения высыхающего масла с поверхностью стекла или металла носят характер настоящей химической реакции, протекающей между поверхностями фаз, но не распространяющейся в глубь фаз.

Окисная или гидроокисная пленка металла препятствует химическому связыванию полярных групп пленкообразователя с атомами самого металла.

При увеличении концентрации полярной добавки — олеиновой кислоты — повышается смачивание поверхности металла, так как величина $\cos\theta$ уменьшается [5]:

Концентрация олеиновой кислоты $C \cdot 10^5$, *мол/л*	0	3,3	23	46	464	2320	32200
$\cos\theta$	0,6	0,4	0,34	0,37	0,21	0,05	—0,02

Эти данные объясняют, почему лаки и олифы, содержащие свободные жирные кислоты, лучше смачивают поверхность и

имеют лучший розлив, чем вполне нейтральные. На поверхности адсорбируются наиболее полярные молекулы; их концентрация в поверхностном слое растет. Молекулы адсорбированного вещества располагаются не беспорядочно, — они ориентированы так, что полярная часть молекулы обращена к полярной поверхности.

При исследовании электронографическим методом пограничных слоев политена и гуттаперчи, имеющих в цепи главных валентностей тысячи углеродных атомов, была обнаружена система тонких и четких колец, которые свидетельствуют об ориентации цепей высокополимера в основном нормально к покрываемой поверхности.

Несмотря на многочисленные работы по химии поверхностных явлений [6, 8], точные методы измерений различных свойств пленок на поверхности твердых тел еще мало разработаны. Более успешны результаты исследования пленок на поверхности жидкостей. Несомненно, что полярные молекулы пленкообразователя у пограничных поверхностей (на границе пленка — покрываемая поверхность твердого тела) всегда ориентированы. Свойства пленки на пограничной поверхности определяются молекулярной природой вещества и характером ориентации молекул. При этом имеется в виду вполне чистая поверхность твердого тела, хотя практически такую поверхность получить весьма трудно. Различные загрязнения поверхности способны в корне изменить положение.

Не меньшую роль, чем смачивание и адгезия жидкого лака или краски на поверхности, играют их вязкость и скорость превращения в твердую пленку (высыхание). Последний вопрос специфичен и для отдельных групп лаков и красок освещается особо. Вязкость же для техники покрытий имеет общее значение.

Не останавливаясь на теоретической стороне этого вопроса, подробно изложенной в специальной литературе [12, 13], отметим, что с экономической точки зрения выгодны те покрытия, которые получены из лаков, имеющих наибольшее содержание нелетучих веществ и минимум растворителя. Это возможно в тех случаях, когда растворы пленкообразователя имеют низкую вязкость. Поэтому в большинстве случаев техника заинтересована в средствах, уменьшающих вязкость лаков и красок. Для этой цели при окрашивании используют подогретые или разбавленные лаки.

Еще экономнее нанесение пленкообразователей в расплавленном виде при высоких температурах без применения растворителя. В этом случае огромное влияние оказывают также вязкость расплавов и смачивание твердой поверхности расплавами.

При использовании различных красок первостепенное значение имеет степень дисперсности применяемых пигментов и степень их перетира со связующим. При плохом перетире получается неоднородная поверхность, способствующая снижению защитных

свойств покрытия. Плохо перетертый пигмент при хранении также скорее осаждается на дно сосуда в виде трудно размешиваемого остатка. Плохой перетир пигментов ведет к их аггрегации. На поверхности пленки появляются неровности, точечные бугорки, вокруг которых собирается связующее. В местах же между бугорками толщина слоя краски оказывается уменьшенной и быстрее разрушается. В самих бугорках не все частички пигмента могут быть хорошо смоченными пленкообразователем. Через такие образования влага быстрее проникает к поверхности металла и способствует его коррозии.

Важное значение имеет также кроющая способность, — оптическое свойство краски, характеризуемое расходом материала на 1 $м^2$, — зависящая как от свойств пигментов, так главным образом и от разности коэффициентов преломления пигмента и связующего. От взаимодействия пигментов с пленкообразователем часто зависит допустимый срок хранения красок, склонных к желатинированию. Наконец немаловажное значение имеют запах и токсичность. Но на этих свойствах, относящихся больше к технологии пленкообразующих веществ, мы здесь останавливаться не будем.

2. СВОЙСТВА ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность металлов по своему физическому состоянию сильно отличается от внутренних областей металла. Атомы металла, находящиеся на границе с внешней средой, вследствие одностороннего воздействия со стороны других атомов обладают ненасыщенными силовыми полями. Поэтому на поверхность металлов могут адсорбироваться молекулы, атомы и ионы посторонних веществ [7].

Нейтральные молекулы и атомы на поверхности металла адсорбируются за счет присущих им сил Ван-дер-Ваальса, гогда как ионы и полярные молекулы адсорбируются за счет электростатических сил двойного слоя.

Высокие адсорбционные свойства металлов приводят к тому, что обычно поверхность металлов после ее образования быстро изменяется. Например, адсорбированный из воздуха кислород постепенно переходит в окисный слой. Кроме кислорода, на поверхность металлов адсорбируются молекулы, атомы и ионы других веществ, что вызывает еще большее изменение поверхности.

Твердые поверхности обладают весьма сложным строением. Их атомы сохраняют те положения, в которых они находились в момент образования поверхности.

В металлах наблюдаются самые разнообразные типы расположения и связи поверхностных атомов, придающие разным участкам поверхности различные химические свойства [8]. Даже в том случае, когда металл является целиком кристаллическим, его

поверхность состоит из разнообразных участков; грани, ребра и углы обладают различными свойствами, что наглядно видно при травлении.

Однако поверхность промышленных металлов в действительности значительно сложнее. Она представляет собой скопление мелких кристаллов и их обломков в среде аморфного вещества. В свою очередь обломки кристаллов образуют выступы, углубления и трещины.

Вследствие неоднородности поверхности металла, особенно металлических сплавов, например стали, отдельные участки поверхности металла начинают работать как микроэлементы; таким образом неоднородность металла оказывает прямое влияние на процессы его коррозии (стр. 30—31).

В зависимости от назначения к листовому металлу (стали, железу и сплавам цветных металлов) предъявляются определенные требования не только в отношении химического состава, но и в отношении качества поверхности. Отдельными дефектами поверхности являются различные механические повреждения, как-то: царапины, крупные и мелкие поры, раковины, шероховатости, забоины и вмятины, закатанная окалина, заусеницы и др. При сварке обычно на поверхности изделия образуются выпуклости, раковины, остатки сгоревшего металла (гарта), прожоги и другие пороки. При механической зачистке сварочных швов некоторые из этих пороков устраняются, но нередко появляются другие повреждения, например риски, вызванные шлифовальными материалами.

Тщательная полировка металла приближает структуру его поверхности к структуре поверхности жидкости. Однако даже самое тщательное полирование не в состоянии устранить все трещины и поры.

Гетерогенный характер твердых поверхностей имеет огромное значение в химии, так как кристаллические свойства поверхностей обычно обусловливаются состоянием особого напряжения некоторых атомов на поверхности [8]. Несомненно, что с этим напряжением атомов твердой поверхности связано и прилипание покрывающей красочной пленки.

Связь внутренней поверхности пленки с твердой поверхностью зависит от величины поверхности твердого тела, приходящейся на 1 $см^2$ внутренней поверхности пленки, т. е. прилегающей к твердому телу.

Истинная поверхность металлов и других материалов вследствие наличия пор и трещин значительно превышает величину видимой невооруженным глазом поверхности (макроповерхности). Даже хорошо обработанная поверхность металла при ее микроскопическом исследовании оказывается вся сплошь покрытой порами и трещинами.

Трещины на поверхности твердого тела могут быть самого различного происхождения. Некоторые возникают в процессе образования кристаллов твердого тела, другие — в результате деформации уже полученных кристаллов, третьи — вследствие воздействия окружающей среды. Учитывая трещины, можно приближенно судить об истинной удельной поверхности твердого тела, т. е. о фактической поверхности, приходящейся на 1 $см^2$ видимой макроповерхности.

Вообще правильнее говорить не об истинной удельной поверхности, а о доступной удельной поверхности, имея в виду размер поверхности, определяемый в данных условиях.

Для определения доступной удельной поверхности применяются различные методы.

К химическим методам, дающим грубые результаты, следует отнести определение скорости растворения данного металла или другого твердого тела, например в кислоте. Чем скорее растворяется при прочих равных условиях твердое тело, тем больше величина доступной удельной поверхности.

К электрохимическим методам относится метод, основанный на электролитическом осаждении водорода на металле. Установлено, что количество электричества, прошедшее через поверхности раздела, необходимое для заданного увеличения катодного потенциала, одинаково для жидких электродов (например, ртути), но больше для твердых металлов. Измерив количества электричества, можно определить доступные площади поверхности металла. Этим способом получены следующие величины доступной площади на 1 $см^2$ кажущейся поверхности:

Полированный твердый сплав	1,4 $см^2$
Прокатанная платина	2,1 »
Прокатанный никель	3,5 »
Никель, отшлифованный наждачной бумагой	9,7 »
Старый протравленный никель	29,0 »
Протравленное серебро	37,0 »
Свежепротравленный никель	46,0 »

Существует также адсорбционный метод определения удельной поверхности, который основан на предположении, что насыщение поверхности адсорбируемым веществом достигается при образовании сплошь покрывающего поверхность мономолекулярного слоя вещества.

Применимость данного метода к изучению поверхности металла не вполне ясна.

Измерение удельной поверхности пористых и дисперсных тел производится различными методами, например методами, основанными на измерении скорости капиллярной пропитки или на сопротивлении течению разреженного газа.

Механический метод определения доступной поверхности. При исследовании холодной обработки металлов наиболее широкое распространение получил метод профилографии. По этому методу посредством иглы и оптического приспособления записывается кривая, характеризующая профиль поверхности металла. Профилограф регистрирует трещины и поры глубиной в 1 *мк* и более, т. е. он в состоянии обнаружить только микротрещины.

Профилограмма показывает число колебаний иглы *а* и амплитуду. Учитывают среднюю амплитуду *б* и максимальную амплитуду *в*. Простейшим условным показателем доступной поверхности является произведение $а \cdot б$. Этот показатель растет с увеличением доступной поверхности.

Приводим средние значения $а \cdot б$ для различно обработанной поверхности жести.

Луженая жесть	0,8
Черная жесть анодного полирования	3,9
Черная полированная жесть	5,6
Травленая жесть	12,1
Травленая и фосфатированная жесть	14,8
Черная жесть щеточной обработки	35,2
Черная жесть пескоструйной обработки	90,4

При прочих равных условиях с повышением величины доступной поверхности твердого тела увеличивается поверхность сцепления тела и пленки, приходящаяся на 1 $см^2$ кажущейся макроповерхности, увеличивается также и прилипание пленок.

Химические свойства поверхности твердого тела также оказывают огромное влияние на качество покрытия.

3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Ознакомившись со свойствами жидких материалов, а также со свойствами твердой поверхности, рассмотрим более подробно возможное взаимодействие между ними. Это взаимодействие может быть как физико-химическим или химическим, так и механическим.

При смачивании поверхности твердого тела происходит увеличение концентрации на поверхности наиболее полярных молекул пленкообразующих жидкостей. Адсорбированные полярные молекулы ориентируются в определенных направлениях к поверхности твердого тела.

Превращение жидкого пленкообразователя в твердое состояние, вне зависимости от механизма этого превращения, который будет рассмотрен далее, стабилизует адсорбированные и ориентированные молекулы, которые создают специфический пограничный слой, играющий в покровных пленках исключительно важную роль. Адсорбированные молекулы пограничного слоя, яв-

ляясь промежуточным звеном между поверхностью твердого тела и всей массой твердой пленки, связаны с молекулами последней силами межмолекулярного сцепления, т. е. силами когезии. Таким образом, смачивание, т. е. адгезия жидкости (в частности величина краевого угла) теснейшим образом связана с адгезией твердой пленки.

Явления прилипания обусловлены силами различной природы. Эти явления следует различать по характеру контакта — точечного или по некоторой площади [3]. В случае лакокрасочных покрытий прилипание происходит на площади, которая зависит от структуры поверхности металла, а также от наличия загрязнений, изолирующих поверхность металла от контакта с лаком и от смачивания. Например, при плохом смачивании и наличии глубоких пор и капилляров на металле прилипание лака будет происходить лишь по выступающим местам поверхности.

С увеличением пористости поверхности, например по мере травления в кислоте или при продолжительной пескоструйной обработке металла, прилипание покрытий сначала увеличивается, достигает максимума, а затем падает. Последнее можно объяснить тем, что глубокие поры не смачиваются лаком и отрыв идет по выступающим местам.

Степень прилипания характеризуют необходимой для отрыва покрытия силой, отнесенной к 1 $см^2$ поверхности. Эту силу называют удельным прилипанием или давлением прилипания.

Под работой прилипания подразумевается усилие, необходимое для постепенного отрыва покрытия; эта работа зависит от скорости отрыва пленки под действием приложенной силы и от размеров пленки, отделенной от поверхности.

В уравнении Юнга (стр. 51, ур-ние 3) поверхностные натяжения соответствующих поверхностей раздела равны удельной работе образования этих поверхностей.

Для использования этого уравнения необходимо знать краевой угол θ, а это возможно только при наличии подвижных частиц жидкости, обеспечивающих образование равновесного краевого угла. Такой метод неприменим для измерения адгезии уже высохших лакокрасочных покрытий. Если адгезия меньше когезии и пленка эластична, то адгезию можно определить, непосредственно измеряя работу отрыва пленки от покрытой поверхности.

На рис. 20 изображен прибор для измерения адгезии эластичных пленок. Действие прибора следующее: пластинка *1* может вращаться вокруг оси *2*, нижний конец пленки *3*, нанесенной на пластинку, натягивается грузом *4*, стремящимся оторвать пленку от пластинки.

Отрыв эластичных пленок происходит только тогда, когда угол α между пленкой и пластинкой достигнет определенного значения α_0.

При отставании пленки от пластинки под действием груза потеря потенциальной энергии последнего соответствует работе отрыва при данной скорости процесса.

Если пластинка стоит горизонтально, то удельная работа отрыва будет

$$A = \frac{P \cdot l}{b \cdot l} = \frac{P}{b}$$

где b — ширина отрываемой полоски, P — вес груза, l — длина полоски.

При наклонном положении пластинки груз опустится на глубину меньше l, а именно на величину $h = l \cdot \cos \alpha_0$; тогда

$$A = \frac{P}{b \cdot l}(l - l \cos \alpha_0) = \frac{P}{b}(1 - \cos \alpha_0)$$

Это уравнение похоже на уравнение Юнга для адгезии жидкости $A = \sigma_{1,3}(1 + \cos \theta)$, так как оба уравнения выведены из условия равновесия поверхности: в первом случае с $\frac{P}{b}$, во втором — с натяжением $\sigma_{1,3}$. В обоих случаях для нахождения условия механического равновесия процесса уменьшения поверхности фаз применим первый принцип термодинамики. Вычисляемая величина A в основном соответствует истинной работе отрыва, так как поправки на деформацию пленки имеют весьма малое значение. Большое влияние оказывают такие факторы, как скорость отрыва и толщина пленки. С ростом толщины пленки и ее упругости A уменьшается.

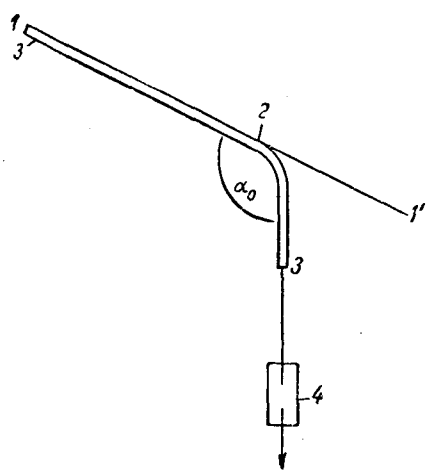


Рис. 20. Схема прибора Дерягина

Известно, что пленки немодифицированных нитролаков плохо прилипают к стеклу. Однако тонкие пленки в несколько микрон прилипают лучше. Это объясняется тем, что у тонких пленок релаксация возникающих напряжений происходит быстро. Поэтому пластичные пленки прилипают лучше эластичных. У весьма упругих пленок, у которых релаксация происходит медленно, обычно наблюдается низкая адгезия.

Высокопластичные пленки, отличающиеся низкой когезией, по своему поведению на поверхности твердого тела приближаются

к вязким жидкостям. К последним можно применить те закономерности, которые были обнаружены при изучении явлений смазки твердых поверхностей [1]. При этом понятно, что прили-

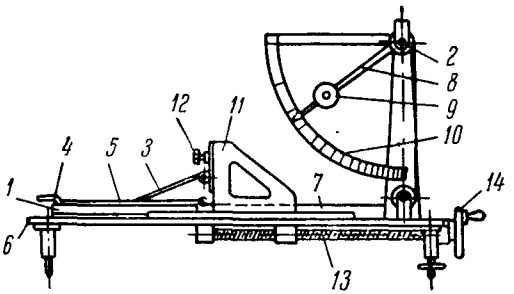


Рис. 21. Схема прибора ГИПИ:

1 — подвижной столик; *2* — динамометр; *3* — нож; *4* — зажим; *5* — испытуемая пластинка с пленкой; *6* — плита; *7* — шнур; *8* — рычаг; *9* — груз; *10* — шкала; *11* — суппорт; *12* — зажимная гайка; *13* — винт; *14* — маховик

пание таких пленок обусловливается смачиваемостью (краевым углом и адсорбцией лака в жидком состоянии).

Определение адгезии покрытий с сравнительно небольшой адгезионной способностью производится при помощи адгезиометра ГИПИ [10] (рис. 21), где пленка снимается с подложки по принципу клина (рис. 22). Сила сопротивления пленки снятию измеряется динамометром.

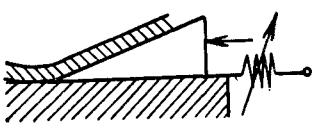


Рис. 22. Схема измерения адгезии динамометром

Между силой сопротивления P и величиной адгезии T предполагается следующая зависимость: $P = f(T\alpha)$, где α — угол наклона ножа. Обозначив коэффициент трения подложки и пленки через K, можно вывести формулу определения величины адгезии

$$T = \frac{P}{\sin\alpha + K\cos\alpha} \qquad (4)$$

На основании формулы (4) можно вычислить работу A, затраченную на удаление пленки с единицы площади

$$A = \frac{T}{b}$$

где b — ширина пленки в *см*.

Для испытания различных покрытий, обладающих высокой адгезией, конструкция адгезиометра изменена следующим образом.

1. Клинообразное приспособление для снятия пленки заменено куском лезвия безопасной бритвы шириной 4 *мм*. Усилие, затрачиваемое на трение ножа о стеклянную пластинку, является величиной постоянной (80—90 *г/см*). За единицу условной адгезии принимается усилие, затрачиваемое на отделение покрытия определенной толщины от подложки.

На этом принципе основана и работа прибора Снедзе, где измеряется величина нагрузки на клин, которым отделяют пленку от металла.

2. Величину адгезии предложено определять также приклеиванием к пленке небольшого куска древесины и измерением нагрузки, необходимой для отрыва бруска с приклеенной к нему пленкой, а также и рядом других методов [13].

Следует отметить затруднения, возникающие при измерении истинной площади поверхности твердого тела, так как трудно обеспечить такие условия высыхания, которые не отличались бы от нормальных, и еще труднее создать конструкцию прибора, который правильно измерял бы именно прилипание.

Существенное влияние на прилипание часто оказывает толщина слоя. Известно, что с уменьшением толщины пленки прилипание возрастает. Так, например [11], пленка нитроцеллюлозы толщиной около 30 *мк* весьма слабо прилипает к стеклу, тогда как адгезия пленки толщиной около микрона доходит до $1 \cdot 10^5$ *эрг/см*^{2}.

Предполагается, что с увеличением толщины пленки возрастает работа отрыва в результате упругих напряжений, возникающих в процессе пленкообразования. Введение пластификаторов и повышение температуры способствуют своевременной релаксации напряжений в процессе пленкообразования. Однако при определении адгезии аппаратом, работающим по принципу клина [14], наблюдается противоположная зависимость.

При склеивании шеллаком алюминия прилипание в тонком слое (57 *мк*) — 145 *кг/см*^{2}, а в толстом (540 *мк*) уменьшается примерно вдвое — до 75 *кг/см*^{2}.

Согласно «электростатической» теории адгезия неметаллических покрытий к металлам [3] обусловлена следующими факторами.

1. Адгезия твердых пленок вызывается электростатическим притяжением зарядов двойного электрического слоя (микроконденсатора), образованного на поверхности раздела пленка — подкладка (твердая поверхность).

2. Отрыв пленки от подкладки в области больших скоростей представляет собой процесс разведения обкладок микроконденсатора до наступления газового разряда.

При отрыве пленки от поверхности пленка и поверхность оказываются наэлектризованными противоположными зарядами.

Величина этих зарядов при обычных определениях преуменьшена, так как значительная доля заряда успевает при отрыве пленки рассеяться. Однако до отрыва пленки величины зарядов настолько высоки, что их взаимодействие, по-видимому, поглощает почти всю работу отрыва. При больших скоростях отрыв пленок сопровождается треском и свечением, которые свидетельствуют о происходящем разряде. С уменьшением скорости отрыва разряд успевает в основном закончиться при меньшем разведении поверхностей, вследствие чего при малой скорости отрыва пленки поглощается меньшая часть работы отрыва. Таким образом, результаты определения прилипания покрытий будут зависеть от скорости их отрыва. Электростатические явления, несомненно, играют большую роль в случае покрытий металла химически инертными пленкообразователями, например непревращающимися линейными полимерами; наоборот, в случае химически активных пленкообразователей, превращаемых при высыхании и химически взаимодействующих с поверхностью металла, роль этих явлений невелика.

Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова сделали попытку наметить пути количественной трактовки широкого круга явлений прилипания [3]. Ими исследованы случаи, когда вероятность химического взаимодействия с поверхностью мала: каучук, гуттаперча и т. п., т. е. когда силы адгезии меньше сил когезии.

Плохая прилипаемость цепных полимеров объясняется большими размерами их молекул, а также малой подвижностью и равномерным распределением полярных групп в цепи. Наоборот, пленкообразователи, наносимые на поверхность металла в относительно низкомолекулярном состоянии, в пограничном с металлом слое легко ориентируются и сорбируются на поверхности металла или вступают с ним в химическое взаимодействие, обеспечивая отличную адгезию. Если этот процесс сопровождается дальнейшей полимеризацией пленкообразователя (в пленке) и особенно его переходом в трехмерный полимер (в процессе которого возможно дополнительное химическое взаимодействие не только макромолекул друг с другом, но и с молекулами покрываемой поверхности), то достигается высокая адгезия и прочность пленки (когезия). Это и наблюдается, например, в практике применения растительных масел, феноло-альдегидных резольных смол, при горячей вулканизации каучука на поверхности металла и т. д.

В технологии покрытий основное значение имеют пленки, адгезия которых выше когезии. В этих пленках прилипание, по-видимому, связано с химическими реакциями на поверхности и электростатическая теория недостаточна для объяснения всех наблюдаемых явлений.

Изучение вопросов прилипания при наличии химического

взаимодействия сильно усложняется тем, что, помимо собственно адгезии, прилипание обусловливается и рядом других причин, как-то: вязкостью промежуточной прослойки, явлениями сваривания и коалесценции между отдельными покрытиями. Кроме того, в отличие от каучуков исследование адгезии лаков и красок, представляющих собою весьма сложные смеси, сопряжено с большими трудностями и менее изучено, чем явления прилипания каучука, гуттаперчи и эфиров целлюлозы.

Адгезию высокополимерных веществ к поверхности твердых тел пытались вычислять по адгезии низкомолекулярных полимеров; так, например, при измерении адгезии мономера винилацетата и фракций низкомолекулярного поливинилацетата получали определенное представление о зависимости между адгезией и размером частиц полимера.

Роль пограничного слоя между пленкой и металлом подтверждается опытами по измерению омического сопротивления покрытий на металле и у чистых лакокрасочных пленок. Сопоставление величины омического сопротивления чистых лакокрасочных пленок, например на целлофане, обладающих ничтожным сопротивлением, с сопротивлением покрытий по металлу показало, что последнее в несколько раз больше. Увеличение сопротивления покрытий на металле пытаются объяснить наличием пограничного слоя, который обусловливает большее сопротивление, чем свободная пленка лака или краски. При этом предполагают, что пограничное соединение обладает соответственно максимальной противокоррозионной способностью.

Пограничный слой. Молекулы, адсорбированные еще из жидкой пленки, при превращении пленки в твердое состояние фиксируются на поверхности силами сцепления разнородных молекул, т. е. силами адгезии.

Провести резкое разделение между адсорбцией и химическим взаимодействием на поверхности весьма затруднительно. При действии на поверхность железа или стали многих органических кислот, входящих в состав пленкообразователей, в поверхностном слое на металле при повышенной температуре или по истечении некоторого времени происходит химическая реакция. Химический процесс может протекать двояко [12]:

1) либо процесс ограничивается поверхностным слоем твердой фазы, тогда стехиометрические отношения наблюдаются только для той части молекул жидкости, которая относится к поверхностному слою;

2) либо процесс распространяется в массу твердой фазы. Последний случай мало вероятен для защитных покрытий.

Химическое взаимодействие особенно легко происходит при покрытии олифой или масляными лаками поверхностей активных металлов или гидратированных окислов.

По-видимому, пограничный слой — это слой молекул, образовавшихся в результате химического взаимодействия молекул пленкообразователя с молекулами вещества поверхности. Образовавшийся пограничный слой может быть химически связан с веществом пленки и веществом окрашиваемой поверхности или вступать с последним в адсорбционное взаимодействие. Это специфические факторы, не имеющие места ни в отдельно взятой свободной лаковой пленке, ни на поверхности чистого или окисленного металла.

При приклеивании резины к металлу нельзя достигнуть высокого прилипания. Однако, если на металл нанести сырой каучук и затем вулканизовать его, то это обеспечит высокое прилипание молекул каучука к поверхности металла. Считают, что каучук посредством мостиков серы химически связывается с металлом.

В литературе описаны также примеры, иллюстрирующие наличие химической связи между смолой и металлом. Например, сополимер винилхлорида и винилацетата с небольшой добавкой малеиновой кислоты имеет свободные карбоксильные группы, взаимодействующие в покрытии с металлом. Благодаря высокому молекулярному весу полимера уже 0,2% кислоты дают огромный эффект; моноэфиры дают примерно тот же эффект, что и кислота. Достаточно нейтрализовать свободные карбоксильные группы, и высокие адгезионные свойства исчезают.

Между величиной атомного объема металла и прилипанием последнего имеется известная связь: с увеличением атомного объема металла прилипание уменьшается.

При окраске поверхности пластмасс или резины прочное прилипание достигается в том случае, если пленкообразователь может реагировать с покрываемым материалом. Это особенно важно, если растворитель покрывающего материала не в состоянии растворить поверхность пластмассы или резины.

Наряду с химическими и физико-химическими явлениями не малое влияние на свойства покрытия оказывает механическое сцепление вещества пленки с твердым телом. Выше уже рассматривался вопрос о том, насколько «доступная удельная поверхность» превышает величину кажущейся поверхности.

В макроповерхность твердого тела, испещренную трещинами, порами, капиллярами и т. п., впитывается пленкообразующая жидкость, которая после превращения в твердое состояние механически связывает пленку с твердым телом.

Это механическое сцепление приобретает особое значение для покрытий по таким материалам, как древесина, ткани, бумага и т. п. Покрытия по чугунным и алюминиевым отливкам, обладающим пористой поверхностью, также отличаются высоким механическим сцеплением.

Таким образом, сила прилипания лакокрасочной пленки является результатом сложения электростатических сил, химического взаимодействия и механического сцепления.

Сила прилипания пленки выражается в килограммах на квадратный сантиметр поверхности, которую требуется приложить для того, чтобы отделить пленку от поверхности твердого тела.

Большое влияние на прилипание оказывает правильный подбор пленкообразователей с точки зрения теплового расширения пленок. В особенности это относится к покрытиям, превращенным в трехмерный полимер, которые в значительной мере потеряли пластичность. В этом случае большую пользу приносит введение ряда пигментов и минеральных порошкообразных наполнителей [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. Райдл, Химия поверхностных явлений, стр. 77, Химтеорет, 1934.
2. А. А. Тагер, Растворы высокомолекулярных соединений, Госхимиздат, 1951.
3. Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова, Адгезия, Изд. АН СССР, 1949.
4. Сборник «Молекулярно-поверхностные явления в процессах печатания, Научные основы литографии», под ред. П. А. Ребиндера, Труды НИИ ОГИЗ, вып. IV (1936).
5. П. А. Ребиндер и др., Физико-химия флотационных процессов, стр. 13, Металлургиздат, 1933.
6. В. В. Коршак и С. Р. Рафиков, Синтез и исследование высокомолекулярных соединений, стр. 141, Изд. АН СССР, 1948.
7. В. Д. Кузнецов, Физика твердого тела, т. IV, Томск, 1944.
8. Н. К. Адам, Физика и химия поверхностей, стр. 225, Гостехиздат, 1947.
9. W. Fischer, E. Bobalek, Y., 1953.
10. С. В. Якубович, Г. И. Ворогушин и Ю. Л. Ривлина, Бюллетень по обмену опытом в лакокрасочной промышленности, № 4, Госхимиздат (1952).
11. Б. Дерягин и Н. Кротова, Успехи физ. наук, **XXXV**, 387—406 (1948).
12. С. М. Липатов, Коллоидная химия, Госхимиздат, 1948.
13. Адгезия. Сборник переводных статей, ИЛ, 1953.
14. С. В. Якубович и др., Бюллетень по обмену опытом в лакокрасочной промышленности, 4, 69 (1953).

Глава III

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПЛЕНКООБРАЗОВАНИИ

Под процессом пленкообразования понимается процесс перехода растворов или расплавов пленкообразователей в аморфное твердое (стеклообразное) состояние с фиксированием в период такого перехода структуры образующейся пленки.

Пленкообразование как цепных высокомолекулярных соединений, так и низкомолекулярных пленкообразователей может осуществляться охлаждением расплавов, коагуляцией растворов, коалесценцией латексов или путем испарения растворителей из растворов в летучих растворителях. Способ получения пленок из расплавов еще не получил широкого распространения, а способ коагуляции из растворов связан с техническими неудобствами.

Если цепные макромолекулы или низкомолекулярные пленкообразователи имеют функциональность не менее двух и созданы условия (температура, катализаторы и т. п.) для активации и течения реакции, то пленкообразование может осуществляться не только путем испарения растворителя, а также и за счет химических превращений. Поэтому для удобства изучения как пленкообразующих веществ, так и покрытий, в зависимости от их молекулярной структуры и способности к превращению при высыхании в трехмерные полимеры, пленкообразователи могут быть разделены на превращаемые, непревращаемые и смешанные.

К непревращаемым пленкообразователям относятся:

1. Низкомолекулярные, в основном мономерные непревращаемые пленкообразователи — в большинстве случаев природные смолы, например канифоль, шеллак, металлические мыла, битумы.

2. Низкомолекулярные непревращаемые — продукты, обладающие низкой степенью поликонденсации. Степень поликонденсации колеблется до 10 (новолачные смолы, гликольфталаты).

3. Высокомолекулярные непревращаемые полимеры — цепные полимеры, у которых степень полимеризации весьма высока, например полистирол, перхлорвинил, полибутилметакрилат, эфиры целлюлозы.

Превращаемые пленкообразователи имеют исключительное значение в технике защитных покрытий. Эти пленкообразователи

до высыхания, следовательно и до превращения, могут быть в виде:

1) мономеров,
2) сравнительно низкомолекулярных продуктов уплотнения,
3) высокомолекулярных цепных полимеров.

Высыхающие растительные масла являются примером превращаемых мономерных пленкообразователей. Полимеризованные или оксидированные масла также являются превращаемыми низкомолекулярными пленкообразователями, поскольку средняя степень их полимеризации около 2.

К низкомолекулярным превращаемым пленкообразователям относятся также феноло-альдегидные резолы, которые в первой стадии имеют степень поликонденсации менее 10.

Наименее изученным типом пленкообразователей являются высокомолекулярные превращаемые цепные полимеры. В некоторых отраслях промышленности такие продукты имеют широкое применение. На их превращении основывается, как уже было указано, вулканизация каучука, важнейший процесс резиновой промышленности, во время которого происходит сшивание ненасыщенных цепных полимеров каучука как посредством вулканизаторов, например серы, так и без них и их превращение в резину, эбонит, эскапон, представляющие собою трехмерные полимеры. Однако в технике лакокрасочных покрытий этот тип пленкообразователей по ряду причин не получил еще широкого распространения.

Совершенно новой областью является применение насыщенных линейных полимеров, превращаемых в пленке в трехмерный полимер. Изучалось превращение цепных полиэфиров ундекановой оксикислоты, а также цепных полимеров бутилметакрилата, перхлорвинила и политена. Их превращение обусловливается действием сильных перекисей, причем до 80% пленкообразователя переходит в неплавкое и нерастворимое состояние.

Смешанные пленкообразователи состоят из смеси пленкообразователей первых двух групп.

Приведенное деление пленкообразователей поможет разобраться далее в свойствах различных типов промышленных лаков и красок.

2. ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ БЕЗ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ (НЕПРЕВРАЩАЕМЫЕ ПОКРЫТИЯ)

Представления о механизме пленкообразования таких материалов, к которым относятся эфироцеллюлозные, перхлорвиниловые и многие другие, основаны на следующих положениях:

1. Структура большинства цепных полимеров и низкомолекулярных смол аморфная (жидкостная).

2. Цепеобразные молекулы имеют клубкообразную форму, причем отдельные звенья сгибаемы.

3. При испарении растворителя из растворов высокомолекулярных соединений низкомолекулярных смол или при охлаждении их расплавов пленкообразователи переходят в стеклообразное состояние.

Для превращения пленкообразователя в жидкотекучее состояние, последний надо или расплавить или растворить. Особенностью жидкого состояния является способность макромолекул к перемещению друг относительно друга и, следовательно, к равномерному распределению на покрываемой поверхности. Переход вещества из жидкого состояния в твердое стеклообразное происходит не сразу и сопровождается широким интервалом температурных изменений.

При стекловании получаются монолитные пленки определенной структуры. При дальнейшем испарении растворителя в пленке возникают напряжения. Если в момент пленкообразования в пленке остался растворитель, то возникающие напряжения будут тем больше, чем больше растворителя будет удаляться из пленки и чем выше скорость испарения растворителя.

При больших скоростях испарения растворителя растянутые цепи не успеют перейти в устойчивое клубкообразное состояние.

При дальнейшем формировании пленки происходит ее сокращение вследствие релаксационных явлений, в результате чего макромолекулы стремятся перейти в устойчивое состояние. Это сокращение происходит тем сильнее, чем энергичнее идет высыхание, и проявляется в виде так называемой усадки.

Полное высыхание пленки определяется постоянной твердостью, причем ординаты точки постоянной твердости характеризуют окончание процесса высыхания покрытия, а характер кривой указывает на кинетику процесса высыхания. При этом твердость пленки зависит от типа полимера, остатка растворителя, содержания пластификатора и мягчителей.

После практического завершения процесса пленкообразования в пленке остается еще значительное количество (до 5—12%) остаточных растворителей (средне- и труднолетучих) и пластификаторов. Дальнейшее испарение остатков растворителей пластификаторов можно рассматривать уже как начало старения, так как пленки становятся менее пластичными, уменьшается растяжимость, понижается температура стеклования и в конце концов они уже непригодны для многих практических целей.

К факторам, оказывающим влияние на процесс образования пленки, относятся в первую очередь:

1) строение исходного пленкообразователя и степень его химической и физической гетеродисперсности;

2) состав летучего растворителя: его летучесть, сродство к пленкообразующему веществу и физико-химические свойства;

3) состав и количество тяжелолетучих растворителей, пластификаторов или других жидких компонентов, определяющих свойства конечного продукта;

4) свойства раствора: концентрация, вязкость, температура, продолжительность хранения лака;

5) условия пленкообразования: величина удельной поверхности испарения, степень насыщенности парами летучего растворителя окружающей атмосферы, температура, скорость движения и гигроскопичность воздуха и др. [2].

Следует различать условия испарения чистых растворителей от условий испарения растворителей из растворов, в особенности из растворов высокомолекулярных соединений.

При испарении чистых растворителей сначала испаряются молекулы, обладающие наибольшей энергией, вследствие чего средняя энергия движения молекул неиспарившейся жидкости уменьшается и жидкость охлаждается.

Обычно [1] процесс испарения подразделяют на три стадии: 1) испарение молекул жидкости, 2) поглощение части испарившихся молекул жидкостью при ударах о ее поверхность, 3) диффузия остальных молекул в окружающую среду.

Исходя из кинетической теории газов, установлено, что объем испаряющейся в единицу времени жидкости определяется уравнением:

$$V = \frac{\alpha (P - p)}{4d} \cdot \frac{3M}{RT} \; см^3/см^2 \cdot сек$$

где P — упругость насыщенного пара растворителя над поверхностью,

p — давление пара в окружающем пространстве,

d — плотность жидкости,

M — молекулярный вес жидкости,

R — газовая постоянная,

T — абсолютная температура,

α — экспериментальный коэффициент, который для растворителей с упругостью пара до 150 *мм* = 1, при упругости до 440 *мм* падает до 0,5.

Приближенно скорость испарения растворителя в $г/м^2 \cdot мин$

$$g = 0{,}0192P\sqrt{M}$$

При испарении смеси растворителей скорость испарения каждого из компонентов будет иная, чем при его самостоятельном испарении. Она будет определяться парциальной упругостью пара, которая по закону Рауля пропорциональна молярной доле каждого компонента. Скорость испарения смеси будет опреде-

ляться упругостью смеси паров, т. е. упругость пара смеси растворителей равна сумме парциальных давлений всех компонентов

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \ldots$$

Эти законы в ограниченной мере применимы к испарению растворителей из растворов. Для лаков скорость испарения в $г/м^2 \cdot мин$.

$$g = \Sigma g_0 x$$

где g_0 — скорость испарения отдельных компонентов, а x — молярная доля компонентов в первоначальном растворе.

По другим данным испарение первых 90% (в % потери растворителя L) для большинства растворителей в логарифмических координатах выражается прямыми $L = ct^m$, где c и m — константы, характеризующие растворитель, а t — время. Остальные 10% испаряются медленно и их испарение не подчиняется этому уравнению.

Скорость испарения резко меняется в присутствии поверхностно-активных веществ. Мономолекулярные пленки на поверхности жидкости снижают скорость испарения.

Л. Я. Ринова [3] дает следующую характеристику отдельных стадий процесса испарения растворителей.

Первая стадия — непосредственно после нанесения раствора. Растворителя много и процесс испарения идет как бы со свободной поверхности жидкости. Упругость паров примерно постоянная. Период этот кратковременен, поскольку у поверхности пленки концентрация вследствие испарения растворителя изменяется, равновесие нарушается и начинается диффузия из нижележащих слоев пленки.

Вторая стадия. Появление на поверхности пленки все увеличивающегося по толщине слоя вязкого геля. На этой длительной стадии растворителю необходимо дополнительно преодолевать сопротивление гелеобразного слоя. Упругость паров растворителя резко падает.

Третья стадия. Испарение остатков растворителя, связанного наиболее прочно с пленкообразователем. Высокомолекулярные пленкообразователи «отдают» этот растворитель более медленно, чем низкомолекулярные. Упругость пара весьма низкая.

Если скорость испарения в $г/м^2 \cdot мин$ g, то сопротивление испарению можно выразить как $R = 1/g$. Тогда общее сопротивление испарению растворителя из пленки, отличающее этот случай от испарения чистого растворителя, можно изобразить как

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

где R_1 — сопротивление диффузии слоя насыщенного пара растворителей над поверхностью пленки; R_2 — сопротивление поверхностного гелеобразного слоя; R_3 — сопротивление всего слоя

пленки, в том числе сопротивление оставшегося растворителя.

Вследствие сложности этих явлений еще невозможно дать теоретическое обоснование этой формуле и приходится ограничиться эмпирическими формулами [4].

Пигменты оказывают различное влияние на скорость испарения. Крупнодисперсные пигменты ускоряют, в то время как мелкодисперсные и особенно пигменты пластинчатой структуры (например, алюминиевая пудра) замедляют испарение.

3. ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПУТЕМ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТРЕХМЕРНЫЕ ПОЛИМЕРЫ

В процессе пленкообразования наиболее важную роль играет образование трехмерных полимеров, к которому обычно приводит механизм предварительного образования разветвленных цепных полимеров.

Превращение мономеров или линейных полимеров в трехмерный полимер (сшивание) происходит чаще всего в результате следующих процессов:

1) поликонденсации (феноло-альдегидные резолы, мочевинные и меламиновые смолы при горячей сушке покрытий);

2) полимеризации или сополимеризации по месту ненасыщенных связей как непосредственно, так и через кислород — высыхающие масла, модифицированные маслами синтетические смолы (алкидные, фенольные, мочевинные и др.), каучуки.

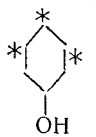
Многие пленкообразующие вещества превращаются в трехмерный полимер в результате обоих этих процессов, в этом случае механизм превращения полимеризационно-конденсационный.

Из других методов превращения в трехмерный полимер следует указать на полиуретановый синтез, т. е. на реакцию присоединения полигидроксильных алкидов к диизоцианатам и на процесс взаимодействия метиленовых групп в насыщенных полимерах через гидроперекиси, заслуживающий большого внимания как путь превращения в трехмерные полимеры. Наконец, следует отметить процесс мылообразования многоосновных кислот с поливалентными металлами, приводящий также к трехмерному полимеру.

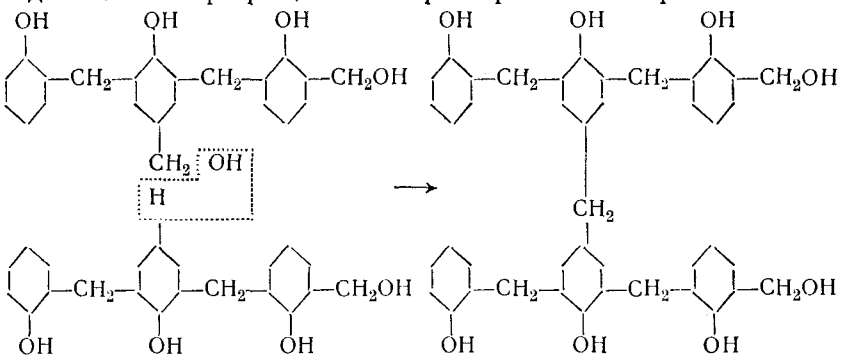
Превращения путем поликонденсации. Наибольшее значение в лакокрасочных покрытиях имеют следующие конденсационные смолы, превращаемые в трехмерный полимер: 1) феноло-альдегидные, 2) мочевино- или меламино-формальдегидные и 3) полиэфирные.

У всех этих смол превращение происходит только в том случае, если для конденсации взяты компоненты в эквивалентном соотношении, обеспечивающие наличие не менее трех функциональных групп. Поясним это на примере феноло-альдегидной

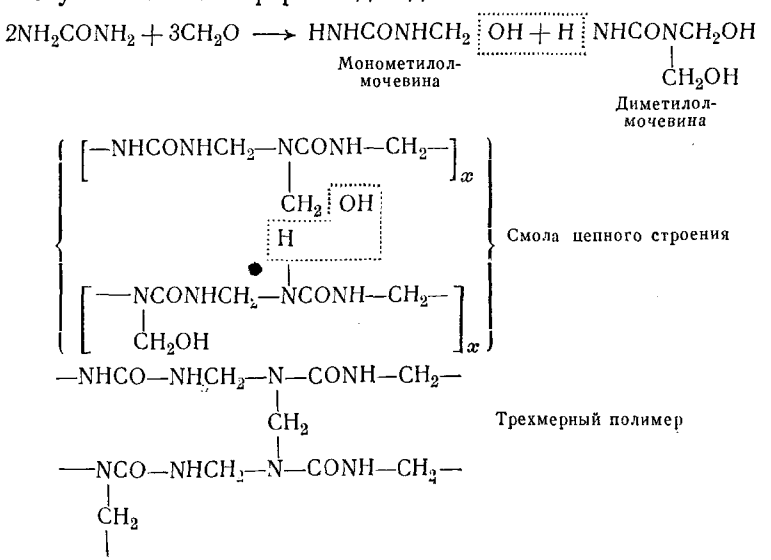
смолы. Фенол является трехфункциональным компонентом, так как опыт показывает, что конденсация идет по месту двух водородов в *о*-положении и одного водорода в *п*-положении.



Для течения такой реакции на 1 моль фенола необходимо брать не менее 1,5—2 молей формальдегида. При конденсации на каждый моль фенола сначала теряется моль воды и получается сложная гамма фенолоспиртов. Такие смолы цепного строения в дальнейшем превращаются в трехмерный полимер:



В случае мочевино-формальдегидной смолы:



Трехмерная конденсация, происходящая при высыхании, отличается от линейной конденсации следующими особенностями:

1. Реакции хотя бы двух, трех функциональных групп цепного полимера приводят к образованию пространственной структуры, благодаря чему скорость и полнота удаления побочных низкомолекулярных продуктов реакции приобретают второстепенное значение.

2. В процессе превращения в реакцию никогда не вступают все или почти все функциональные группы. Конечный продукт — трехмерный — редко содержит менее 25% неиспользованных групп.

3. Продукт трехмерной конденсации нерастворим и неплавок, что чрезвычайно затрудняет химическое исследование.

В табл. 4 показано изменение свойств глицерино-фталата при нагревании [5].

ТАБЛИЦА 4

Изменение свойств глицерино-фталата при нагревании

Продолжительность нагревания, часы	Температура каплепадения, °С	Кислотное число	Растворимость	
			в спирте	в ацетоне
1	58	243	Растворим	Растворим
2	70	177	То же	Не растворим
4	198	112	»	—
8	Не плавится	105	Не растворим	Не растворим
18	То же	97	То же	То же

Как видно, при превращении в неплавкое и нерастворимое состояние смола имеет кислотное число 105. Повышение температуры, оказывая большое влияние на скорость процесса, мало влияет на использование функциональных групп к моменту перехода в трехмерный студень.

Оставшиеся в трехмерном полимере функциональные группы лишены подвижности, необходимой для дальнейшего течения реакции. Конечно, количество таких групп уменьшается в том случае, если применяются весьма реакционноспособные компоненты. Так, например, если для синтеза фталевых смол вместо глицерина, имеющего вторичную гидроксильную группу, использовать пентаэритрит, имеющий только реакционноспособные первичные гидроксильные группы, то количество не вступивших в реакцию функциональных групп уменьшится. Это обстоятельство имеет первостепенное практическое значение, так как оставшиеся функциональные группы понижают химическую устойчивость и атмосферостойкость, увеличивают гидрофильность покрытия и ухудшают его электрические показатели.

Как легко увидеть из приведенных реакций, в том случае, если двуфункциональный компонент, например формальдегид или фталевый ангидрид, взят в недостатке, то его может не хватить на образование трехмерного полимера. В этом случае реакция поликонденсации может остановиться на стадии образования цепного продукта конденсации, так как на дальнейший процесс сшивания цепного продукта не хватит двуфункционального компонента.

Сшивание цепных полимеров путем поликонденсации осуществлялось и другими путями, например путем отщепления H_2O у полигидроксильных цепных полимеров и поливинилового спирта [6] или путем образования ацеталей при действии альдегидом [7].

Таким образом, трехмерная поликонденсация возможна в случаях: *а*) если один из компонентов имеет не менее трех функциональных групп, а двуфункциональный компонент взят в достаточном количестве; *б*) если каждый из компонентов имеет не менее трех функциональных групп; *в*) если к полифункциональному продукту конденсации добавлен специальный компонент, действующий как полифункциональный «сшивающий» агент.

Трехмерная конденсация протекает последовательно через две или три различные стадии:

А. Стадия получения растворимой и плавкой смолы; температура плавления невысока.

Б. Стадия постепенного разветвления цепи. Растворимость резко уменьшается; температура плавления повышается.

В. Стадия перехода значительной части смолы в трехмерный нерастворимый и неплавкий полимер.

Полного превращения смолы добиться практически невозможно. Об этом свидетельствует тот факт, что методом экстракции тонкоразмолотой превращенной бакелитовой смолы можно извлечь значительное количество смолы в стадии Б и А.

Рост молекулярного веса в процессе трехмерной конденсации можно проследить лишь от стадии А к стадии Б. Дальше вследствие нерастворимости и неплавкости смолы молекулярный вес не может быть определен, однако если есть уверенность, что сшивание осуществляется силами главных валентностей, можно предвидеть, что молекулярный вес в стадии В исключительно велик. В отличие от трехмерных полимеров, полученных путем необратимых процессов полимеризации, трехмерные продукты поликонденсации принципиально обратимы и более легко подвергаются деструкции.

Превращения путем полимеризации. Как уже указывалось, превращению в трехмерный полимер подвержены мономеры или полимеры, имеющие более одной непредельной связи или функциональность > 2.

Превращение может осуществляться как путем сшивания между собой однородных молекул мономера или полимера, т. е. путем полимеризации, так и в присутствии специального сшивающего агента путем сополимеризации с ним мономеров или полимеров; таким образом различают три случая:

1) мономер $f \geqslant 2$ + мономер $f \geqslant 3$;
2) цепные полимеры друг с другом;
3) цепные полимеры $f \geqslant 3$ + мономеры $f \geqslant 2$.

Способность высокомолекулярных цепных макромолекул резко изменять свои химические и физико-химические свойства при взаимодействии с малым количеством полифункциональных соединений вследствие образования трехмерных молекул является одним из наиболее специфических свойств макромолекул. Однако функциональность $\geqslant 3$ является обязательным, но не достаточным условием для образования трехмерного полимера.

Полагают [8], что реакция образования трехмерного полимера из цепных макромолекул — цепная реакция. В отдельных случаях трехмерная полимеризация может, по-видимому, происходить на основе механизма как ступенчатой, так и цепной полимеризации.

Напомним, что ступенчатая полимеризация отличается тем, что процесс протекает постепенно от одного этапа к другому, одна макромолекула сшивается с другой, другая с третьей и сопровождается на каждом этапе перемещением водорода или других атомов.

Цепная полимеризация макромолекул происходит, как и в случае мономеров, в результате раскрытия двойных связей макромолекул и соединения получающихся макромолекул — радикалов в трехмерный полимер, без перемещения водородных и других атомов.

Для цепной полимеризации важным фактором является степень поляризации вступающих в реакцию двойных связей. Для винильных и дивинильных соединений степень поляризации будет зависеть от электроненасыщенности смежных атомных групп, т. е. заместителей R и X.

$$\underset{\displaystyle \mathrm{R}}{\overset{|}{\mathrm{CH}}}{=}\mathrm{CH_2};\quad \mathrm{CH_2{-}CHX{-}CH{=}CH_2}$$

Активность сшивания виниловых производных дивинильными производными типа $X(CH=CH_2)_2$ уменьшается в следующем ряду: дивинилацетилен > дивинилсульфид > гексатриен > дивиниловый эфир > диаллил > изопрен.

Часто [8] объясняют это тем, что чем более электроненасыщены группы R и X, т. е. чем больше степень поляризации ви-

нильных групп, тем более энергично эти молекулы способны вступать во взаимодействие. Наибольшее влияние оказывают свойства группы X, от которой зависит дипольмомент винильных групп. Степень электронной ненасыщенности группы X предопределяет способность дивинильного соединения образовывать мостики между цепями полимера или вступать во взаимодействие с винильными мономерами.

В случае сополимеризации эфиров метакриловой кислоты с дивинильными соединениями, например с дивинилацетиленом, имеющим электроотрицательную группу —C≡C—, уже 0,1% этого соединения приводит к образованию трехмера, между тем гексатриен, имеющий группу >C=C<, менее электроотрицательную, приводит к образованию трехмера лишь в концентрации не менее 3%. Насыщенная же группа —CH_2—CH_2— в диаллиле не активирует двойных связей и прибавка этого соединения не приводит к образованию трехмерного полимера.

По-видимому, принцип электростатического притяжения поляризованных двойных связей является необходимым, но не всегда достаточным условием трехмерной полимеризации.

Очевидно, необходимо еще, чтобы заместители в мономере или полимере не оказывали пространственного влияния, препятствующего реакции сшивания.

Исходя из изложенного, видно, что реакция образования трехмерного полимера определяется:

1) функциональностью и строением реагирующих молекул;

2) степенью поляризации двойных связей;

3) пространственными трудностями, вызванными бо́льшим по сравнению с X размером групп R, сольватацией групп R и способностью цепей образовывать сложные клубкообразные формы и тем самым затруднять реакцию сшивания.

В общем виде трехмерную полимеризацию можно представить себе таким образом, что молекулы полимеры под влиянием внешних (например, температура, свет, катализаторы) или внутренних факторов (степень поляризации) активируются, приходят в активное соприкосновение, и если пространственных затруднений нет (размер групп R и X), то образуют трехмерный полимер.

В практических условиях превращение в трехмерный полимер происходит в присутствии кислорода воздуха, который участвует в химических реакциях превращения. По этой причине особая роль в реакциях превращения путем полимеризации принадлежит кислороду воздуха.

Наиболее вероятной является теория самоокисления Баха — Энглера [9], основанная на представлении о молекуле кислорода, как о соединении ненасыщенном и способном вследствие этого присоединяться к окисляемому веществу без предварительной диссоциации на атомы. Бах считал, что «кислород сам по себе

не окисляет огромного количества веществ, и если присмотреться к тем веществам, которые окисляются свободным кислородом, то можно заметить, что все эти вещества — ненасыщенные соединения и обладают большой свободной энергией. Благодаря наличию этой энергии молекулярный кислород выводится из инертного состояния, что дает ему возможность присоединяться к окисляемому веществу».

Активацию кислорода Бах представляет как разрыв одной из связей, соединяющих атомы кислорода в его молекуле. При этом основным положением теории Баха является первоначальное присоединение активированных молекул кислорода, т. е. их радикалов в виде перекисей

$$O{=}O \longrightarrow O^{\cdot}{-}O^{\cdot} + {>}C{=}C{<} \longrightarrow {>}C{-}C^{\cdot}{<}$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad |$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad O$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad |$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad O^{\cdot}$$

При повышенной температуре продукты реакции изменяются быстрее. Поэтому при высоких температурах в самоокисляющихся веществах содержание перекисей крайне невелико, но молекулы окисляемого вещества сами по себе более активны.

Наличие перекисей установлено в винильных, дивинильных соединениях и высыхающих маслах [10]; перекиси могут вызывать начало полимеризации, т. е. быть инициаторами, превратиться в мономерные более устойчивые кислородные соединения или вызвать окислительную деструкцию.

Например, метилметакрилат в отсутствие воздуха при 100° не полимеризуется, в присутствии же воздуха сразу начинает полимеризоваться. Помимо перекисей могут образовываться и гидроперекиси [11]:

$$O{=}O \longrightarrow O^{\cdot}{-}O^{\cdot} + \ldots{-}HC{=}CH{-}\ldots \longrightarrow \ldots{-}HC^{\cdot}{-}COOH{-}\ldots$$

Именно так реагирует кислород с простыми олефинами типа $CH_2 = CR_1R_2$. Здесь кислород реагирует непосредственно с двойной связью, но в случае олефинов, имеющих группировку $-CH_2-CH=CH-$..., или диенов, обладающих α-метиленовой группой $CH_2=CH-CH=CH-CH_2$ или $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$, окисляется более активная α-CH_2-группа и происходит переход двойных связей в конъюгированное положение. *

Устойчивость таких гидроперекисей колеблется в зависимости от их строения. Например, гидроперекиси циклогексана и метилолеата сравнительно устойчивы и могут быть выделены дистилляцией. Гидроперекиси полиизопрена (каучука), линолевой, линоленовой и т. п. полиеновых кислот, перекисные и гидроперекис-

* А. Я. Дринберг, Технология пленкообразующих веществ, стр. 156 и сл., Госхимиздат, 1955.

ные соединения которых накапливаются в начальный период окисления, образуют полимеры и сополимеры с кислородом или разлагаются. При реакциях разложения перекиси происходит образование мономерных кислородсодержащих продуктов, например окси-, кетокислот или окислительная деструкция с разрывом цепи молекулы.

С повышением температуры уменьшается образование неустойчивых кислородных соединений перекисей и гидроперекисей. В растительных маслах при температуре выше 250° доминируют уже процессы бескислородной полимеризации и при этом получаются более устойчивые пленки в более короткие сроки.

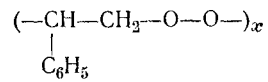
Зависимость времени высыхания сырого льняного масла без сиккатива от температуры сушки видна из следующих данных:

Температура сушки, °С . . .	20	125	250	300	350	400	500
Время высыхания, мин. . . .	14400	390	9	3	2	1	0,7

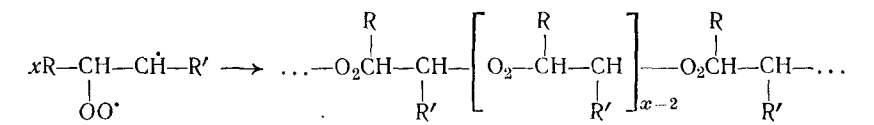
При исследовании ряда промышленных масляных материалов (олиф, лаков, эмалей) оказалось, что скорость высыхания при повышенной температуре изменяется примерно так же.

Известно, что покрытия, содержащие сиккативы, быстрее разрушаются при старении; быстрее разрушаются и те материалы, в которых сиккатива больше. Оказывается, что при весьма высоких температурах применение сиккатива излишне, так как при большой скорости сушки на высыхание покрытия требуется меньше одной минуты. Одновременно также повышается качество покрытия.

Образование сополимеров с кислородом наблюдается особенно легко у стирола



Для перекисей, полученных за счет двойных связей, структура сополимера может быть представлена следующим образом:

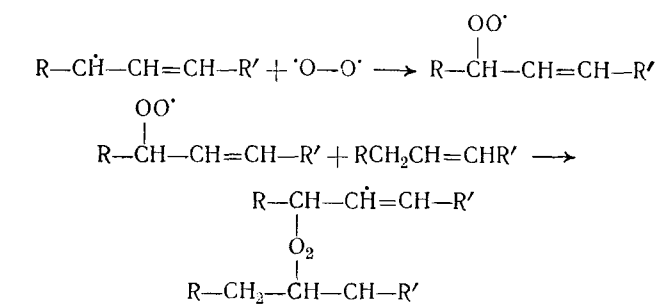


Если у молекулы имеется несколько перекисных групп, то получается трехмерный полимер, что имеет место при окислении растительных масел.

Полимеризация может также происходить и другим путем — *за счет радикалов* $R_г$, образующихся при распаде перекисей или гидроперекисей.

Как видно из приводимой ниже схемы, α-CH_2-группа, подвергающаяся действию такого радикала, отдает последнему

водород, становится активной и присоединяет кислород, за счет которого происходит сополимеризация.



При наличии нескольких таких реакций получается в конечном итоге трехмерный полимер.

При соответствующих условиях, например при повышении температуры, сополимеризации с кислородом может сопутствовать обычная бескислородная полимеризация.

Перекиси и гидроперекиси, например масел до образования трехмерных полимеров, вызывают разветвление макромолекул. При этом чем больше в молекуле двойных связей и $—CH_2$-групп, тем больше вероятность реакции этих групп с кислородом воздуха, тем меньше пространственных затруднений для взаимодействия радикалов. Итак двойная связь и $—CH_2$-группа у двойной связи способны присоединять кислород или за счет кислорода превращаться в радикалы, многократные реакции которых приводят к образованию трехмерных полимеров [12].

Превращение насыщенных цепных полимеров. Сравнительно недавно считали, что насыщенные полимеры цепного строения не способны к превращению в трехмерные полимеры вследствие отсутствия в их молекулах активных функциональных групп. Полимеры такого типа применяют для получения лаков, дающих пленки в результате испарения растворителя, без химических превращений пленкообразователя (нитроцеллюлоза, полимеры хлористого винила, метакрилаты и др.). Однако, как установлено [13], при нагревании в определенных условиях у молекул насыщенных полимеров могут появляться свободные валентности, за счет которых молекулы переходят в трехмерный полимер.

Эти свободные валентности появляются в результате отщепления от молекул полимера наименее устойчивых к нагреванию и окислению заместителей атомов или атомных групп при температуре ниже температуры деструкции полимера. Скорость отщеп-

ления зависит от строения и размеров заместителей углеродных цепей и их упаковки.

Объемистые группы, как, например, у стирола, препятствуют эффективной упаковке, в результате чего полистирол и многие его сополимеры (рис. 23) не превращаются в трехмерный полимер. У полиэтилена, наоборот, полимерные молекулы имеют компактную упаковку, и так как водород метиленовых групп, как было указано выше, способен окисляться на воздухе, то при нагревании полиэтилена в интервале 150—200° происходит его окисление и сшивание в трехмерный полимер [14]

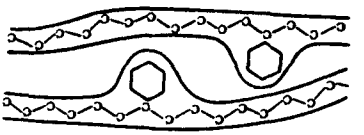
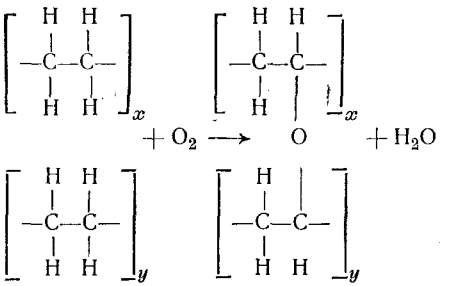
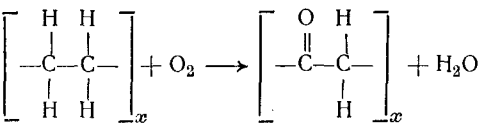


Рис. 23. Объемистые группы препятствуют эффективной упаковке полимерных молекул



В качестве побочного процесса происходит образование карбонильных групп



При более низких температурах, как это видно на рис. 24, превращения не происходит [15].

При 180° до 80% линейного полимера превращается за 5 часов в трехмерный полимер (рис. 25).

Поскольку процесс превращения происходит с присоединением кислорода, который диффундирует с поверхности пленки, скорость превращения и глубина превращения зависят от удельной поверхности пленки, как это показано на рис. 26.

Для пленок различной толщины количество образовавшегося в данных условиях трехмерного полимера, отнесенное к 1 $м^2$ поверхности пленки, является практически постоянной величиной (см. участок кривой от 100 до 500 $см^2/г$),

По этой причине процессы превращения, связанные с поглощением кислорода воздуха, могут быть использованы для лаковых пленок толщиной 10—100 μ и вряд ли применимы для пластмасс.

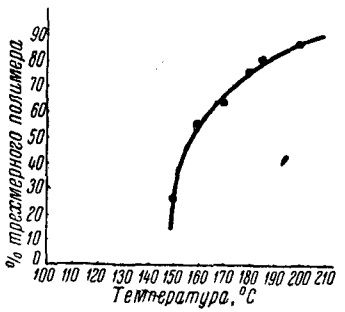


Рис. 24. Влияние температуры на превращение полиэтилена в трехмерный полимер

(продолжительность обработки 1 часа; растворитель ксилол; кипячение 3 часа; толщина пленки 140 μ; подложка стекло)

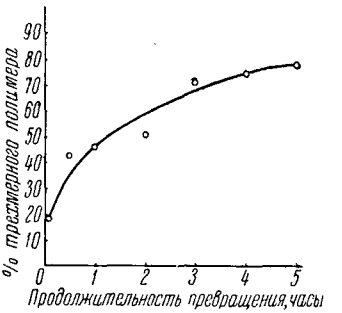


Рис. 25. Скорость процесса превращения полиэтилена в трехмерный полимер при 180°

(толщина пленки 140 μ; растворитель ксилол; подложка стекло; кипячение 3 часа)

По мере образования трехмерных структур в пленке увеличивается ее твердость, обычно уменьшается эластичность и значительно увеличивается прилипаемость к стали, как это показано на рис. 27. Плохое прилипание к металлу большинства цепных полимеров заставляет обратить особое внимание на это явление. Исследование превращений полимеров различных эфиров акриловой и метакриловой кислот [16] показало, что в данном случае механизм превращения иной, чем в случае полиэтилена.

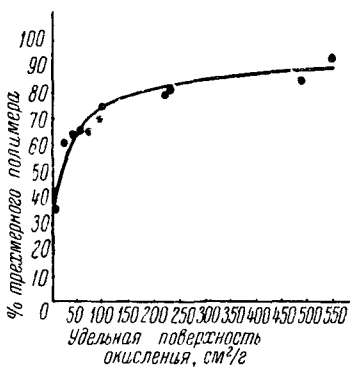


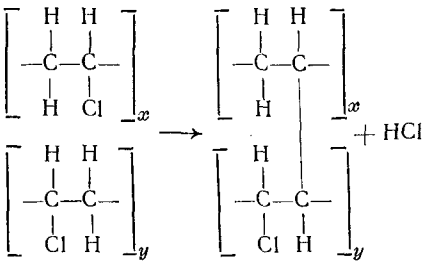
Рис. 26. Влияние удельной поверхности пленки на глубину превращения

(температура 180°; продолжительность превращения 4 часа; без добавок)

Добавлением катализаторов можно снизить температуру превращения и уменьшить скорость деструкции [16].

Полимеры эфиров высших спиртов, например октилового, скорее превращаются в трехмерный полимер; полимеры эфиров низших спиртов — метилового, этилового и изопропилового — более устойчивы к нагреванию и не дают трехмерных метакриловых полимеров.

Галоидосодержащие насыщенные полимеры, например полихлорвинил, перхлорвинил, хлоркаучук, при нагревании превращаются в трехмерный полимер за счет отщепления галоидоводорода и сшивания получающихся радикалов [17]



Выделение HCl делает пленку непригодной для использования в качестве грунтовок по металлу.

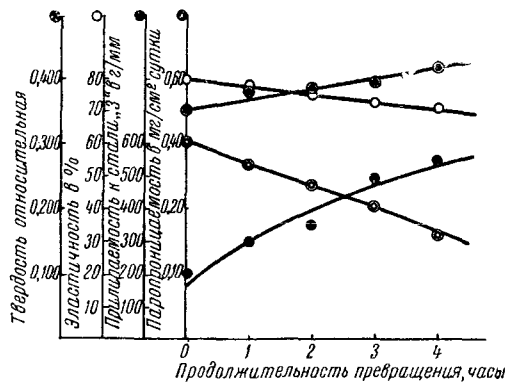


Рис. 27. Изменение механических свойств пленки при превращении в трехмерный полимер

Преимущество пленок на основе трехмерных полимеров, полученных из насыщенных цепных полимеров, заключается в том, что в них остается мало функциональных групп. Между тем в трехмерных полимерах, полученных из ненасыщенных цепных полимеров (каучуки) или ненасыщенных низкомолекулярных соединений (масла), всегда сохраняется значительное число функциональных групп, например двойных связей. Последние в процессе эксплуатации пленки на воздухе легко окисляются, что ведет к более быстрому разрушению пленки (см. Окислительная деструкция, стр. 106—108).

Количество трехмерного полимера, получаемого из насыщенного линейного полимера, можно регулировать, например,

длительностью термообработки, достигая возможного для практических целей снижения эластичности. Такие пленки найдут, по-видимому, применение в качестве грунтовок в многослойных покрытиях, где наружные слои будут получаться из непревращенных насыщенных полимеров, обычно более устойчивых к действию кислорода воздуха и других реагентов, но мало пригодных для грунтовок вследствие плохого прилипания.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Шулейкин, ЖРФХО 58/3, 527 (1926).
2. H. F. Payne, Organic coating technology N. Y. 1954.
3. Л. Я. Ринова, ЛТИ, Канд. дисс. 1950.
4. П. В. Козлов, Физико-химия эфирцеллюлозных пленок, стр. 271, Госхимиздат, 1948.
5. Б. В. Максоров, Вопросы изоляции в электротехнике, Труды конференции по электроизолирующим материалам, стр. 128, Москва, 1930.
6. В. В. Коршак, В. А. Замятина, Изв. АН СССР, ОХН, 106 (1946).
7. И. Джонс, в Сборнике «Высокомолекулярные соединения», вып. 4, стр. 68, Госхимиздат, Москва, 1946.
8. Norrish, Brukmen (см. Берлин А. А. Успехи химии **9**, 664, 1940).
9. А. Н. Бах, Ber., **30**, 1669 (1897); А. Н. Бах, Собрание трудов по химии и биохимии, Изд. АН СССР (1950).
10. Е. И. Орлов, Исследование в области кинетики и катализа, стр. 211, Москва, 1906; ЖРФХО, **42**, 668 (1910).
11. E. H. Farmer, Farad. Soc., **38**, 340 (1942).
12. A. V. Tobolsky, K. J. Mesrobrain, J. Am. Chem. Soc., **67**, 785 (1945).
13. А. Я. Дринберг и Ш. Н. Голант, ЖПХ, № 10, 1078 (1951); ЖПХ, № 11, 1131 (1951).
14. А. Я. Дринберг, Н. С. Демченко, ЖПХ, **XXV**, № 1, 57 (1952).
15. А. Я. Дринберг, Н. С. Демченко, О. Н. Сеткина, Гопштейн, ЖПХ, XXVI (1953).
16. А. Я. Дринберг, А. Д. Яковлев, ЖПХ, **XXVI**, № 6 (1953).
17. А. Я. Дринберг, А. М. Бочарова, ЖПХ, **XXVI**, № 10, 1056 (1953).

Глава IV

СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

Различные физико-механические и химические свойства лакокрасочных покрытий определяются химическим строением пленкообразователя, структурой полученной пленки, свойствами и концентрацией пигмента, а также характером покрываемой поверхности и условиями нанесения и сушки покрытия. Основное влияние на свойства покрытий оказывает выбор пленкообразователя и условия, предопределяющие структуру образующейся пленки. Поскольку при образовании покрытия большинство пленкообразователей, как было указано выше, переходит из жидкого в стеклообразное аморфное состояние, рассмотрим основные условия этого перехода.

1. СТЕКЛООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛЕНКИ

Процессы перехода из жидкого в твердое состояние при стеклообразовании непрерывны, в отличие от прерывного перехода в случае кристаллизации без переохлаждения. На рис. 28 на оси абсцисс отложено время перехода из жидкого в твердое состояние при одинаковой температуре. Сплошной линией изображается линия перехода в стеклообразное состояние, пунктирной — в кристаллическое. Сплошная линия характеризует непрерывность перехода из жидкого в стеклообразное состояние. Пунктирная линия соответствует непрерывному переходу в кристаллическое состояние. Участок *1—2* соответствует охлаждению до температуры кристаллизации $T_{кр}$; участок *2—3* — кристаллизация, пока вся жидкость не перейдет в кристаллическое состояние; температура постоянная. Участок *3—4* относится к охлаждению твердого кристаллического тела.

Непрерывность перехода жидкого тела в стеклообразное состояние связана с постепенным увеличением вязкости.

В определенном интервале температур тело приобретает вязко-текучее состояние. Затем вязкость повышается, а текучесть уменьшается. Вещество приобретает свойства твердого тела, а в случае высокополимеров — высокоэластичного тела (например,

каучук при обычной температуре). Если продолжать охлаждение, то постепенно высокоэластичность будет уменьшаться, вещество будет увеличивать свою твердость и хрупкость, при приближаясь к хрупкости стекла при обычной температуре. Графически это можно представить в осях координат: температура T — деформация E.

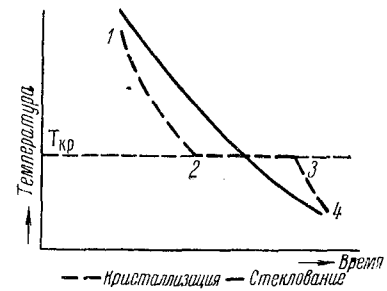


Рис. 28. Переход жидкости в твердое состояние

На рис. 29 изображено изменение полной деформации (или каких-либо других механических свойств) для высокомолекулярных пленкообразователей цепного строения (сплошная линия *1*) и для низкомолекулярных пленкообразователей, например для канифоли (пунктирная линия *2*). Для сравнения на кривой *3* показано изменение деформации для низкомолекулярных кристаллических тел.

Температура, ниже которой свойства вещества соответствуют стеклообразному состоянию, называется *температурой стеклования* и обозначается $T_с$.* Для канифоли эта температура около +40°, для каучука обычно ниже —30°.

Область температур, выше которых вещество переходит из эластичного (для высокополимера) или пластичного (для низкомолекулярной смолы) в текучее, жидкое состояние, называется областью *температур текучести или плавления* — $T_{пл}$ или температурой перехода первого рода. Для канифоли $T_{пл} \sim 60°$, для каучука $\sim 200°$.

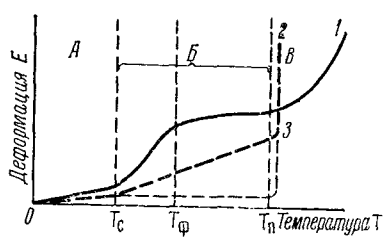


Рис. 29. Зависимость деформации от температуры при постоянной нагрузке:

1 — высокополимер; *2* — низкомолекулярные смолы; *3* — кристаллические низкомолекулярные вещества $T_с$ — температуры стеклования; $T_ф$ — температура подвижности; $T_{пл}$ — температура плавления

Вещество в области *А* находится в хрупком стеклообразном состоянии; не только макромолекулы в целом, но и их звенья

* Приближенно температуру $T_с$ можно определить, например, следующим образом: расплавленную пленку или смолу охлаждают в пробирке со скоростью 20° в мин. при периодическом помешивании стеклянной палочкой [1], опущенной в расплавленную смолу. Температуру, при которой появляются первые трещины, можно приблизительно считать за $T_с$.

мало подвижны, — они могут совершать только колебательное движение.

В области *Б* высокополимеры находятся в высокоэластичном состоянии, а низкомолекулярные смолы, например канифоль, новолак, — в высокопластичном состоянии. В области *В* высокополимеры переходят в вязко-текучее состояние, а низкомолекулярные смолы — в жидкое.

На участке кривой в области *А* макромолекулы и их звенья застеклованы и мало подвижны. Участок кривой *1* после T_c соответствует подвижности части звеньев молекул. В области *Б* имеется еще один перелом $T_ф$. Этот перелом объясняется тем, что при нагревании от температуры T_c до температуры $T_ф$ становятся легко подвижными не только звенья, но и макромолекулы в целом.

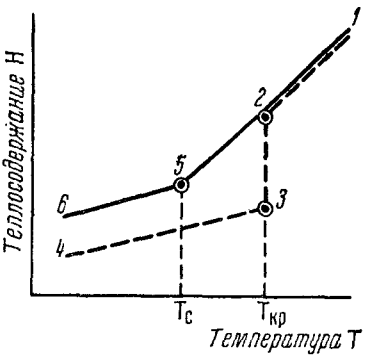


Рис. 30. Изменение теплосодержания высокополимера и кристаллического вещества при застывании

Отрезок кривой до T соответствует подвижности лишь отдельных звеньев или участков цепи. В области от $T_ф$ до $T_{пл}$ подвижны и звенья и частично макромолекулы и, наконец, в области выше $T_{пл}$ связь между молекулами резко уменьшается и подвижность макромолекулы, т. е. текучесть, неограниченно возрастает.

Если при нагревании вещество переходит в трехмерный полимер, то подвижность макромолекулы невозможна; вещество не плавится и точка $T_{пл}$ отсутствует.

Переход полимера цепного строения при высыхании пленки в полимер трехмерного строения будет сопровождаться резким уменьшением способности к деформации, в особенности в области высоких температур. (Это обстоятельство дает возможность изучать процесс превращения линейных полимеров в трехмерный по уменьшению величины деформации при постоянной температуре и постоянной скорости деформации.)

В пленках высокомолекулярных полимеров величина остаточной деформации невелика, у низкомолекулярных смол (например, у канифоли, при температуре $>40°$) деформация имеет только пластичный характер, т. е. деформация остается после снятия приложенной нагрузки. Ниже T_c деформация невелика, высокомолекулярные пленки и покрытия хрупки (что впрочем, не мешает их применению в ряде областей); выше $T_{пл}$ они текут и непригодны для практического использования.

Переход в стеклообразное или кристаллическое состояние может быть наглядно показан на кривых изменения теплосодержания вещества при застывании. На рис. 30 по оси ординат отложено теплосодержание, а по оси абсцисс температура. Сплошной линией показано изменение теплосодержания у высокополимера, пунктирной линией у кристаллического вещества. У последнего сначала (*1—2*) теплосодержание падает в связи с охлаждением жидкости. При температуре кристаллизации $T_{кр}$ происходит выделение скрытой теплоты кристаллизации (*2—3*), а затем тепло отдается кристаллическим телом уже в меньшей степени (*3—4*). В случае процесса стеклообразования переохлажденная жидкость будет отдавать тепло до точки $T_с$ (*1—2—5*), а затем у стеклообразного тела (*5—6*) выделение тепла происходит в меньшей степени.

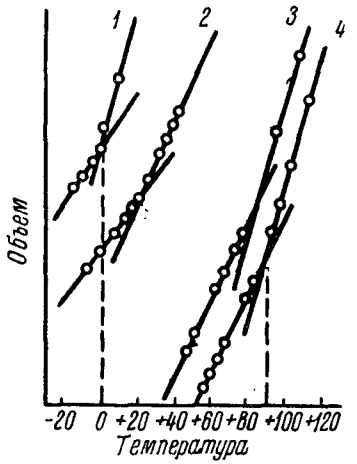


Рис. 31. Изменение объема от температуры глифталевых смол и новолака:

1 — глифталь; *2* — новолак; *3* — глифталь 90; *4* — глифталь 100

С температурой стеклования связано изменение объема смол. На рис. 31 на оси абсцисс отложена температура, а на оси ординат изменение объема.

Точки перелома прямых линий, характеризующих эту зависимость, соответствуют $T_с$ смолы. Из четырех исследованных смол наиболее высокое значение $T_с = 90$ наблюдается у немодифицированного глипталя. Введение масла, отодвигая макромолекулы смолы друг от друга и уменьшая их взаимное сцепление, характерное для стеклования, снижает $T_с$.

ТАБЛИЦА 5

Изменение прочности на растяжение высокополимеров

Температура, °С	Временное сопротивление на разрыв, *кг/м.м²*	Относительное удлинение, %
+100	7,1	37,5
+ 50	9,5	32,1
+ 20	11,1	27,2
0	12,9	22,2
— 20	13,8	13,8
— 45	17,9	6,8

Механические свойства высокополимеров изменяются при нагревании и охлаждении. В табл. 5 показано изменение прочности и растяжение нитроцеллюлозных пленок в интервале температур от +100 до —45°.

При понижении температуры прочность вследствие усиления степени межмолекулярного сцепления (ассоциации молекул и их звеньев) увеличивается. Подвижность звеньев уменьшается, уменьшается и возможность течения макромолекул [1, 2].

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДЕФОРМАЦИЯ ПЛЕНОК

Механические свойства покрытий, в том числе их твердение в процессе высыхания, являются важными показателями, определяющими выбор лаков и красок для получения покрытий, предназначенных для той или иной цели. Если повышение твердости при высыхании покрытий обусловливается подбором летучих растворителей и химическими процессами образования пленки, изложенными в предыдущей главе, то механические свойства высохшей пленки и ее сопротивление различным видам деформаций определяются химическим строением полученной пленки, а также наличием в ней пигментов и других компонентов.

Деформация пленок может происходить в результате трех причин: 1) приложения внешней нагрузки в виде растягивающих, изгибающих, вдавливающих и т. п. усилий; 2) изменения состава пленки вследствие испарения пластификаторов, остатков растворителя, набухания и т. д.; 3) структурных превращений в самой пленке. Изменение состава и структурные превращения протекают самопроизвольно, причем, например, повышение температуры способствует деформации.

Различают следующие виды деформации полимеров под действием механической нагрузки:

1. Упругая деформация — обычная для твердых тел обратимая деформация S_1.

2. Пластичная деформация или вязкое течение — S_2.

3. Высокоэластичная деформация также обратимая, приводящая к огромным удлинениям — S_3.

Таким образом, полная деформация $S = S_1 + S_2 + S_3$.

Высокоэластичная деформация, присущая только высокомолекулярным полимерам, в отличие от упругой деформации, составляющей всего несколько процентов от первоначальной длины L, достигает весьма больших размеров. Так, например, при определенном температурном интервале для резины $\frac{\Delta L}{L} =$ 500—1000%. При охлаждении высокополимеры теряют свою эластичность и по величине деформации не отличаются от других органических веществ. Проявление и потеря высокой эластичности полимеров происходят постепенно и имеют ясно выраженный релаксационный характер, т. е. зависят не только от

температуры, но также и от скорости внешнего механического воздействия.

Время релаксации λ равно времени, необходимому для установления полного значения высокоэластичной деформации. При охлаждении время релаксации резко возрастает, что наблюдается как у полимеров, так и у простых аморфных тел. Однако в интервале размягчения вязкость простых аморфных тел резко падает. Пластическое же течение полимеров, а в особенности высокополимеров с пространственной структурой затруднено, так как для необратимого перемещения макромолекул необходима температура, при которой может произойти разрыв химических связей.

При низких температурах деформация очень мала и свойства полимера подобны свойствам твердого тела. С повышением температуры деформация возрастает и на определенной точке наступает момент полной деформации $S = S_1 + S_2 + S_3$. (При дальнейшем нагревании наблюдается пластичность.)

Уже указывалось, что как у простых аморфных тел, так и у полимеров не существует определенной точки плавления или замерзания. Этот постепенный непрерывный переход представляет собой растянутый интервал размягчения.

Поведение пленок под воздействием внешних деформирующих усилий в условиях различных температур определяет морозостойкость и теплостойкость пленки, т. е. степень сохранения в известных интервалах температур механических свойств пленок, обычных для данного материала при нормальной температуре 20°. Эти свойства слабо изменяются при понижении температуры для «морозостойких» полимеров, а при повышении температуры — для «теплостойких» полимеров. Обычно морозостойкие пленки состоят из макромолекул, сохраняющих подвижность звеньев при наиболее низких температурах. Кристаллизация не должна происходить при температуре эксплуатации. Кроме того, для обеспечения морозостойкости необходимо, чтобы пластификатор не замерзал при температурах эксплуатации покрытия.

Для обеспечения теплостойкости необходимо, чтобы связь между макромолекулами сохранялась по возможности при более высоких температурах. Пластификатор при этих температурах не должен испаряться [4] или разрушаться.

Таким образом можно прийти к следующим выводам:

1. Упругая и высокоэластичная деформации полностью обратимы, т. е. при определенной температуре и величине механического усилия пластичная деформация может не наблюдаться.

2. Высокоэластичная деформация по своей величине в десятки тысяч раз больше упругой деформации.

3. Механизм упругой деформации заключается в увеличении средних расстояний между атомами и молекулами при растяжении. Деформация сопровождается возрастанием объема тела при наложении внешнего напряжения. Развитие ее связано с изменением потенциальной энергии системы. (При упругом растяжении твердое тело поглощает тепло, а при сжатом выделяет его.)

4. Высокоэластическая деформация не сказывается на изменении потенциальной энергии системы. Изменения объема тела почти не наблюдается. При растяжении тело нагревается, а при сжатии поглощает выделенное тепло.

5. Упругая деформация распространяется со скоростью звука и не зависит от температуры. Релаксационный механизм высокоэластичной деформации выражается в экспоненциальном возрастании ее скорости при нагревании. Так время релаксации может изменяться от десятков и сотен лет до величин порядка 10^{-8} секунды. Все это указывает на то, что огромная величина высокоэластичной деформации полимеров, по-видимому, объясняется изменением конфигурации длинных цепных макромолекул.

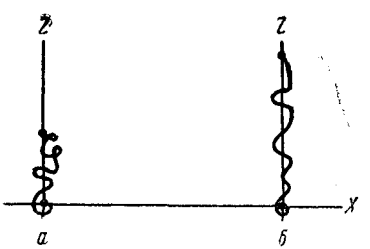


Рис. 32. Схема клубкообразного линейного полимера

На рис. 32 приведены модели таких молекул в обычном (*а*) и в растянутом (*б*) состоянии. Для появления эластичных свойств необходима достаточная длина клубкообразных молекул.

В настоящее время считают, что отдельные звенья линейных полимеров легко деформируются, т. е. при раздвижении отдельных звеньев цепи, например при размещении между ними молекул растворителя, энергия взаимодействия между остальными звеньями не меняется. Межмолекулярные связи могут быть нарушены в одном месте цепи, в другом же месте они сохраняются. Это как бы подтверждает предположение о сгибаемости молекулярных цепей и подвижности отдельных звеньев.

В трехмерных полимерах поперечные связи между линейными структурами осуществляются как за счет основных валентностей, так и за счет сил Ван-дер-Ваальса.

В нерастянутом состоянии имеет место равновесие между обоими видами сил. При растяжении трехмерного полимера звенья линейной структуры, будучи связаны между собой, соответственно передают напряжение смежным элементам молекулы, вовлекая таким образом при растяжении большое число элементов молекулы и увеличивая необходимое для растяжения усилие.

3. СВЯЗЬ МЕЖДУ СТРОЕНИЕМ ВЫСОКОПОЛИМЕРОВ И СВОЙСТВАМИ ПЛЕНОК

Механические свойства пленок различных пленкообразующих веществ, а также пластичность и жесткость их пленок находятся в зависимости от химического строения молекулы полимера.

При этом основное влияние оказывают длина цепи полимера, строение звена, боковые группы, распределение молекулярных весов, когезия между цепями [3].

Различие между высокополимерами, применяемыми для волокна, каучука или пластмасс, зависит от их химического строения, но в большей мере определяется величиной и характером межмолекулярных сил. Среди лаковых пленок пленки на основе ряда линейных виниловых полимеров и свежего линоксина напоминают каучук, а поликонденсационные смолы дают пленки, типичные для пластмасс. Полимеры эластичного свежего линоксина по мере старения превращаются в трехмерный полимер, а пленка теряет каучукоподобные свойства.

Для выяснения зависимости между структурой высокополимеров и их механическими свойствами сопоставляют последние со степенью полимеризации, разветвленностью цепей, наличием гетерополярных групп и способностью к кристаллизации.

Связь между свойствами и структурными характеристиками высокополимеров приведена в табл. 6.

ТАБЛИЦА 6

Зависимость свойств от структурной характеристики

Свойства	Средняя степень полимеризации	Сшивка молекул мостиками	Гомеополярные группы	Гетерополярные группы	Способность к кристаллизации
Адгезия (способность прилипания)	—	+	—	+	—
Влагостойкость	+	+	+	—	+
Термостойкость	+	+	—	+	+
Поверхностная твердость	+	+	—	+	+
Эластичность	+	—	+	—	—
Разрывное удлинение	+	—	+	?	—
Прочность на удар	+	—	+	?	—
Временное сопротивление на разрыв	+	+	—	+	+

Примечание. Знак + означает, что увеличение данной структурной характеристики усиливает рассматриваемые свойства; — ослабляет; ? — влияние на свойства неизвестно.

Механическая прочность, весьма низкая при степени полимеризации 40—80, растет пропорционально молекулярному весу до средней степени полимеризации около 250, затем она возрас-

тает медленнее молекулярного веса, и наконец при степени полимеризации >300 дальнейшая зависимость прочности от молекулярного веса исчезает (рис. 33).

Химическая природа структурного звена и характер связи звеньев в полимере оказывают большое влияние на свойства пленок.

В табл. 7 приведены величина внутримолекулярной энергии разрыва между атомами и величина межмолекулярной энергии притяжения (ассоциации) между звеньями цепи длиной 5 Å.

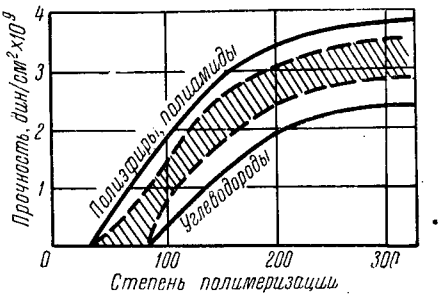


Рис. 33. Зависимость сопротивления растяжению от степени полимеризации

Как видно из табл. 6, междуатомная энергия имеет, по крайней мере, в 20 раз бо́льшее значение, чем межмолекулярная. Из различных видов внутримолекулярных связей наибольшая величина приходится на долю связей $-C=C-$. Наибольшее значение межмолекулярной ассоциационной связи наблюдается у целлюлозы и ее эфиров.

ТАБЛИЦА 7

Величина энергии разрыва и притяжения

Вещество	Главные валентности		Побочные валентности	
	ковалентная связь в цепи	внутримолекулярная (межатомная энергия разрыва), *кал/мол*	группы, обусловливающие возникновение сил сцепления	межмолекулярное притяжение на звено длиной 5Å (с координационным числом 4), *кал/мол*
Ацетилцеллюлоза	—C—O—C	80—90000	(CH_2COO); (—O—)	4800
Поливинилацетат	—C—C—	70—80000	$-CH_2-$ (CH_3COO)	3200
Полихлоропрен .	—C=C—	70—120000	$>CH_2$; (CH=CCl)	1600
Полистирол . . .	—C—C—	70—80000	$>CH_2$;$-C_6H_5$	4000
Полиэтилен . . .	—C—C—	70—80000	$-CH_2-$	1000

Ассоциационные связи между молекулами имеют значительно меньшую прочность, чем связи за счет главных валентностей. Однако при большой цепи молекулы ассоциационных связей на

одну макромолекулу приходится много десятков и сотен, а связь за счет главных валентностей в цепи может быть одна.

Поэтому при разрыве пленки возможен разрыв молекул, т. е. разрыв главных валентностей (рис. 34).

Как известно, по строению цепи все полимеры могут быть разделены на карбоцепные и гетероцепные соединения. Покрытия на основе карбоцепных соединений наиболее устойчивы. Особенной устойчивостью обладают макромолекулы, углеродная цепь которых не имеет подвижных заместителей [5], например политен. Однако такие покрытия более пригодны для наружных слоев, так как плохо прилипают к металлу.

Гетероцепные соединения, например эфиры целлюлозы, отличаются большой способностью к реакциям окисления, омыления и др., поэтому покрытия на их основе менее устойчивы.



Рис. 34. Схема разрыва. Слабые межмолекулярные силы допускают возможность относительного скольжения молекул (верхняя часть рисунка)

С увеличением длины цепи полимера увеличиваются вязкость, температура плавления, прочность пленки на разрыв, устойчивость к истиранию, эластичность. Одновременно уменьшается возможный ассортимент растворителей и падает максимально возможное содержание пленкообразователя в лаке или краске. В этом случае известной характеристикой является та концентрация пленкообразователя, при которой наблюдается переход лака в гель. Природа вещества может менять эти зависимости, но для большинства пленкообразователей они являются характерными.

Существенное влияние на свойства покрытия оказывает плотность «упаковки» атомов в молекуле пленкообразователя (молекулярные объемы). Последние зависят от присутствия или отсутствия заместителей в цепи макромолекул. Наличие заместителей уменьшает возможность ориентации цепей, увеличивает расстояние между ними, что влечет за собой уменьшение прочности на разрыв, повышает истираемость и уменьшает эластичность. Растворимость при этом увеличивается. Сополимеры и несимметрично построенные цепи обычно лучше растворимы. Помимо увеличения механической прочности пленок при увеличении молекулярного веса от 10000 наблюдается повышение химической стойкости пленок и их устойчивости к действию атмосферы. Для этого необходимо, чтобы в цепи было более 40—80 структурных единиц. При небольшом числе структурных

единиц свойства пленок приближаются к свойствам низкомолекулярных конденсационных смол, т. е. у пленок наблюдается как невысокая механическая прочность, так и неустойчивость к действию химических реагентов и атмосферных влияний.

На свойства пленок и покрытий большое влияние оказывает и полидисперсность полимера. Иногда даже небольшое содержание низкомолекулярной фракции может существенно ухудшать качество пленки, и удаление низкомолекулярных фракций, несомненно, будет способствовать повышению таких качеств покрытия, как прочность, эластичность, сопротивление истиранию (впрочем, в ущерб адгезии).

У гетероцепных полимеров с величиной молекулярного веса связана полярность молекулы. Чем выше молекулярный вес, тем меньше полярность молекулы, поскольку меньше удельное значение концевых полярных групп.

Молекулярный вес и полярность молекулы непосредственно связаны с двумя важнейшими свойствами покрытий: прочностью (когезией) пленки и прилипанием пленки к покрываемой поверхности. С увеличением молекулярного веса пленкообразователя при прочих равных условиях увеличивается прочность и уменьшается прилипаемость.

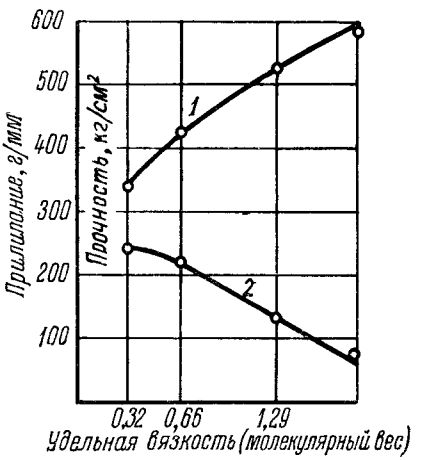


Рис. 35. Влияние молекулярного веса (удельной вязкости) полибутилметакрилата на прочность и прилипание пленок к стали

Для иллюстрации этого положения на рис. 35 показана связь между молекулярным весом полибутилметакрилата, прочностью пленки на разрыв и прилипанием покрытия к стали. Когезия выражена временным сопротивлением разрыву в *кг/см²*, прилипание в *г/мм* по адгезиометру Снедзе.

С ростом полярности молекул пленкообразователя увеличивается прилипание покрытия. В зависимости от того, за счет каких полярных групп обусловлена полярность молекулы, поразному будут изменяться свойства покрытия. Однако общий принцип при этом не меняется. Цепные насыщенные полимеры, которые обеспечивают устойчивость и механическую прочность покрытий, сами по себе не могут быть применены в качестве надежных пленкообразователей непосредственно по металлу, так как они плохо прилипают.

С ростом молекулярного веса снижается и прилипание. С другой стороны, повышенное прилипание полярных, но низкомолекулярных пленкообразователей часто обесценивается их химической неустойчивостью. Эти соображения не относятся к полимерам и низкомолекулярным смолам, превращаемым в трехмер, которые после превращения прекрасно прилипают. Поскольку для получения атмосферных покрытий необходимо одновременно обеспечить механическую и химическую прочность и прилипание, цепные (линейные) полимеры используются: 1) в модифицированных покрытиях (стр. 98), где к высокомолекулярным полимерам добавляются низкомолекулярные для обеспечения прилипания; 2) в многослойных покрытиях (стр. 100), где полимер наносится на грунт, полученный из низкомолекулярных хорошо прилипающих пленкообразователей, например высыхающих масел, которые при высыхании превращаются в высокомолекулярные трехмерные полимеры.

В общем виде влияние роста молекулярного веса на прилипание, прочность и атмосферостойкость карбоцепных полимеров может быть представлено следующим образом.

Если молекулярный вес растет до нанесения на поверхность, то прилипание уменьшается, прочность на разрыв и растяжение увеличивается, атмосферостойкость при наличии грунтовки или модификатора также увеличивается.

Если же молекулярный вес растет после нанесения на поверхность (превращение в трехмер), то прилипание, прочность и атмосферостойкость увеличиваются. Лучший результат наблюдается по прилипанию, механической прочности, атмосферостойкости у пленкообразователей, молекулярный вес которых при сушке увеличивается.

Пленкообразователи должны давать покрытия, пленки которых в интервале температур их технической эксплуатации аморфны и находятся в твердом состоянии.

Кристаллизация пленок неизбежно приводит к хрупкости; наоборот, рост размеров цепных полимеров, имеющих клубкообразную или подобную структуру, обусловливает рост упругих свойств пленки.

Чем больше длина цепи, чем более изогнутая форма отвечает равновесному состоянию (например, высокомолекулярные каучуки), тем выше упругие свойства пленки. Рост цепи обусловливает повышение механической прочности. Уменьшение длины цепей приводит при равновесном состоянии к более жесткой и мало сгибаемой форме, что наблюдается у пленок, весьма низковязких нитроцеллюлозы и перхлорвинила.

Высокомолекулярные соединения, обладающие разветвленным строением молекул (крахмал, некоторые белки и т. п.), образуют пленки, не обладающие высокоупругими свойствами.

4. ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПЛЕНОК

Превращение низкомолекулярных пленкообразователей в трехмерный полимер резко увеличивает не только химическую и атмосферную устойчивость покрытия, но и прилипание покрытия к окрашиваемой твердой поверхности. Здесь, с одной стороны, благоприятны условия смачивания и адгезия, когда пленкообразователь находится еще в жидком состоянии, с другой, по-видимому, не исключено прямое сшивание молекул металла с пленкообразователем через карбоксильные группы, кислород, серу и другие сшивающие агенты.

Льняное масло имеет средний молекулярный вес около 700, уплотненное масло — около 1500. При высыхании же процесс соединения отдельных молекул в трехмерный полимер приводит к веществам с огромным молекулярным весом, обусловливающим изменение физических и химических свойств покрытий. Чем выше молекулярные веса, тем более инертны, т. е. устойчивы к любым реагентам, получаемые покрытия.

У масляных, алкидных модифицированных и т. п. лаков и красок полное высыхание происходит вследствие химической реакции, ведущей к превращению жидкого масла или смолы в твердую высокомолекулярную нерастворимую пленку. С повышением температуры высыхание ускоряется.

Так, например, для олифы повышение температуры с 20 до 300° не только увеличивает скорость сушки в 4800 раз, но и резко увеличивает в покрытии содержание трехмерного полимера.

При высоких температурах сушки преобладает процесс бескислородной полимеризации, приводящей к более устойчивой форме трехмерного полимера.

Чем глубже прошел этот процесс, тем больше покрытие будет сопротивляться действию любого агрессивного фактора. Степень превращения масла легко установить, подвергая покрытие экстракции, например бензолом, и определяя процент нерастворимого вещества. С повышением температуры сушки содержание трехмера в пленке увеличивается.

При 500° 96% исходного масла превращаются в нерастворимое и неплавкое состояние.

Испытания образцов в атмосферных условиях показали, что после сушки при высоких температурах коррозия железа начинается значительно позже. При нормальной сушке олифного покрытия по железу через 24 часа выдержки в воде уже обнаруживается начало разрушения пленки, в то время как при высушивании той же олифы при 400° начало разрушения пленки обнаруживается только через год.

Низкомолекулярные продукты конденсации, применяемые в лакокрасочной промышленности, как, например, непревращаемые новолачные феноло-альдегидные смолы, алкиды, модифицированные канифолью, и др., имеют весьма невысокую степень поликонденсации. Их молекулы в среднем содержат 5—10 структурных единиц. С этой точки зрения данные смолы нельзя отнести к высокомолекулярным соединениям.

Из приведенных выше соображений о влиянии молекулярного веса на свойства покрытия вытекает, что неспособные к превращению в трехмер конденсационные лаковые смолы, например новолаки, будут обусловливать высокую прилипаемость (адгезия) и плохую механическую прочность (когезия) покрытия. Такие покрытия сами по себе вряд ли могут быть атмосферостойкими, однако они могут использоваться в грунтовках или как модификаторы высокомолекулярных продуктов, улучшающие прилипание.

К низкомолекулярным конденсационным смолам приближаются по своим свойствам и многие естественные смолы растительного происхождения (даммара, мастикс, канифоль и др.). Битумы и продукты окисления нефтяных углеводородов также являются сложной смесью низкомолекулярных смол.

5. ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ни один из известных пленкообразующих материалов не дает покрытия, у которого различные, важные для техники показатели имеют максимальное значение. Напомним, что высокомолекулярные насыщенные полимеры карболинейного строения, обладая высокой химической устойчивостью и удовлетворительными механическими свойствами, дают плохо прилипающие пленки.

Низкомолекулярные смолы с отличной прилипаемостью дают покрытия, не устойчивые к влиянию атмосферы и механически мало прочные. Сюда же относятся и битумы, хотя их устойчивость к действию химических реагентов в отсутствие солнечного света более высока.

Высыхающие масла дают хорошо прилипающие покрытия и благодаря переходу в трехмерный полимер обусловливают значительную атмосферостойкость, однако наличие большого количества продуктов окислительной деструкции и ненасыщенных групп делает масляное покрытие недостаточно стойким к воде и химических реагентах. Кроме того, покрытия получаются мягкими, непригодными для шлифования и полирования.

Эти обстоятельства явились причиной применения смесей различных пленкообразователей.

Например, высыхающие масла, видоизмененные введением естественной смолы растительного происхождения, явились первыми модифицированными пленкообразователями, которые были названы масляным лаком. Смола обеспечила повышение твердости; масло, превращающее покрытие в трехмерный полимер, — устойчивость к атмосферным влияниям. В то же время покрытия из одной смолы обладают меньшей атмосферостойкостью, чем масляные, и срок службы таких покрытий меньше, чем покрытий, содержащих только масла.

Другой пример — эфиры целлюлозы. Они обладают высокими показателями механических свойств, но плохо прилипают.

Введение в эфироцеллюлозные лаки смол увеличивает прилипаемость, но снижает механическую прочность.

Принцип модификации основан на введении в основной пленкообразователь модификатора, сообщающего покрытию новые свойства, отсутствующие у основного материала.

При модификации пленкообразователя повышаются одни технические свойства за счет снижения других. Так как эти свойства нельзя приобрести без применения модификатора, то с ухудшением некоторых свойств покрытия приходится либо мириться, либо пользоваться принципом получения многослойных покрытий из различных лаков и красок (стр. 100).

Покрытия на основе многих дешевых низкомолекулярных смол могут быть значительно улучшены модификацией их высокомолекулярными смолами, линейными полимерами или высыхающими маслами, переходящими в трехмерный полимер (например, масляные лаки). Модификацию низкомолекулярных смол цепными полимерами или микроволокнистыми материалами по аналогии с введением стальной арматуры в железобетон можно называть «армированием». Армирование высокопрочными цепными полимерами или микроволокнистыми материалами обеспечивает повышение прочности и устойчивость покрытия к атмосферным влияниям.

Из цепных полимеров применяют, например, виниловые смолы, полимеры этиленовых углеводородов, каучук, эфиры целлюлозы. Преимущество имеют насыщенные полимеры, устойчивые к окислению в атмосферных условиях.

В качестве низкомолекулярных пленкообразователей можно указать на природные термопластичные смолы и продукты их переработки (например, эфиры канифоли), конденсационные линейные полимеры (например, феноло-альдегидные новолаки, термопластичные алкиды, кумароновые, нефтеполимерные и другие смолы) и битумы, — в общем продукты, имеющие молекулярный вес не выше 1—2 тыс.

Принцип армирования применим также и к низкомолекулярным термореактивным пленкообразователям, превращающимся в

трехмерный полимер в результате нагревания или окисления (например, феноло-альдегидные резолы в стадии А, высыхающие растительные масла или содержащие их алкидные смолы, полифункциональные ненасыщенные мономеры).

Цепной полимер разномерно распределяется в растворе мономера или низкомолекулярного продукта (например, полимеризованного масла). После превращения последних в трехмерный полимер молекулы цепного полимера, как уже было сказано, оказываются вовлеченными в общую структуру трехмерного полимера по аналогии с металлической арматурой железобетона.

Такое «армирование» может осуществляться несколькими путями. Основные из них:

1. Макроармирование, которое представляет собою введение прочных и атмосферостойчивых волокнистых материалов в низкомолекулярные, механически малопрочные пленкообразователи; примером может служить применение в красках волокон асбеста.

2. Молекулярное армирование насыщенными полимерами; оно представляет собою введение растворов насыщенных высокомолекулярных линейных полимеров в низкомолекулярный непревращающийся или превращающийся в трехмер пленкообразователь. При этом, естественно, необходима взаимная растворимость линейного полимера в низкомолекулярном компоненте при всех концентрациях, имеющих место как в растворе, так и в высохшей пленке.

6. МНОГОСЛОЙНЫЕ РАЗНОРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Применяемые в технике покрытия редко бывают однослойными, так как лакокрасочный материал не может дать при однократном нанесении ровное беспористое покрытие. С увеличением числа слоев сплошность покрытия увеличивается.

Путем исследования установлено, что вполне беспористое покрытие из обычных лаков или красок получается при 5—6 слоях.

Эта цифра, понятно, может изменяться в зависимости от метода покрытия, качества материалов и фактуры окрашиваемой поверхности.

Определенная толщина покрытия может быть достигнута нанесением большого числа тонких слоев, либо нескольких толстых слоев лака или краски. Однако известно, что при применении масляных и других окисляющихся пленкообразователей реакция окисления, а следовательно и пленкообразования, идет с поверхности и глубина реакции тем больше, чем больше удельная поверхность пленки на 1 *г* масла. Удельная же поверхность растет по мере уменьшения толщины пленки. Поэтому следует применять тонкие слои. В толстых слоях скорость образования пленки замедляется,

В случае термопластичных смол, содержащих летучие растворители, также рекомендуют применять тонкие слои лаков и красок, так как в толстых слоях замедляется диффузия паров растворителя.

Как указывалось ранее, многослойные покрытия, полученные из какого-либо одного пленкообразователя, обычно имеют высокие показатели по одному или нескольким техническим свойствам. По другим техническим свойствам такие покрытия дают низкие показатели.

Из всего изложенного вытекает, что универсальных пленкообразователей не существует. Не только однослойное, но и многослойное покрытие из одних и тех же пленкообразователей не может обеспечить высокой эффективности.

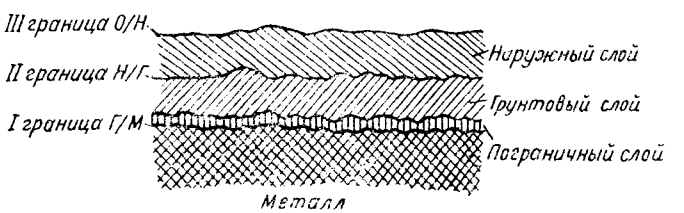


Рис. 36. Схема многослойного разнородного покрытия

Широко применяемый в современной технике принцип получения покрытий из различных лаков и красок, для краткости называемый «принципом многослойных разнородных покрытий», основывается на таком подборе различных материалов для отдельных слоев покрытия, который дает возможность в каждом слое в максимальной степени использовать наиболее важные для данного слоя технические свойства материала. Например, перхлорвиниловые покрытия отличаются значительной прочностью на разрыв, пластичностью и химической стойкостью и в то же время крайне низкой прилипаемостью. Покрытие на основе глифталево-масляного лака обладает высоким показателем прилипания, но по сравнению с перхлорвиниловыми лаками имеет низкие показатели прочности на разрыв и химической стойкости. Многослойное разнородное покрытие, состоящее из масляно-глифталевой грунтовки и перхлорвинилового лака, отличается хорошей прилипаемостью и химической стойкостью.

Рассмотрим условия эксплуатации грунтового и наружных слоев покрытия (рис. 36). Грунтовой слой должен хорошо прилипать к окрашиваемой поверхности на границе Г/М; кроме того, он должен быть достаточно водонепроницаемым, поскольку прошедшие через наружный слой влага и растворы электролитов будут на него действовать. Если грунтовка водопроницаема, то

вода будет проникать через нее к «пограничному слою» и разрушать эту основу защитного покрытия.

Наружный слой должен обладать механической прочностью и химической устойчивостью. Он не должен прилипать непосредственно к окрашиваемой поверхности, поскольку его наносят на высохший грунтовой или промежуточные слои. От него требуется слипание с нижним слоем, что обеспечивается растворителями, вызывающими поверхностное растворение нижнего слоя. При совместимости пленкообразователей обоих слоев это обеспечивает диффузное перемешивание молекул вещества нижнего слоя с молекулами вещества наружного слоя и самослипание на границе Н/Г.

Под самослипаниями двух высокомолекулярных веществ понимают способность приведенных в соприкосновение поверхно-

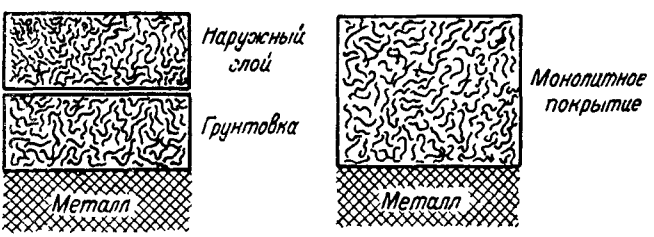


Рис. 37. Коалесценция при самослипании высокомолекулярных веществ

стей высокомолекулярных веществ давать прочную связь, препятствующую их разъединению по месту контакта. Для самослипания требуется, чтобы при соприкосновении поверхностей двух веществ происходило достаточное перемешивание их молекул, т. е. коалесценция [6]. Понятно, что вещества должны при этом иметь какой-то минимум механической прочности. Высокомолекулярные вещества не сразу подвергаются самослипанию, поскольку для контакта и перемешивания их молекул или их звеньев требуется длительное время, зависящее от условий слипания и состава продукта.

Находящиеся в тепловом движении концы или участки молекулярных цепей, расположенных на поверхности одного слоя, проникают в поверхность другого слоя.

На рис. 37 изображена схема самослипания двух слоев покрытия путем коалесценции. Прямое влияние на самослипание оказывает вязкость (последняя должна быть в пределах 100—10000 пуаз). При рассмотрении самослипания жидких лаков и красок с высохшими нижними слоями следует обратить

внимание, что при их высыхании вязкость непрерывно растет, достигая для твердой пленки больших значений. Вязкость же вещества на поверхности нижнего слоя, смоченного растворителем верхнего жидкого слоя, сначала падает, достигает известного минимума и затем по мере высыхания всего покрытия снова растет.

Рост факторов, облегчающих тепловое движение, а именно: рост активности растворителей и пластификаторов верхнего и нижнего слоев, повышение температуры и т. п., усиливает самослипание. Факторы, препятствующие такому движению, а именно: понижение температуры, ориентация цепных молекул, сшивающих цепей и т. п., ухудшают условия самослипания.

Глубокое превращение молекул нижнего слоя в трехмерный полимер («пересушка») до нанесения верхнего слоя служит серьезным препятствием проникновению молекул верхнего слоя или их звеньев в нижний слой, а следовательно, и причиной плохого самослипания. Поэтому в ряде случаев для улучшения самослипания целесообразно не досушивать грунтовку или другие нижние слои. В недосушенной грунтовке еще не успел глубоко пройти процесс сшивки, а кроме того, еще могут находиться остатки растворителя, благоприятно действующие на самослипание.

Отклонение от этого общего правила наблюдается в тех случаях, когда пленкообразователи верхнего и нижнего слоев не совместимы друг с другом. При этих условиях даже наличие общего растворителя не приводит к самослипанию (например, покрытие из нитроцеллюлозы и перхлорвинила).

Для прилипания таких слоев друг к другу необходимо введение общих нелетучих модификаторов, обеспечивающих самослипание и после испарения летучих растворителей. Однако эта задача более сложная и не всегда разрешимая.

Наружный слой должен обладать высокой устойчивостью к действию окружающей среды. В особой мере требуется устойчивость к действию лучистой энергии, чаще всего солнечного света. Действие окружающей среды, например кислорода воздуха, на поверхности ускоряется светом. Понятно, что это действие ослабевает по мере удаления от поверхности в глубь покрытия.

В соответствии с этими положениями должен производиться и подбор пленкообразователей для грунтовок, а также для лаков и красок наружного слоя.

Для грунтовки следует выбирать низкомолекулярные естественные или конденсационные смолы, модифицированные маслами, которые в момент нанесения хорошо прилипают, а превратившись в трехмер, создают препятствие к проникновению воды к пограничному слою. Можно выбирать и другие пленкообразователи, превращающиеся в трехмерный полимер при высыхании;

при этом может быть использован любой механизм этого превращения.

Для наружного слоя следует выбирать насыщенные высокомолекулярные линейные полимеры или материалы, превращающиеся в процессе высыхания в трехмерный полимер. Для наибольшей устойчивости к действию окружающей среды необходимо стремиться к тому, чтобы после превращения в покрытии оставался минимум функциональных реакционноспособных групп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Торопов и К. С. Евстропьев, Химия кремния и физическая химия силикатов, Госпромстройиздат, 1950.
2. С. Алфрей, Физика высокополимеров, ИЛ, 1953.
3. А. П. Александров, ЖТФ, **IX**, вып. 14, 1949 (1939); W. Kuhn, J. Polymer Science, **X**, Vol. 1, № 5, 380 (1946).
4. А. П. Александров, Труды I и II конференций по высокомолекулярным соединениям, стр. 40 (1945).
5. В. В. Коршак, Химия высокомолекулярных соединений, Изд. АН СССР, 1950.
6. С. С. Воюцкий, Ю. Л. Марголина, Успехи химии, № 4, 449 (1949).
7. И. Х. Дилон, Усталостные явления в высокополимерах, Госхимиздат, 1957.

Глава V

СТАРЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

1. СУЩНОСТЬ СТАРЕНИЯ

При длительной службе лакокрасочных покрытий происходят существенные изменения их физических и химических свойств, называемые общим термином старение.

Процессы старения состоят в основном из параллельно идущих химических процессов: деструкции и структурирования (полимеризации). Под деструкцией обычно понимают процессы, приводящие к уменьшению длины цепей или вообще размеров макромолекул. Если полимеризация наблюдается далеко не у всех типов пленкообразователей, то деструкция характеризует процессы старения всех органических пленкообразователей.

Высокомолекулярные соединения разделяются на группы, отличные по своему поведению при действии реагентов, вызывающих деструкцию. Это, во-первых, группа высокополимерных соединений, у которых макромолекула представляет собой углеродную цепь, и, во-вторых, группа продуктов поликонденсации, у которых в структуру молекулярной цепи кроме углерода входят атомы кислорода, азота и других элементов. К первой группе соединений относятся полистирол, каучук, поливинилхлорид, поливинилацетат и т. п.; примером второй группы соединений являются полиэфиры, полиамиды, белки, целлюлоза. Соединения первой группы разрушаются главным образом при термическом воздействии, в то время как соединения второй группы также чувствительны и к действию химических реагентов, из которых наиболее важно действие кислорода.

Деструкция высокомолекулярных соединений вызывается действием различных физических или химических факторов. Различают следующие основные виды деструкции, происходящей под действием физических факторов:

1) термическая — действие тепла;

2) фотохимическая — действие света;

3) механическая — механическое раздробление; деструкцию вызывает также действие электричества и ультразвука.

При воздействии химических реагентов различают следующие виды деструкции:

1) окислительная — при действии окислителей и в первую очередь кислорода воздуха;

2) гидролитическая — при действии воды, кислот, спиртов, щелочей и т. п. агентов, вызывающих гидролиз; имеют место и другие виды деструкции.

Старение покрытий происходит главным образом под влиянием кислорода воздуха, усиливаемое воздействием света, тепла и воды. По этой причине в атмосферных условиях сразу происходят окислительная и гидролитическая деструкции. Учитывая, что деструкция происходит с поверхности пленок, скорость этих процессов должна расти с увеличением удельной поверхности пленки.

Уменьшение размеров молекул при деструкции сопровождается изменением всех свойств, зависящих от длины цепей и молекулярного веса. При деструкции снижаются: вязкость растворов, температура плавления, механическая прочность, эластичность; увеличивается растворимость.

При полимеризации цепного типа повышаются: вязкость растворов, температура плавления, механическая прочность, твердость, эластичность и уменьшается растворимость. Трехмерная полимеризация, часто сопровождающая старение покрытий, ведет к получению более жесткой пространственной решетки, в результате чего уменьшается эластичность и растяжимость. Покрытие становится более хрупким, несмотря на рост сопротивления на разрыв и твердость. Температура плавления покрытия повышается, а растворимость падает.

Процесс старения не может быть исчерпывающе охарактеризован каким-либо одним из показателей, — здесь требуется определение изменения комплекса физических и химических свойств

2. ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ И СТАРЕНИЕ НА ВОЗДУХЕ

Устойчивость пленкообразователей в атмосферных условиях от 10 до 50 раз меньше, чем в помещении.

Это происходит потому, что в атмосферных условиях, кроме кислорода воздуха (действующего на пленку также и в помещениях), на пленку действуют такие мощные факторы деструкции, как ультрафиолетовые лучи, вода и частая перемена температуры. Любопытно, что в темноте деструкция может останавливаться. На рис. 38 показана деструкция полистирола на свету и в темноте.

Устойчивость к окислительной деструкции, усиливаемой фотохимическим действием света, в первую очередь зависит от наличия в молекулах пленкообразователей легко окисляющихся

групп. Такие группы встречаются и среди низкомолекулярных соединений (например, у канифоли) и у высокомолекулярных как цепного (например, синтетического каучука), так и трехмерного строения [1] (например, у высоконенасыщенных масел).

Наиболее устойчивы насыщенные полимеры карбоцепного строения, в том числе имеющие заместителями фтор и хлор. Неустойчивы к окислению соединения, имеющие в цепи двойные связи, а также альдегидные и гидроксильные группы. Трехмерные полимеры тем менее устойчивы, чем больше сохранилось в них неиспользованных двойных связей. Менее устойчивы к окислению гетероцепные полимеры (целлюлоза, белки, полиамиды). Эфирные группы к окислению весьма устойчивы, но разрушаются при гидролизе и нагревании.

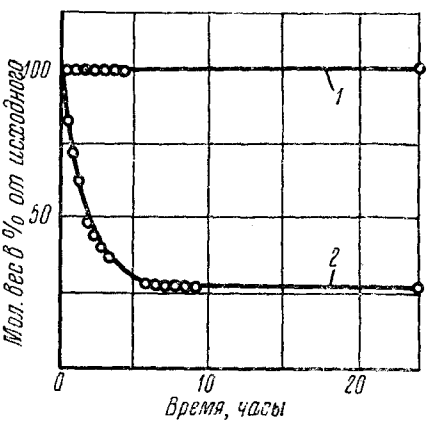


Рис. 38. Деструкция полистирола с молекулярным весом 180 000 при действии монохлористой серы:
1 — в темноте; *2* — на свету

Действие кислорода воздуха на полимеры можно проследить на примере окислительной деструкции каучуков, протекающей аналогично деструкции масляных пленок [1]. Окисление идет по месту α-метиленовых групп и затем двойных связей.

Первичной реакцией, как и в случае высыхания масел, является получение перекисей или гидроперекисей α-метиленовых групп, образующих радикалы за счет активации молекул кислорода свободной энергией ненасыщенных связей $O_2 \rightarrow {}^{\cdot}O—O^{\cdot}$. Дальнейшее окисление ведет к деструкции с образованием альдегидов, кетонов и кислот [2]

$$\ldots—CH_2—CH=CH—\ldots + O_2 \longrightarrow$$
$$\longrightarrow \ldots—CH(OOH)—CH=CH—\ldots + {}^1/_2O_2 \longrightarrow$$
$$\longrightarrow \ldots—CH(OH)—CHO + OCH—\ldots + 1{}^1/_2O_2 \longrightarrow$$
$$\longrightarrow \ldots—COOH + HCOOH + HOCO—\ldots$$

Перекиси также могут разлагаться с обрывом цепи [3]

$$\ldots—CH=CH—\ldots + O_2 \longrightarrow \ldots—\underset{\displaystyle O—O}{\overset{|}{CH}}—\underset{|}{CH}—\ldots— \longrightarrow \ldots—\underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{CH}} + \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{CH}}—\ldots$$

Наряду с процессами деструкции под действием гидроперекисей (ROOH) протекают также полимеризационные процессы сшивания



Как уже указывалось, при повышении температуры возрастает скорость процессов полимеризации и сшивания. Чем выше температура, тем меньше требуется кислорода для превращения в трехмерный полимер.

На окислительную деструкцию огромное влияние оказывают другие компоненты пленки, в особенности сиккативы и пигменты. Сиккативы являются ускорителями старения; так же действуют и пигменты основного характера (цинковые белила, глет и т. п.).

Окислительная деструкция насыщенных карбоцепных полимеров, например полистирола [5], протекает со значительной скоростью лишь при высоких температурах. При обычных температурах окислительная деструкция в таких полимерах идет крайне медленно, так как фенильная группа устойчива к окислению.

Целлюлоза и ее эфиры при действии кислорода превращаются в так называемые оксицеллюлозы [6]. Механизм окислительной деструкции целлюлозы заключается в окислении гидроксильных групп у 2, 3 и 6 атомов углерода в альдегидные группы, с одновременным разрывом С—С-связей.

3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ И СТАРЕНИЕ ПРИ НАГРЕВАНИИ

Органические покрытия обладают ограниченной термостойкостью. Наивысший предел допустимой эксплуатационной температуры лежит около 200—250°. Лишь в некоторых случаях (кремне- и титанорганические покрытия) удается достигнуть длительной устойчивости при более высоких температурах.

Пребывание при низких температурах без механических воздействий обычно способствует долговечности покрытий, так как химические процессы старения замедляются. Деформация же покрытий при низких температурах в большинстве случаев быстро приводит к их разрушению. Это наблюдается особенно наглядно тогда, когда температура эксперимента ниже температуры застекловывания покрытия [7], т. е. температуры, при которой покрытие приобретает стеклообразную хрупкость.

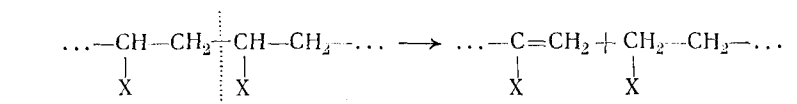
Термическая деструкция имеет значение не только для специальных жаростойких покрытий, но и для ряда покрытий, эксплуатирующихся в атмосферных условиях южных широт.

С повышением температуры степень деструкции увеличивается, причем в наибольшей степени она заметна у высших полимеров.

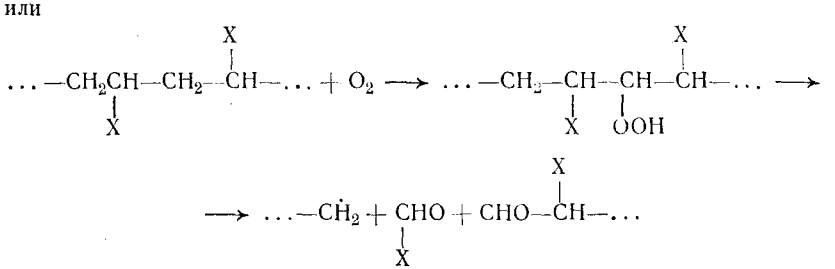
Ниже приведены температуры глубокой или полной деструкции для ряда полимеров [14]

Вещество	Формула	Температура полной деструкции, °С
Поливинилхлорид	$(-CH_2-CHCl-)_x$	150
Полихлоропрен	$(-CH_2-CCl=CH-CH_2-)_x$	244
Полибутадиен	$(-CH_2CH=CHCH_2-)_x$	220
Полиметилметакрилат	$[-CH_2-(CH_3)\,C(COOCH_3)-]_x$	300
Полистирол	$[(-C_6H_5)-CH-CH_2-]_x$	300
Политрифторхлорэтилен	$(-CF_2-CFCl-)_x$	400

В общем виде схемы деструкции для винильных полимеров могут быть изображены следующим образом [8]:

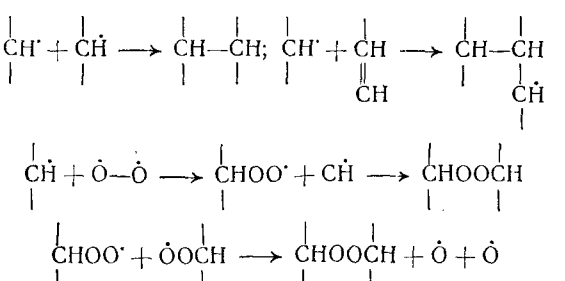


или



Вторая схема предусматривает также и окисление.

Наряду с процессами деструкции при нагревании происходят и процессы структурирования как за счет образующихся мономеров, так и путем сшивания полимеров по следующим общим схемам:



Между скоростями процессов полимеризации и деструкции при определенной температуре устанавливается постоянное соотношение.

В реальных условиях тепловое старение пленкообразователей происходит в атмосфере воздуха и поэтому сочетается с окислительной деструкцией. При этом с повышением температуры на каждые 10° скорость деструкции примерно удваивается.

Наряду с образованием мономеров и деструктированных молекул полимера при термической деструкции в атмосфере воздуха образуются те же побочные низкомолекулярные продукты, что и в случае окислительной деструкции.

Наиболее устойчивы к термической деструкции силоксановые полимеры, имеющие строение цепи ...—Si—O—Si—..., или цепные полимеры, содержащие фтор. Имеются пленкообразователи этих типов, у которых деструкция мало наблюдается даже при температуре около 400°.

4. ПРОЧИЕ ВИДЫ ДЕСТРУКЦИИ

Огромное влияние на старение оказывает спектральный состав света, которым облучают покрытия. Наиболее активное старение и деструкцию органической части покрытий вызывают в присутствии кислорода воздуха ультрафиолетовые лучи. Длительное нагревание в инфракрасных лучах также способствует старению. Для большинства типов покрытий солнечный свет является наиболее агрессивным из всех прочих факторов, действующих на покрытие в атмосферных условиях.

Деструкция под действием только света в практических условиях не наблюдается, так как всегда накладывается действие таких факторов, как кислород воздуха и тепло. Деструкция увеличивается с увеличением интенсивности и длительности облучения. Особенно активно действуют ультрафиолетовые лучи с длиной волны короче 4000 Å и лучи солнца.

Известно, что ультрафиолетовое излучение солнца является самым активным фактором, действующим на покрытия на основе растительных масел. Наиболее активно действующее излучение соответствует длине волн света в пределах около 3000 Å.

Поглощение света пленками зависит как от природы пленкообразователя, так и от характера пигментов. Чем менее проницаемы для света находящиеся в покрытии пигменты, тем лучше защищен пленкообразователь от действия света. С этой точки зрения интерес представляет светопроницаемость наиболее распространенных белых пигментов для лучей ультрафиолетового участка спектра. Как видно из табл. 8 [12], светопроницаемость таких пигментов изменяется от 0 до 69% (при толщине слоя 0,9 *мк*).

Следует заметить, что не всегда хорошее поглощение ультрафиолетовых лучей наружными слоями пленки способствует за-

медлению деструкции в нижних слоях. Иногда более успешные результаты наблюдаются в случае применения пигментов, отражающих ультрафиолетовые и тепловые лучи.

ТАБЛИЦА 8

Светопроницаемость белых пигментов (%)

Пигмент	Длина волны, Å					
	4358	4047	3655	3342	3131	3023
Свинцовые белила . . .	69	66	61	57,5	55	54
Литопон (32%)	50	43,5	31	20	12	8
Двуокись титана	35	32	18	6	0,5	0
Цинковые белила . . .	44	38	0	0	0	0
Сернистый цинк	30	28	22	10,5	0	0
Тяжелый шпат	68	67	65	64,5	64	53,5
Мел	71	79	68	67	66	65,5

Такой эффект дает, например, применение в покрытиях алюминиевой пудры, частицы которой имеют чешуйчатое строение, непроницаемы для ультрафиолетовых лучей и отражают их [10]. Таким образом, для удлинения срока службы покрытия прежде всего необходимо не допускать действия ультрафиолетовых лучей на органический материал [11], что можно осуществить применением как отражающих, «экранирующих» пигментов, так и пигментов, не пропускающих ультрафиолетовые лучи (например, сажи). Однако применяемые пигменты сами по себе (в результате взаимодействия с пленкообразователем) не должны способствовать его разрушению.

Самое сильное действие на нитроцеллюлозные пленки оказывают волны, имеющие длину 2900—3250 Å, несмотря на то, что они составляют лишь 0,24% общего солнечного излучения. Ультрафиолетовое излучение, а также тепло вызывают деполимеризацию нитроцеллюлозы, понижают содержание азота, повышают иодное и кислотное числа. Разрушение покрытия начинается с поверхности. Наиболее интенсивное выделение азота происходит у тонких пленок, с увеличением толщины пленки процент выделившегося азота уменьшается. В результате разрушения падают прочность и предельное растяжение пленок, нарушается совместимость отдельных компонентов или фракций, и пленки мутнеют.

Гидролитическая деструкция может протекать у покрытий, состоящих из простых и сложных полиэфиров, полиуретанов и полиамидов, эксплуатируемых в воде и различных растворах. В морских или атмосферных условиях гидролиз может быть вызван длительным пребыванием в воде.

В общем виде схема гидролитической деструкции может быть изображена следующим образом:

$$\ldots\text{—ROCOR'O—COR''—}\ldots \xrightarrow{+H-OH} \ldots\text{—ROCOR'OH} + \text{HOCOR''}$$

Процесс гидролиза зависит от строения продукта гидролизующего реагента и режима процесса деструкции.

Деструкция в воде зависит от чувствительности отдельных видов связей к омылению. По уменьшению степени их чувствительности к омылению различные связи можно расположить примерно следующим образом [13]:

—CH—C— | O— Ацетальная	—CO—NH— Амидная	—CO—O— Сложно-эфирная	—O— Простая эфирная

Атмосферостойкость покрытия находится в прямой зависимости от его устойчивости к деструкции. Эта устойчивость увеличивается по мере уменьшения химической активности пленкообразователя. Более инертные (например, карбоцепные) пленкообразователи служат в покрытиях дольше. Среди последних наиболее устойчивыми являются те соединения, которые обладают насыщенной углеродной цепью и не имеют легкоподвижных заместителей, например полиэтилен, полиизобутилен, или в том случае, когда заместителем является фтор — политетрафторэтилен.

Устойчивость же перхлорвинила зависит как от степени замещения хлором, так и от тщательности удаления остатков HCl, следов железа и других примесей, как это хорошо известно из практики применения перхлорвиниловых лаков.

Все эти соединения при удачном выборе грунтовки дают весьма атмосферостойкие покрытия, разрушаемые только при высоких температурах.

В то же время эти соединения плохо растворимы и плохо прилипают. Подбором грунтовки удается преодолеть последний недостаток. В ряде случаев, учитывая плохую растворимость, покрытие наносят в расплавленном состоянии без растворителя (полиэтилен) так называемым «пламенным» методом.

Алкидные и масляные покрытия легко омыляются растворами щелочей и кислот по месту сложно-эфирных связей. Поэтому они мало пригодны для изготовления химическистойких покрытий.

Однако эти покрытия широко применяются в атмосферных условиях. Их стойкость в атмосферных условиях объясняется превращением значительной части исходного низкомолекулярного вещества в трехмерный полимер, что связано с уменьшением числа функциональных групп и гигантским ростом молекулярного веса. Несмотря на происходящее превращение в покрытии еще сохраняется значительный процент различных функциональ-

ных групп, по месту которых собственно и протекают в первую очередь процессы деструкции.

Необходимо отметить, что такие часто определяемые показатели, как набухание пленки в воде, водопроницаемость и паропроницаемость, не связаны друг с другом. При низкой степени набухания пленки иногда отличаются высокой проницаемостью для воды (например, эфиры целлюлозы) или при высокой степени набухания мало проницаемы (масляные пленки). Часто об устойчивости покрытия к воде судят по внешнему виду, отмечая продолжительность выдержки покрытия в воде до появления первых следов его разрушения (матовость, побеление, вспучивание). В общем это свойство отражает, с одной стороны, набухание и растворимость пленки в рассматриваемой жидкости, с другой — химическое взаимодействие вещества пленки с жидкостью, например гидролитическую деструкцию.

5. СТАРЕНИЕ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В РАСТВОРАХ ПРИ ХРАНЕНИИ КРАСОК

Механизм старения в этом случае похож на механизм старения в пленках, но отличается определенными условиями старения. Во-первых, доступ кислорода к полимерам в растворах затруднен; удельная поверхность окисления часто ограничена «зеркалом» жидкости в сосуде. Во-вторых, молекулы полимера окружены молекулами растворителя, играющими большую роль в элементарных процессах обрыва цепи. Поэтому выбор растворителя существенно влияет на скорость и глубину деструкции.

При деструкции полимеров в растворах наблюдается сильное падение вязкости последних. На свету и при нагревании деструкция ускоряется. Деструкция в растворах ограничивает сроки хранения лаков. Так, например, для нитроцеллюлозных лаков срок хранения ограничивается годом. При хранении красок пигменты также воздействуют на пленкообразователь. При наличии основных пигментов и пленкообразователя, содержащего COOH-группы, происходит мылообразование, а так как пигментами являются окислы дву- и трехвалентных металлов, то со временем образуются нерастворимые трехмерные полимеры, где сшивающим агентом являются окислы многовалентных металлов.

При старении лаков из полимеров или эфиров целлюлозы наблюдается падение вязкости, происходящее вначале быстро, а затем постепенно замедляясь. Вязкость падает вследствие процесса деполимеризации.

На скорость падения вязкости при старении, кроме того, большое влияние оказывает как концентрация лака, так и его абсолютная вязкость. Однако оба эти фактора действуют не одинаково. Увеличение вязкости за счет изменения состава раствори-

телей уменьшает скорость падения вязкости, а увеличение вязкости путем повышения концентрации эфира целлюлозы ускоряет процесс падения вязкости [14].

Электролиты, находящиеся в растворах, в сильной мере влияют на их стабильность. Наиболее часто электролиты вызывают усиленную деполимеризацию, однако иногда они ведут к превращению в трехмерный полимер.

Соли тяжелых металлов, например свинца, глета, соли ртути и др., вызывают свертывание; щелочи, соли щелочных металлов и слабых кислот — деполимеризацию.

При действии электролитов существенную роль играет температура. Падение вязкости при введении электролита и нагревании тем значительнее, чем выше температура. В случае масляных лаков и красок, за счет окисления и полимеризации наблюдается повышение вязкости, структурирование и даже переход в нерастворимый гель. Хорошо предохраняет в этом случае заливка красок водой.

6. СТАРЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Следует различать старение пленки покрытия и изменение антикоррозионных свойств этого же покрытия на металле. Не всегда медленное старение самой пленки сопровождается медленным изменением антикоррозионных свойств, так как иногда при хорошем состоянии пленки начинает развиваться подпленочная коррозия.

Как указывалось, старение пленок состоит в основном из процесса деструкции и полимеризации, главным образом трехмерной полимеризации и взаимодействия с пигментами, ведущего к сшиванию.

При одинаковых условиях экспозиции пленки склонность ее к деструкции обусловливается строением молекул пленкообразователя и главным образом их устойчивостью к окислению.

Легко окисляемые низкомолекулярные соединения, например канифоль, битумы, продукты окисления нефтяных углеводородов, конденсационные не превращенные в трехмерный полимер смолы, сравнительно быстро подвергаются деструкции. Образующиеся низкомолекулярные продукты деструкции испаряются и вымываются и вследствие нарушения межмолекулярных связей пленки растрескиваются. Растрескивание увеличивается вследствие напряженного состояния пленки и уменьшения ее прочности в результате деструкции.

Процессы трехмерной полимеризации, как уже было указано, увеличивают твердость и прочность пленки на разрыв, но при этом сильно уменьшается ее эластичность и пластичность, и при небольших деформациях пленка начинает также растрески-

ваться. Масляные покрытия представляют собою наиболее распространенный пример покрытий, старение которых сопровождается параллельно идущими процессами полимеризации.

Вряд ли можно сомневаться, что первоначальным фактором, обусловливающим разрушение, являются перекиси.

Перекиси образуются в маслах в результате фотохимической активации молекул масла, причем наиболее интенсивное образование перекисей наблюдается в ультрафиолетовой области спектра. Получаемые молекулы перекисей при старении дают продукты как более глубокого распада масел, так и углубленной трехмерной полимеризации. Низкомолекулярные продукты глубокой деструкции испаряются из пленки, что связано со значительной потерей ее веса. Углубление трехмерной полимеризации ведет к росту твердости и хрупкости пленок и в дальнейшем к их растрескиванию в результате различных деформаций. Исследование разрушения масляных покрытий как в атмосферных, так и в искусственных условиях [15] подтверждает, что старение масляных пленок, являющееся продолжением процесса высыхания, в основном идет за счет окислительного действия кислорода.

В процессе старения свойства покрытия могут характеризоваться 1) изменением их противокоррозионных свойств, 2) изменениями, происходящими в самой пленке. Как уже указывалось, скорости этих изменений могут не совпадать.

На различных стадиях старения пленки появляются следующие признаки изменения ее свойств: потеря в весе, снижение растворимости, потеря эластичности, уменьшение сопротивления на удар и на изгиб, повышение твердости и изменение внешнего вида пленки, в том числе появление матовости и растрескивания.

Скорость высыхания масляных пленок, т. е. скорость их перехода в трехмерный полимер, увеличивается с ростом атомности спирта и с разветвленностью его строения. Так, например, пентаэритритовые эфиры высыхают быстрее соответствующих им глицериновых эфиров. Скорость же старения пленок зависит от их удельной функциональности, т. е. чем меньше ненасыщенность жирных кислот, тем долговечнее высохшие покрытия в атмосферных условиях. Скорость старения трехмерных полимеров увеличивается по мере роста удельной функциональности исходных мономеров (за счет двойных связей) и при уменьшении глубины реакции функциональных групп в процессе высыхания.

Медленно стареющими оказались пленки олифы из пентаэритритовых эфиров кислот хлопкового масла.

Низкомолекулярные смолы, например канифоль, весьма активны с химической точки зрения; кислоты канифоли неустойчивы к окислению, вследствие чего в атмосферных условиях быстро наступает окислительная деструкция.

Битумы также имеют невысокий средний молекулярный вес и содержат много неустойчивых к окислению и действию света соединений, обусловливающих быструю деструкцию.

Безмасляные суррогаты олифы на основе продуктов окисления или термообработки фракций нефти, каменноугольного дегтя и сланцевой смолы, отличаясь друг от друга по малярнотехническим свойствам, также имеют одну общую тенденцию усиленно стареть в результате окисления под влиянием солнечных лучей. По этой причине применение таких продуктов для наружных покрытий затруднено. Использование же их для окраски внутри помещений, где пленка изолирована от действия ультрафиолетовых лучей, — целесообразно.

Структурные превращения, протекающие при старении покрытий на основе высокополимеров, связаны с релаксацией цепей. Понятно, что структурные превращения могут происходить лишь у анизотропных или плоскостно ориентированных пленок.

Повышение температуры, набухание пленок, в частности в результате повышенной влажности среды, способствуют большей свободе цепей или звеньев и, следовательно, более быстрой релаксации. Если пленкообразование не закончилось релаксационными процессами и пленки обладают анизотропной или плоскостно ориентированной структурой, возникает усадка, приводящая иногда к растрескиванию пленки. Это часто наблюдается у нитролаков и нитрокрасок.

При старении пленка иногда мутнеет. Это связано с возникновением вторичных структурных образований, т. е. с переходом застеклованного раствора в коллоидную многофазную систему. Такие образования возникают от ряда причин: проникновения влаги и «выпадения» более нерастворимых в воде фракций; потери совместимости компонентов пленки, например пластификатора и пленкообразователя в результате испарения остатков летучего растворителя или летучей части пленкообразователя; механических деформаций, частично разрушивших застеклованный раствор, и т. д.

Продукты глубокой деструкции являются обычно кристаллическими; их скопление в пленке повышает ее хрупкость.

Среди органических высокомолекулярных веществ, составляющих покрытия, устойчивость самой пленки к химическим реакциям при старении в атмосферных условиях уменьшается в следующем порядке:

1) соединения, в значительной степени перешедшие в трехмерный полимер, сохранившие при этом минимум функциональных групп;

2) высокомолекулярные цепные соединения, насыщенные (например, перхлорвинил) или сохранившие небольшое количество функциональных групп (например, бутилкаучук);

3) соединения, частично перешедшие в трехмерный полимер, сохранившие большое количество функциональных групп (например, пленки высыхающих растительных масел);

4) высокомолекулярные цепные соединения, сохранившие в покрытии большое количество функциональных групп (каучук);

5) низкомолекулярные соединения (битумы, оксикарбоновые кислоты и их производные, канифоль и т. п.).

7. ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ИХ АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬ

Для практических целей наиболее важной характеристикой покрытий является срок их службы, т. е. тот срок, в течение которого покрытие защищает металл в эксплуатационных условиях от коррозии, например в наиболее распространенных атмосферных условиях. Атмосферостойкость покрытия — чрезвычайно сложный показатель, зависящий почти от всех перечисленных механических и физико-химических свойств покрытия. Обычно атмосферостойкость выражается условно по 10-балльной шкале [16], либо по продолжительности службы покрытия до появления первых признаков его разрушения, либо, наконец, по проценту поверхности металла, подвергнувшейся коррозии после заданной выдержки в атмосферных условиях [17].

Для экспериментов часто используют различные аппараты для искусственного старения, усиливающие некоторые атмосферные факторы, например облучение, обрызгивание водой, нагревание [18]; другие факторы, действующие в атмосферных условиях, например концентрацию кислорода в воздухе, они, однако, не усиливают.

Искусственное воздействие атмосферы качественно отличается от естественного, поскольку многие факторы атмосферного воздействия затруднительно воспроизвести. По этой причине на основании ускоренных испытаний еще нельзя выносить окончательных заключений об атмосферостойкости, — они дают лишь предварительную характеристику этого свойства покрытий.

Нельзя также делать выводов об атмосферостойкости покрытия на основании изучения его отдельных механических или физико-химических свойств. Часто при этом здесь впадают в ошибку, ориентируясь, например, на водостойкость. Между тем высокая водостойкость далеко не всегда соответствует удовлетворительной атмосферостойкости, ибо основными разрушающими факторами в условиях атмосферы являются солнечный свет и окисление.

Атмосферостойкость покрытий предлагается условно исчислять до появления на двуслойном покрытии коррозии на 10% поверхности образца, что соответствует баллу 4 по десятибалльной

шкале (19) и выражать соответственно в месяцах для атмосферных условий и в часах для ускоренных испытаний. Однако до сих пор в технических условиях не придается должного внимания вопросам о сроках службы покрытия [20].

Технические условия на лаки и краски наряду с характеристиками разнообразных технических свойств лаков и красок должны содержать указания на относительную атмосфероустойчивость или хотя бы на класс атмосфероустойчивости. При исследованиях атмосфероустойчивости [20] испытания необходимо продолжать до установления хотя бы примерного срока службы покрытия.

Атмосфероустойчивость покрытий зависит от следующих факторов:

1) характера металла и подготовки его поверхности к окраске;
2) химической стойкости и ингибитивного действия пигментов;
3) прилипания покрытия к поверхности металла;
4) устойчивости органического вещества пленки к действию окружающей среды.

Опыт показывает, что главной причиной разрушения органического пленкообразователя являются кислород воздуха и вода, действие которых во много раз усиливается под влиянием солнечных лучей и частой смены температуры. В свою очередь, атмосфероустойчивость органического вещества пленки, как указывалось, обусловливается строением и размерами его молекул после высыхания пленки.

Для высокой атмосфероустойчивости самой пленки, последняя должна быть химически инертна, а для обеспечения хорошего прилипания химически активна, что связано в большинстве случаев с химической неустойчивостью в атмосферных условиях. Выход из этого противоречия, как было указано в гл. IV, имеется в случае применения разнородных покрытий, в которых химически активной является грунтовка, а инертным — наружное покрытие, или в случае применения превращаемых в трехмер пленкообразователей. Например, применение химически активных высыхающих масел основано как на их взаимодействии с металлом, так и на превращении в трехмерный полимер. При этом переходе химическая активность масел уменьшается, но в покрытии остается еще большее количество активных функциональных групп.

Если в случае непревращаемых в процессе высыхания пленкообразователей свойства покрытий определяются свойствами пленкообразователей, то у превращаемых свойства покрытий определяются также и условиями самого процесса и зависят от химической природы образующихся продуктов.

Хорошая устойчивость и отличное прилипание наблюдаются в покрытии, которое перешло в трехмерный полимер. При этом

устойчивость будет тем выше, чем выше процент трехмерного полимера и чем меньше сохранилось в покрытии функциональных реакционноспособных групп.

Несомненно целесообразно в многослойном разнородном покрытии, полученном в основном из непревращаемых при высыхании пленкообразователей, применять в качестве грунта материал, превращающийся в трехмерный полимер. В этом случае устойчивость покрытия в целом также будет увеличиваться по мере превращения пленкообразователя грунта в трехмерный полимер и уменьшения количества не вошедших в реакцию функциональных групп.

Устойчивость наружного слоя покрытия из непревращаемых цепных полимеров увеличивается с ростом молекулярного веса последних и с уменьшением содержания в них реакционноспособных групп. Низкомолекулярные непревращаемые пленкообразователи или добавки снижают атмосферостойкость.

Примерная продолжительность антикоррозийной службы в атмосферных условиях однородных двуслойных покрытий, пигментированных железным суриком по листовой стали «3» [21] на основе битумов (средний мол. вес < 1000) — до года; на основе фенольных и глифталевых непревращаемых смол (мол. вес < 1000) — около полугода; большинство высокомолекулярных непревращаемых (с мол. вес. > 20000) полимеров без грунтовок (нитроцеллюлоза, перхлорвинил, метакрилаты) — около полугода.

Превращаемые масляные покрытия служат от 2 до 4 лет (хлопковый глифталь и пентафталь).

Пленки высокомолекулярных полимеров хорошо сохраняются, однако металл от коррозии не защищают. Вследствие плохого прилипания протекает подпленочная коррозия. Поэтому следует различать атмосферостойкость самой пленки и атмосферостойкость покрытия, определяемую сроком защиты металла от коррозии данным покрытием.

Если первая зависит главным образом от атмосферостойкости органического вещества, из которого состоит пленка, то продолжительность антикоррозийной защиты определяется не только атмосферостойкостью пленки, но также силами сцепления и взаимодействия покрытия и металла.

Поэтому сами по себе атмосферостойкие пленки в случае плохого прилипания плохо защищают металл от коррозии. С другой стороны, хорошо прилипающие пленки, если они сами мало устойчивы к действию атмосферы, например битумы, продукты окисления нефтяных фракций, препараты канифоли, также плохо защищают металл от коррозии.

В превращаемых (например, масляных) покрытиях хорошо прилипающее низкомолекулярное вещество уже в покрытии превращается в высокомолекулярный трехмерный полимер. Здесь

можно обойтись применением однородных покрытий, т. е. таких покрытий, у которых грунтовочный и наружный слой из одного и того же пленкообразователя.

Как было уже указано ранее, в разнородных покрытиях в качестве грунта применяется пленкообразователь, хорошо прилипающий, но недостаточно атмосфероустойчивый, а наружным слоем служит атмосфероустойчивый, но недостаточно прилипающий пленкообразователь, например насыщенный карбоцепной полимер.

Вопрос о получении таких покрытий выше уже разбирался (стр. 100); здесь же рассмотрим их старение, сравнив продолжительность антикоррозионной службы однородных и разнородных двуслойных покрытий, пигментированных железным суриком по листовой стали «3» в атмосферных условиях (толщина каждого слоя около 40 *мк*; место испытания — Ленинград); атмосфероустойчивость двух слоев грунта за 12 месяцев приведена в табл. 9.

Данные таблицы показывают, что при нанесении по грунту безмасляные битумно-пековые покрытия служат на 60—100% дольше, а покрытия на основе насыщенных полимеров на 400% дольше.

Таким образом, применение «разнородных» многослойных покрытий с использованием в качестве грунтовки пленкообразователей, превращающихся в трехмерный, неплавкий и нерастворимый полимер, позволяет использовать для наружных работ краски сами по себе менее атмосферостойкие.

На практике наряду с разнородными покрытиями часто применяются покрытия, в которых основной пленкообразователь, прочный, но плохо прилипающий цепной полимер (нитроцеллюлоза, поливинилхлорид) модифицируется хорошо прилипающей, но непрочной добавкой низкомолекулярной смолы. Наблюдения за атмосфероустойчивостью таких покрытий показали, что модификация малоустойчивыми смолами резко снижает срок антикоррозионной службы покрытия. Часто такую отрицательную роль играют и низкомолекулярные пластификаторы, менее устойчивые, чем высокомолекулярные полимеры.

Многочисленные исследования сроков службы в атмосферных условиях покрытий по стали на основе промышленных типов грунтов, шпатлевок и красок (эмалей), проведенные С. В. Якубовичем с сотрудниками (22) и Е. Н. Владычиной (23), показали, что сроки службы тесно связаны с правильным подбором всех материалов для многослойного покрытия.

Так, например, масляно-глифталевые или пентафталевые грунты по стали обеспечивают высокие сроки службы масляно-глифталевых или пентафталевых красок, а грунт 138 — нитро- и перхлорвиниловых эмалей. Покрытия по грунтам холодной сушки на ряде олиф служат значительно меньше.

ТАБЛИЦА 9

Атмосферостойкость лакокрасочных покрытий

	Пленкообразователь	Атмосфероустойчивость покрытий в месяцах		Увеличение атмосфероустойчивости, %
		однородные без грунта	разнородные	
	Грунт — полидивинилацетиленовый лак			
Низкомолекулярные непревращаемые	Битум сланцевый марки V . .	8	16 (24)	100
	Битум нефтяной марки V . .	10	16	60
	Лак каменноугольный (Кузбасслак А)	12	24	100
Высокомолекулярные непревращаемые	Перхлорвинил (низковязкий) .	5	20	400
	Полибутилметакрилат	5	25	400
	Грунт — масляный			
Низкомолекулярные	Нефтебитум марки V	10	16	60
Высокомолекулярные непревращаемые	Нитроцеллюлоза (коллоксилин ВНВ)	5	25	400
	Полиэтилен	>16	>25	—

Шпатлевка ЛШ-1 (масляно-лаковая) дает лучший результат, чем перхлорвиниловые шпатлевки (эмалевые краски отслаиваются от шпатлевок); так же уступают и покрытия на основе нитрошпатлевки АШ-30.

Эмали перхлорвиниловые (ПХВ 10, 14 и 26), пентафталевые (65, 68 и др.) и маслянофенольные СТ обеспечивают хорошую

атмосфероустойчивость по упомянутым грунтам, если в их состав не входят цинковые белила. Последние способствуют в большей мере, чем другие пигменты, старению большинства пленкообразователей. Мочевинно-формальдегидные эмали дают хорошие результаты по грунтам такого же типа, а также и по грунтам глифталевым или пентафталевым.

Грунты и превращаемые покрытия холодной сушки значительно уступают покрытиям горячей сушки, так как глубокий процесс трехмерной полимеризации на холоду происходит крайне медленно.

Введение атмосфероустойчивых пигментов повышает атмосфероустойчивость покрытий. Однако в промышленных образцах красок и эмалей содержание пигмента не всегда находится в соответствии с тем содержанием, при котором наблюдается наибольшая атмосфероустойчивость. Во многих красках содержание пигментов следует увеличивать.

Для повышения срока службы покрытий краски иногда армируют асбестом или вводят алюминиевую пудру. Оба этих способа вполне идентично действуют на все исследуемые пленкообразователи, повышая срок службы.

Для всех превращаемых покрытий повышение температуры высыхания связано с увеличением степени превращения в трехмерный полимер, усилением химических связей с металлом и уменьшением количества остающихся после высыхания химически активных групп. Все эти факторы способствуют увеличению сроков службы антикоррозионной защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. L. Balloud, S. See, Trans. Forad. Soc., **42**, 236 (1946); см. Высокомолекулярные соединения, № 10, 26, 1950; А. С. Кузминский, докторская диссертация, МИТХТ (1951).
2. E. H. Farmer, J. Gendalingam, J. Am. Chem. Soc., **121**, 139 (1942).
3. Б. А. Догадкин, Б. Кармин, И. Гольдберг, ЖОХ, **17**, 1070 (1929); ДАН СССР, **53**, 331 (1946).
4. Б. А. Догадкин, ЖОХ, **15**, 177 (1945).
5. А. Ватинов, П. Кобеко, Ф. Марей, ЖФХ, **16**, 106 (1942).
6. П. П. Шорыгин, Химия целлюлозы, 167—176, Москва, 1936.
7. В. Д. Кузнецов, Физика твердого тела, т. IV, Томск, 1944.
8. Высокомолекулярные соединения, № 8, 47 (1949).
9. Ю. С. Зуев, Высокомолекулярные соединения, вып. 11.
10. А. Я. Дринберг, Технология пленкообразующих веществ, Госхимиздат, 1948.
11. Г. Суйда, Г. Сальватерра, Окраска как защита от коррозии, Химтеорет, 1936.
12. А. А. Красновский, Техника окраски, № 6, стр. 16 (1940).
13. В. В. Коршак, Химия высокомолекулярных соединений, Изд. АН СССР, 1950.

14. А. Я. Дринберг, Технология пленкообразующих веществ, стр. 598, Госхимиздат, 1948.
15. А. Я. Дринберг и М. Г. Рохлин, ЖПХ, **24**, вып. 2, 210 (1950).
16. С. В. Якубович, А. М. Грозовская, Заводская лаборатория, № 7, 823 (1950).
17. Г. В. Акимов, Теория и методы исследования коррозии металлов, Изд. АН СССР, 1948; Основы учения о коррозии и защите металлов, Металлургиздат, 1946.
18. А. Я. Дринберг, К. В. Рященцев, ЖПХ, **15**, вып. 5, 346 (1942).
19. P. L. Gordon, G. J. Dolgin, Surface coatings and finishes, N. Y., 1954.
20. Атмосферная коррозия, Доклады на совещании по атмосферной коррозии под ред. И. А. Изгарышева и Г. К. Швыряева, ГНТИ, Черницветмет, 1951.
21. А. Я. Дринберг и В. М. Кобецкая, ЖПХ, № 4, 9 (1952).
22. С. В. Якубович и др., Бюллетень по обмену опытом в лакокрасочной промышленности, № 9, 33 (1956).
23. Е. Н. Владычина и В. Н. Новикова, Бюллетень по обмену опытом в лакокрасочной промышленности, № 9, 48 (1956).

Глава VI

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

Для получения доброкачественных оксидных, фосфатных, лакокрасочных и других покрытий исключительно важную роль играет подготовка поверхности.

Антикоррозионная защита и достаточная сцепляемость покрытия с металлом могут быть обеспечены лишь при тщательной очистке обрабатываемого изделия от посторонних загрязнений.

Обычно детали или готовые изделия, поступающие для нанесения покрытия, имеют самые разнообразные дефекты механической или термической обработки, как-то: заусенцы, вмятины, забоины, царапины, раковины, острые кромки и узлы и т. д. Особенное внимание следует обращать на полное удаление окалины, ржавчины, формовочной земли, остатков сварных флюсов, масляных и других загрязнений и т. д., так как химическая неоднородность поверхности металлов значительно снижает коррозионную стойкость.

Наибольшую опасность с точки зрения коррозии вызывает наличие окалины на окрашиваемой поверхности.

Окалина является продуктом газовой коррозии металла при высокой температуре и состоит из безводных окислов FeO, Fe_3O_4 и Fe_2O_3.

При нагревании железа в атмосфере воздуха на нем образуется окисная пленка, состоящая в основном из трех последовательно расположенных слоев: 1) наружный слой состоит из окиси железа — Fe_2O_3, 2) второй слой содержит меньшее количество кислорода — Fe_3O_4 и 3) внутренний слой, прилегающий к металлической поверхности, содержит еще меньшее количество кислорода и соответствует по составу закиси железа — FeO.

В то время как окись железа — Fe_2O_3 является химически стойкой, закись железа — FeO менее стойка и легко переходит под действием воды и кислорода в гидрат окиси железа.

Нужно отметить, что при превращении железа в Fe_2O_3 происходит значительное увеличение его объема. Это увеличение объема вызывает напряжение в поверхностном слое окалины,

Кроме того, окалина не обладает ковкостью и дает разрывы под влиянием механических или термических воздействий. Характер окалины зависит от типа термообработки, которой была подвержена сталь. Окалина, образующаяся при прокате, заканчивающемся при низкой температуре, почти не содержит слоя FeO; эта окалина является более стойкой к действию атмосферных факторов. Окалина, образующаяся при температуре ниже 575°, окрашена в коричнево-красный цвет; при более высокой температуре образуется окалина, имеющая темносинюю окраску.

Последний тип окалины представляет собой значительно бо́льшую опасность, так как она состоит из трех слоев.

Окалина, образующаяся, например, на стальных цельнотянутых трубах, прокат которых заканчивается при температуре около 500°, является значительно более стойкой, чем окалина, образующаяся на железных листах, прокатанных при температуре 700—800°.

Следует отметить, что иногда при прокате на изделия в момент прохождения их между валками прокатного стана наносят соль или уголь. При этом часть соли улетучивается, часть же ее остается в слое окиси, что может оказать весьма неблагоприятное влияние на лакокрасочное покрытие.

Так как железо имеет более низкий электродный потенциал по сравнению с окалиной, то при проникновении влаги через лакокрасочное покрытие будет иметь место коррозия железа, которое образует анодный участок в коррозионном гальваническом элементе железо—окалина. Кроме того, нужно отметить, что закись железа FeO под влиянием влажного воздуха переходит в гидрат окиси железа, что приводит к отслаиванию окалины.

По указанным выше соображениям окалина должна быть тщательно удалена перед нанесением лакокрасочных покрытий. Полное удаление окалины является безусловно необходимым при окраске конструкции и изделий, эксплуатируемых в морской воде, а также в атмосфере, содержащей агрессивные газы. Попытки отказаться от удаления окалины в этих случаях могут привести к разрушению покрытия и сильной коррозии.

Ржавчина в основном состоит из гидратированных окислов железа. В ржавчине могут присутствовать растворимые соли (преимущественно соли железа). Хотя ржавчина представляет собою меньшую опасность с точки зрения коррозии, чем окалина, однако и ее следует тщательно удалять с поверхности. Должны быть также удалены все виды загрязнений, в том числе и жировые, а также влага. При неполном удалении продуктов коррозии с поверхности металла процесс коррозии может протекать под слоем защитного покрытия, что приводит к отслаиванию этого покрытия. Наличие же различных загрязнений значительно снижает сцепление покрытия с металлом.

1. ВЫБОР СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ

Детали или изделия непосредственно перед нанесением защитных или декоративных покрытий подвергаются механической, термической, химической или электрохимической обработке.

Механическая обработка предпринимается для удаления окалины, ржавчины, шлаковых включений, старой краски, устранения царапин, неровностей и других дефектов.

Термическая обработка применяется для удаления окалины, ржавчины, а также старой краски.

К химическим и электрохимическим видам обработки относятся: 1) травление и декапирование с целью удаления окалины и продуктов коррозии; 2) обработка в щелочных растворах и в органических растворителях для удаления жировых и масляных загрязнений.

Внешний вид изделий после нанесения покрытий в значительной степени зависит от чистоты поверхности. Согласно ГОСТ 2789-51 чистота поверхности оценивается количественно путем измерения степени шероховатости.

Результаты измерений дают возможность отнести поверхность изделия к тому или иному так называемому классу чистоты.

Для нанесения лакокрасочных и фосфатных покрытий изделия обычно обрабатывают по 4—6 классам чистоты поверхности.

Детали, подлежащие оксидированию, должны иметь чистоту поверхности от 5 до 8 класса. Более шероховатая обработка препятствует равномерному образованию оксидной пленки. Нецелесообразно оксидировать детали с чистотой поверхности выше 8 класса, так как сама по себе оксидная пленка вследствие пористости не обеспечивает чистоту выше 8 класса.

Выбор того или другого способа подготовки поверхности должен производиться в зависимости от характера и количества загрязнений, природы покрываемого металла, чистоты механической обработки поступающих на отделку изделий и, наконец, от назначения наносимого покрытия.

Прежде, чем устанавливать технологию подготовки изделий под покрытия, необходимо подробно уяснить себе сущность каждой подготовительной операции и определить области ее применения.

2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Применяются следующие виды механической обработки: 1) пескоструйная, дробеструйная или дробеметная очистка, 2) крацевание, 3) шлифовка и очистка ручным инструментом.

Пескоструйная очистка является одним из эффективных методов подготовки поверхности. Она особенно пригодна для удаления окалины, ржавчины и старых покрытий.

Сущность процесса пескоструйной очистки состоит в том, что струя просеянного и просушенного кварцевого песка направляется сжатым воздухом через специальное сопло на поверхность изделий. Песок, ударяясь о поверхность изделий, очищает ее; поверхность становится серой, матовой, приобретая при этом равномерную шероховатость, обеспечивающую хорошую прилипаемость покрытий.

Сжатый воздух должен очищаться при помощи масловодоотделителя. Для проверки чистоты струя воздуха направляется на лист белой бумаги. При такой обработке в течение 30 секунд на бумаге не должно быть следов масла.

Эффективность способа в значительной степени снижается, если поверхность изделий сильно замаслена. Поэтому в некоторых случаях перед пескоструйной обработкой поверхность должна быть освобождена от жиров и масел.

Пескоструйная очистка применяется для изделий и деталей толщиной не менее одного миллиметра и не имеющих точные размеры или малые допуски. Для пескоструйной обработки обычно применяется кварцевый песок следующих размеров: крупный — с величиной зерна 1—2 *мм*, средний 0,2—0,5 *мм*, мелкий 50—70 *мк*.

Крупный песок применяется для подготовки поверхностей под лакокрасочные и эмалевые (силикатные) покрытия, средний — под фосфатные покрытия, мелкий — для оксидных покрытий.

Расстояние сопла от очищаемой поверхности выбирается в зависимости от изделия и степени загрязненности поверхности. Чем больше это расстояние, тем слабее действие песочной струи и тем равномернее удаляется поверхностный слой металла и меньше опасность деформации детали с тонкими стенками. Расстояние не должно быть меньше 20 *см*.

Величина давления, с которой песок подается на поверхность, выбирается в зависимости от материала изделия. Для стальных деталей 1,8—2,2 *кг/см*^{2}, для латунных 1,4—1,8 *кг/см*^{2}, а для алюминиевых 1—1,5 *кг/см*^{2}.

Обработанная песком поверхность обладает большой активностью, легко корродирует, особенно во влажной атмосфере, а также легко адсорбирует производственную пыль и различные жировые загрязнения; поэтому отпескоструенная поверхность должна быть подвергнута дальнейшей обработке в возможно более короткий срок.

К числу недостатков пескоструйной обработки относится необходимость тщательной изоляции пескоструйной аппара-

туры от остальных участков отделочного цеха вследствие образования значительного количества пыли, а также вредность для здоровья рабочих. Эти недостатки в значительной степени ликвидируются при применении гидропескоструйного метода очистки. Этот метод отличается от обычного способа обработки песком тем, что вместо сухого песка применяют смесь песка с водой.

При гидропескоструйной очистке расходуется меньшее количество песка и отсутствует пыль в районе обрабатываемой поверхности. В качестве пассивирующего раствора при гидропескоструйной очистке применяется добавка следующих замедлителей коррозии: 1) нитрит натрия 1—5 *г/л*, 2) тринатрийфосфат 5—20 *г/л*, 3) хромпик 5 *г/л* и др.

Использование пассивирующих растворов дает возможность предотвратить возникновение коррозии и обеспечивает получение чистой пассивированной поверхности металла, сохраняющей свои свойства от 5 до 24 часов в зависимости от условий хранения.

И. А. Плетнев и В. Ф. Зарубин [8] предложили очистку от окалины, ржавчины и старой краски производить сырым песком любой влажности. Очищаемые поверхности при этой обработке не покрываются ржавчиной, так как под действием воздушной струи происходит быстрое высыхание поверхности. При этом способе не происходит значительного пылевыделения.

Практикуется также применение вместо кварцевого песка мелкой стальной дроби.

Производительность, качество обработки и коррозионная устойчивость обработанной поверхности несколько выше, чем при применении кварцего песка.

Однако как пескоструйный, так и дробеструйный метод очистки вытесняется наиболее прогрессивным дробеметным методом. Дробеметный метод очистки не имеет недостатков, присущих пескоструйному и гидропескоструйному методу, кроме того, он значительно производительнее и дешевле. При дробеметном методе чугунная или стальная дробь подается на лопатки быстро вращающегося ротора и под действием центробежной силы выбрасывается на очищаемую деталь. Твердость дроби должна быть больше твердости обрабатываемой детали.

Крацевание является разновидностью механической обработки поверхности и заключается в обработке изделий с помощью быстро вращающихся дисковых проволочных щеток.

Для крацевания стальных изделий применяются щетки из стальной проволоки диаметром 0,2—0,4 *мм*; для изделий из цветных металлов применяются щетки из латунной или медной проволоки. Чем толще применяемая проволока, тем поверхность обработанного металла получается более грубой.

Во время крацевания поверхность изделия или щетку смачивают мыльной водой или слабым (2—5%) раствором соды, поташа, тринатрийфосфата или же взмученной в воде венской известью, пемзой, мелом и т. д.

При крацевании с поверхности изделий удаляются заусеницы, окалина, окисные пленки, продукты коррозии, остатки жировых загрязнений, травильный шлам, а также очень тонкий слой металла.

Процесс крацевания следует выполнять без сильного прижима щетки к изделию. При этом поверхность очищается более равномерно и не происходит быстрый износ щеток.

Щетки обычно укрепляются на удлиненном валу электромотора мощностью от 0,5 до 3 *квт* с 1400—1800 об/мин. Чем больше число оборотов щетки, тем более блестящей получается поверхность металла.

Шлифование производится для придания изделиям ровной и гладкой поверхности, а также для удаления окисных пленок. Эта операция широко применяется при подготовке поверхности к окрашиванию и оксидированию. Процесс шлифования осуществляется на станках или ручным способом при помощи абразивных дисков или кругов, шлифовочными шкурками, а также порошкообразными абразивными материалами. При шлифовании острыми режущими гранями мелких зерен абразивных материалов снимается тонкий поверхностный слой металла.

Абразивные материалы, применяющиеся при шлифовании, представляют собой зерна минералов естественного или искусственного происхождения, обладающие большой твердостью и режущей способностью. Наиболее широко используются следующие абразивные материалы.

Наждак — естественная порода, содержащая до 60—70% корунда и 30—35% окиси железа, твердость 7—8. Применяется также и чистый корунд. Искусственный или природный продукт содержит 90—95% окиси алюминия. Твердость — 9. Обычно применяется для грубой шлифовки на кругах.

Карборунд. По химическому составу представляет собой карбид кремния SiC. По твердости он превосходит корунд и приближается к алмазу. Зерна его имеют очень острые грани.

Процесс шлифования в зависимости от характера обработки делится на несколько операций или переходов.

Если изделие имеет окалину, заусеницы, бугристость и т. д., то сначала производят обработку с более крупными зернами абразивов; такая обработка называется обдиркой или грубой шлифовкой. Для удаления с поверхности деталей грубых следов механической обработки (забоин, продуктов коррозии и т. п.) широкое распространение имеет зачистка наждачным полотном или

бумагой с абразивами различной зернистости. Обычно употребляется абразивное полотно или бумага зернистостью от 80 до 280.

Зависимость чистоты поверхности (по ГОСТ 2789-51) от зернистости абразивного полотна показана на рис. 39. При повышении зернистости от 30 до 100 происходит значительное повышение чистоты поверхности, при изменении зернистости от 100 до 200 — незначительное. Процесс зачистки абразивным полотном производится на специальных зачистных станках (станки типа передней токарной бабки, станки с вращающимся диском и станки с бесконечной лентой). Очистка и сглаживание поверхности мелких изделий обычно производится во вращающихся барабанах и колоколах. При этой обработке, называемой галтовкой, детали, перемещаясь, трутся друг о друга, при этом поверхность выравнивается и очищается от ржавчины и загрязнений. Для ускорения процесса очистки изделий в барабан загружают опилки, обрезки кожи, песок, гравий, а также, в зависимости от природы обрабатываемого материала, вводят небольшие количества слабых растворов кислот, щелочей, мыльной воды и т. д. Галтовка продолжается от 2—4 часов до нескольких дней, в зависимости от скорости вращения барабана, природы и твердости обрабатываемых металлов. При шлифовании на кругах абразивные материалы наносятся на боковую или торцевую поверхность круга в виде пасты.

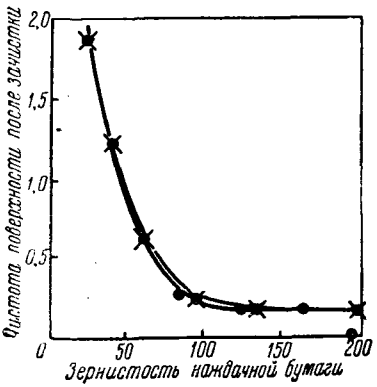


Рис. 39. Влияние зернистости наждачной бумаги на чистоту поверхности

Очистка ручным инструментом является простым, но трудоемким процессом. Для механического удаления окалины, ржавчины, различных загрязнений, старой краски применяются металлические скребки, шпатели, проволочные щетки и т. п.

На стр. 353—354 приведено описание ручных инструментов и даны сведения о механизированном инструменте с электрическим и пневматическим приводом, которые имеют значительно бо́льшую производительность, нежели ручной инструмент.

3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Удаление окалины, ржавчины, старой краски, масел и т. д. можно производить при помощи пламени, например кислородно-ацетиленовой или керосиново-кислородной горелки. При терми-

ческой обработке окалина, имеющая небольшой коэффициент теплового расширения, легко растрескивается и отслаивается. Ржавчина при этой обработке разрыхляется и легко удаляется проволочной щеткой или наждачной шкуркой. Термический способ очистки экономичен и отличается большой производительностью. Однако во избежание коробления и деформации металла этот метод очистки применим для изделий, имеющих толщину не менее 5 *мм*. Окрашивание следует производить сразу же после очистки, пока металл еще теплый; это дает возможность несколько сократить срок сушки лакокрасочных покрытий и производить окрашивание в атмосфере повышенной влажности.

4. ХИМИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

Травление и декапирование. *Травлением* называется обработка металлических изделий в растворах кислот, кислых солей или щелочей с целью удаления окислов с поверхности металла. Технология травления сводится к погружению изделий в соответствующие растворы, реагирующие с окислами данного металла. Изделия перед травлением должны быть очищены от жировых загрязнений. Травлению без обезжиривания могут подвергаться: 1) детали, поступающие на кислотное травление после горячей обработки, 2) детали из металлов, растворяющихся в щелочах при травлении в щелочном растворе.

Для удаления окалины и ржавчины с поверхности черных металлов применяют главным образом серную и соляную кислоту. Взаимодействие железа и его окислов с серной кислотой протекает по следующим реакциям:

$$Fe + H_2SO = FeSO_4 + H_2 \quad (1)$$

$$FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O \quad (2)$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O \quad (3)$$

$$Fe_3O_4 + 4H_2SO_4 = FeSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O \quad (4)$$

Указанные реакции, особенно (2) и (3), протекают медленно, травлению способствует водород, который восстанавливает Fe_2O_3 и Fe_3O_4 до FeO и механически отрывает разрыхленные слои окалины.

Наибольшая скорость травления в серной кислоте достигается при концентрации ее в растворе около 25%. Однако обычно концентрацию серной кислоты берут не выше 20% во избежание сильного разъедания металла. Для соляной кислоты также наиболее выгодной является 20%-ная концентрация. Хорошие результаты дает применение для травления раствора, содержащего 5—10% H_2SO_4 и 15—10% HCl.

Увеличение скорости травления может быть достигнуто повышением температуры растворов травильной ванны.

Наиболее значительное влияние повышения температуры сказывается при травлении серной кислотой и в меньшей степени при травлении соляной кислотой. На практике для растворов соляной кислоты температура не должна превышать 30—40°, а для серной 50—60°.

На скорость травления оказывают влияние также соли железа, накапливающиеся в растворе по мере работы травильной ванны. По мере увеличения в растворе количества сернокислого железа скорость травления уменьшается.

Травильные присадки. При травлении черных металлов в серной или соляной кислоте окислы металлов частично растворяются, частично механически удаляются пузырьками водорода, выделяющимися при растворении металла. При этом процессе непроизводительно растворяется металл, лежащий под окалиной, в результате чего имеет место так называемый травильный угар. Выделение значительного количества водорода при травлении приводит к наводороживанию поверхностного слоя металла, что, в свою очередь, приводит к хрупкости и ломкости изделий, а в некоторых случаях может вызвать отслаивание поверхностного слоя металла или образование так называемых травильных пузырей. Для предотвращения указанных видов брака применяются добавки в травильные ванны, так называемые травильные присадки или замедлители. Травильные присадки замедляют процесс растворения и разрушения металлического железа, не оказывая заметного действия на растворимость окалины. При применении присадки уменьшается количество выделяемого водорода и устраняется хрупкость металла и возникновение травильных пузырей.

Механизм действия травильных присадок сводится к адсорбции их на поверхности металла или на отдельных катодных или анодных микроучастках металла, затрудняя переход его в раствор.

В качестве травильных присадок могут служить смолы, белковые вещества, ржаная мука, отходы сахарного производства, сульфитные щелока, клей. Широкое распространение получила присадка марок КС, Ж-1 (продукт переработки отходов конопляных жмыхов) и др.

Большое применение имеют травильные присадки, известные под названием «Уникол».

Присадки «Уникол» марки МН, МН-2, МН-3 и МН-10 применяются при травлении в серной и соляной кислоте, марки ПБ, ПБ-3, ПБ-5 — только в соляной.

С успехом применяется также присадка марки ЧМ, которая состоит из регулятора травления (состав Р) и пенообразователя

(состав П). Регулятор травления вводится в травильную ванну в количестве 0,5 *г/л* при температуре травильного раствора ниже 50° и наличии на поверхности изделий незначительной окалины и ржавчины. При температуре раствора выше 50° и наличии толстого слоя окалины регулятор травления вводится в количестве 1,5 *г/л*. Пенообразователь вводят в количестве 0,5—0,8 *кг* на квадратный метр площади зеркала травильного раствора при температуре травильного раствора ниже 50° и в количестве 1—1,5 *кг/м*^{2} при температуре раствора выше 50°.

Аппаратура, применяемая для травления изделий, приведена на стр. 362—364. Состав и режим ванн для травления даны в табл. 10 (стр. 134).

Кроме серной и соляной кислот для травления металлов применяют азотную, плавиковую и фосфорную кислоты.

Азотная кислота применяется главным образом для травления высоколегированных сталей; в смеси с соляной кислотой ею пользуются для травления цветных металлов.

Плавиковая кислота имеет весьма ограниченное применение — при травлении отливок, содержащих на своей поверхности остатки формовочного песка. Для удаления кремнезема (песка) берут разбавленный раствор плавиковой кислоты (2,5% HF).

Фосфорная кислота применяется преимущественно для травления стальных изделий перед нанесением на них лакокрасочных покрытий. Тонкий слой ржавчины может быть удален 2—3% раствором H_3PO_4 при 75—80°. После травления в указанном растворе изделие сушат, не промывая его водой. При этом на поверхности изделия образуется нерастворимая пленка фосфата железа, способствующая хорошему прилипанию лакокрасочного покрытия.

При наличии толстого слоя ржавчины применяют 10—15% раствор H_3PO_4 и травление ведут при 40—50°. Выдержка в растворе фосфорной кислоты производится в течение 20—100 минут, в зависимости от толщины слоя ржавчины.

После удаления ржавчины изделие промывают водой, а затем погружают в 1% раствор H_3PO_4, после чего сушат без промывки, как указано выше.

Для удаления легкого налета ржавчины и минеральных масел применяется выпускаемый промышленностью так называемый моечный состав № 1120 (ТУ МХП 27151), состоящий из фосфорной кислоты (считая на 100%) 30—35%, гидрохинона — 1%, бутилового спирта — 5%, этилового спирта — 20% и воды 44—39%.

Состав в чистом или разведенном виде наносят на поверхность металла при помощи кисти или щетки. Обычно в течение 2—3 мин. налет ржавчины растворяется, после чего производят промывку поверхности водой.

ТАБЛИЦА 10

Состав и режим работы травильных ванн

Составные части травильных растворов, *г/л*	Для травления стальных и чугунных деталей			Для травления высоколегированных сталей		Для травления и осветления меди и ее сплавов		Для осветления алюминия и его сплавов
Кислота серная технич., уд. в. 1,84 (65,9° Bè)	180—200	75—100	156—200	—	—	—	400—500	20
Кислота соляная, технич., уд. в. 1,19 (23° Bè)	—	110—150	—	12—23	130—150	10	2—4	—
Кислота азотная, уд. в. 1,33—1,38 (36,40° Bè)	—	—	—	110—120	50—60	1290	60—70	—
Хромовый ангидрид	—	—	—	—	—	—	—	100
Хлористый натрий	—	200—250	—	—	—	—	—	—
Присадка: уникол, патока, «КС»Ж-1, сульфошлам и др.	3—5	3—5	3—5	1—2	—	—	—	—
Режим работы								
Рабочая температура, °С	20—60	20—60	20—60	40—50	40—50	15—25	15—25	15—25
Время выдержки, мин.	5—50	5—50	5—50	15—60	15—60	0,05—0,3	0,05	1—2

Для удаления окалины и ржавчины с поверхности крупных изделий применяются травильные пасты. Например, паста, представляющая собой смесь серной, соляной и ортофосфорной кислот в отношении 3 : 1 : 0,1, в которую в качестве загустителя добавляется инфузорная земля до получения пасты консистенции жидкого теста. В состав травильной пасты вводится также травильная присадка, например Уникол, кислый керосиновый контакт и сульфитно-целлюлозный щелок. Пасту наносят на обрабатываемые поверхности малярными кистями слоем толщиной 1—2 *мм* и после соответствующей выдержки (30—50 минут при 20°) смывают ее водой из шланга. Удалив травильную пасту, на очищаемую поверхность наносят пасту — пассиватор, состоящую из калиевого хромпика — 9 ч., сульфитцеллюлозного щелока — 1 ч., инфузорной земли — 80 ч. и воды — 95 ч. После выдержки в течение 30 минут пасту смывают и поверхность промывают водой и высушивают, обдувая нагретым воздухом или протирая ветошью.

Декапирование. Для быстрого удаления легкого налета окислов, образующихся на поверхности очищенных изделий, главным образом при транспортировке и хранении, применяется обработка в слабых растворах кислот. Этот процесс носит название «декапирования» и предпринимается непосредственно перед нанесением защитных покрытий. Для декапирования железа и стали применяют 3—5% раствор серной или соляной кислоты, для меди 5—10% раствор смеси серной и азотной кислот. Цинк и алюминий декапируют в 3% растворе соляной кислоты или в 5—10% растворе фосфорной кислоты.

Для декапирования цинка и алюминия можно применять также 5—10%-ные растворы едкого кали или едкого натра.

Электрохимическое травление. Травление изделий электрохимическим способом дает возможность значительно быстрее провести процесс травления и сократить расход кислоты. Различают анодное и катодное травления.

При анодном травлении происходит электролитическое растворение металла изделия, служащего анодом, и механическое отрывание окислов выделяющимся кислородом. В качестве электролита применяют растворы кислот или раствор соответствующей соли, а в качестве катода — свинец, медь, железо и пр.

При анодном травлении изделие приобретает слегка шероховатую поверхность, что способствует хорошей сцепляемости с лакокрасочным покрытием. Процесс требует тщательного и строгого соблюдения режима работы. При передержке поверхность изделия может быть сильно и неравномерно разведенной и приходит в негодность. Для изделий, имеющих сложную конфигурацию, анодное травление непригодно.

При катодном травлении само изделие служит катодом, а анодом — свинец, сплав свинца с сурьмой (6—10% Sb) или кремнистый чугун (20—24% Si); при таком травлении почти совершенно исключается опасность перетравливания. В качестве электролита обычно служит смесь серной и соляной кислот. При травлении на катоде происходит механическое отрывание окислов металла бурно выделяющимся водородом. Травление на катоде вызывает наводороживание, что приводит к хрупкости изделия. Кроме того, при катодном травлении рельефных изделий требуется много времени для очистки от окалины в углубленных участках. Эти недостатки катодного травления устраняются при применении электролитов, содержащих ионы свинца, олова или подобных металлов, на которых водород имеет высокое перенапряжение. Эти металлы покрывают тонкой пленкой те участки, которые в первую очередь освобождаются от окалины. Этот прием дает возможность предотвратить наводороживание изделий. Пленки свинца или олова после травления легко удаляются в ванне следующего состава (в *г/л*): NaOH — 85, Na_3PO_4 — 30. Процесс ведут при 50—60°; плотность тока 5—7 *а/дм*^{2}, продолжительность 8—12 мин. Катодом служат железные пластины. Составы электролитов, а также режимы работы для анодного и катодного травления приведены в табл. 11.

ТАБЛИЦА 11

Состав электролита и режим работы при анодном и катодном травлении

	Анодное травление		Катодное травление
Состав электролита, г/л			
Серная кислота 4—5 н.	—	—	50
То же 3 н.	150	—	—
То же 0,1—0,2 н.	—	5—10	—
$FeSO_4$	—	200—300	—
NaCl	50	—	22
$MgSO_4$	—	50—60	—
HCl	—	—	30
Режим работы			
Температура, °С	20—60	20—60	60—70
Плотность тока $D_к$, *а/дм*^{2}	5—10	5—10	7—10
Напряжение, *в*	2—6	2—6	—
Продолжительность обработки, мин.	10—20	10—20	10—15

5. ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

Удаление с поверхности изделий жировых и масляных загрязнений производят при помощи веществ, которые растворяют жиры и масла или эмульгируют их.

По своей химической природе жировые вещества делятся на две группы: омыляемые (растительные и животные жиры) и неомыляемые (минеральные масла, парафин, вазелин и пр.).

Для обезжиривания применяются: 1) органические растворители, 2) щелочные растворы, 3) электрохимическая обработка.

Обезжиривание органическими растворителями. При обезжиривании органическими растворителями обычно применяют бензин, лаковый керосин, скипидар, дихлорэтан, трихлорэтан, тетрахлорэтилен, четыреххлористый углерод.

Хлорсодержащие растворители хорошо растворяют жиры и масла, не взрывоопасны, не воспламеняются, что позволяет производить обезжиривание при повышенной температуре.

Существенными недостатками органических растворителей и в особенности хлорсодержащих являются ядовитость их паров и сравнительно высокая стоимость.

В присутствии влаги при высокой температуре хлорсодержащие растворители гидролизуются с образованием небольшого количества HCl, которая может вызвать коррозию изделий и аппаратуры. При применении хлорсодержащих растворителей нужно предварительно проверить их нейтральность путем пробы на лакмус водной вытяжки. Если реакция окажется кислой, то растворитель нейтрализуют содой и подвергают дестилляции.

Для обезжиривания магния и алюминия лучше применять тетрахлорэтилен, так как трихлорэтилен оказывает некоторое разъедающее действие на эти металлы.

Обезжиривание воспламеняющимися органическими растворителями (бензин, лаковый керосин, скипидар и др.) обычно производят путем протирки изделий ветошью, смоченной растворителем. Этот метод хотя и не является совершенным, но к нему часто прибегают как к более простому, особенно при обработке поверхностей крупных изделий.

Обезжиривание мелких изделий производится погружением последовательно в 2—3 ванны с растворителем различной степени чистоты. Последняя ванна должна содержать чистый растворитель.

Обезжиривание в негорючих растворителях производится различными методами: погружением в растворитель, обработкой парами и распылением растворителя. Для обезжиривания применяются специальные аппараты закрытого типа (стр. 364—369).

Применяемые для обезжиривания органические растворители легко поддаются регенерации путем перегонки.

Обезжиривание щелочными растворами. Растворы едких щелочей применяются для обезжиривания металлов, трудно или совсем не растворяющихся в щелочах, как-то: железа, стали, чугуна, никеля, меди и др. Нельзя обезжиривать в растворах, содержащих только едкие щелочи, изделия из олова, свинца, цинка, алюминия, а также изделия из черных металлов, имеющие оловянную пайку.

В этом случае употребляют растворы щелочных солей, например углекислый натрий, фосфорнокислый натрий, углекислый калий, растворимое стекло, мыло и др. Обычно пользуются смесью солей и для ускорения обезжиривания добавляют небольшое количество едкого натра.

При обезжиривании меди, латуни и медных сплавов pH раствора должен быть в пределах 10—11, а при обезжиривании алюминия, олова, цинка и свинца 9—10.

В присутствии растворимого стекла концентрация щелочи при обезжиривании алюминия может быть повышена без опасения его разрушения.

Обезжиривание обычно производится в стальных ваннах. Нагревание ванны сильно ускоряет процесс обезжиривания, так как при этом усиливается гидролиз щелочных солей, а также ускоряется процесс омыления жиров и эмульгирование масел. Обезжиривание изделий больших размеров, обработка которых в ванне с щелочным раствором невозможна, производится вручную протиркой при помощи волосяных щеток.

Обезжиривание мелких изделий при массовом производстве производится во вращающихся барабанах. На крупных предприятиях для очистки изделий от жировых загрязнений применяются специальные моечные машины, где поверхность изделий обрабатывается струями щелочного раствора.

Перед выгрузкой изделий из обезжиривающей ванны нужно удалить пену и жировой слой, скапливающийся на поверхности раствора.

О полноте обезжиривания судят по смачиваемости изделий водой. Поверхность тщательно обезжиренных изделий должна полностью смачиваться водой.

Проверка производится следующим образом.

Промытое после обезжиривания изделие погружают в холодную воду, а затем осторожно из нее извлекают и ставят в вертикальное положение или под углом в 45°. Если при этом будет установлено наличие несмоченных участков (перерывы водяной пленки), то изделие недостаточно обезжирено. Полнота обезжиривания стали может быть также установлена при помощи капли раствора медного купороса.

При хорошем обезжиривании сразу же после нанесения капли появляется розовое пятно выделившейся металлической меди.

Электрохимическое обезжиривание. При электрохимическом обезжиривании применяются растворы такого же состава, как и при химическом обезжиривании. Производится как анодная, так и катодная обработка; чаще применяют катодное обезжиривание или комбинированную обработку, — сначала на катоде, а затем на аноде.

В качестве электрода применяют стальные или никелевые пластины. Температура электролита 60—85°. Плотность тока 3—10 *а/дм*². Напряжение 3—12 *в*. Расстояние между электродами 5—15 *мм*.

В табл. 12 приведены составы и режим работы при химическом и электрохимическом обезжиривании.

ТАБЛИЦА 12

Состав растворов и режим работы при щелочном и электрохимическом обезжиривании

Состав растворов, *г/л*	Щелочное обезжиривание				Электрохимическое обезжиривание стали и никеля
	стальные и чугунные детали		медь и ее сплавы	алюминий и его сплавы	
	умеренно или мало загрязнены	значительно загрязнены			
Каустическая сода NaOH	20—30	40—50	—	10—20	40—50
Кальцинированная сода	—	80—100	—	—	20—40
Фосфат натрия	30—50	—	80—100	30—50	10—20
Жидкое стекло	3—5	5—15	—	20—30	35
Режим работы					
Рабочая температура, °С	80—90	80—90	80—90	60—70	60—85*
Продолжительность обработки, мин.	10—40	15—60	10—40	3—5	на катоде 4—5, на аноде 0,5—1,0

* Плотность тока 3—10 *а/дм*²; напряжение 3—12 *в*.

6. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ*

Ультразвуковые колебания нашли широкое применение в технике для интенсификации различных технологических процессов, в частности для ускорения процессов обезжиривания и травления

* Настоящий раздел составлен Б. Л. Агранат.

металлических поверхностей. Наиболее эффективным является применение ультразвуковых колебаний для очистки мелких деталей, а также деталей сложной конфигурации, когда обычные способы очистки связаны со значительной продолжительностью процесса и низким качеством очистки труднодоступных участков. В настоящее время ультразвуковые колебания применяются также при очистке средне- и крупногабаритных изделий, например для обезжиривания автотракторных блоков, травления листового металла и т. п. Применение ультразвука в этом случае обеспечивает высокое качество очистки и создает возможность значительного ускорения процесса и сокращения производственных площадей.

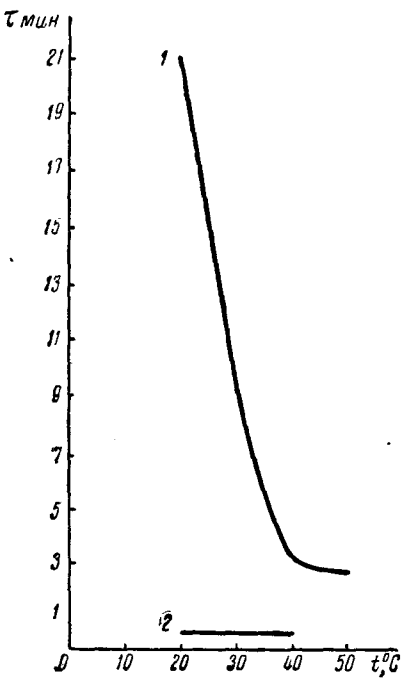


Рис. 40. Зависимость времени обезжиривания в уайт-спирите от температуры (загрязнение — тавот):

1 — без воздействия ультразвука; 2 — в ультразвуковом поле (частота ультразвука 600 *кгц*; напряжение, подаваемое на кварц, — 6 *кв*)

Ультразвуковая очистка деталей от жира, грязи, остатков абразивных материалов и т. п. производится в обычных обезжиривающих составах; при очистке от ржавчины и окалины травлением применяются кислоты. Для проведения очистки детали помещаются в указанные жидкие среды, которые подвергаются «озвучиванию».

Получение звуковых, а также ультразвуковых колебаний (с частотой более 20 тысяч колебаний в сек.) в жидких средах осуществляется различными методами, однако в основе почти всех этих методов лежит преобразование электрической энергии в энергию звука, т. е. в механические упругие колебания.

Для получения ультразвуковых колебаний при интенсификации процессов очистки металлов преимущественно применяются преобразователи (вибраторы), основанные на пьезоэлектрической или магнитострикционной системе преобразования.

В пьезоэлектрических вибраторах обычно используется пластинка кварца или титаната бария ($BaTiO_3$), кристаллы которых обладают пьезоэлектрическим эффектом. Под воздействием пере-

менного электрического поля на пластинки кристалла происходит периодически сжатие и растяжение кристаллов, в результате чего возникают колебания с частотой от 100 *кгц* до 2 *мгц*. Вибраторы из титанатбариевой керамики имеют значительные технологические преимущества: механическую прочность, легкую формуемость, возможность фокусировки интенсивных ультразвуковых колебаний, высокую точку Кюри * и малую чувствительность к температуре среды.

В магнитострикционных вибраторах используются ферромагнитные материалы, в которых под воздействием магнитного поля происходят механические деформации, т. е. изменения линейных размеров. В этих вибраторах обычно используется никель или его сплавы. Магнитострикционные вибраторы удобны в работе и могут быть использованы для озвучивания больших объемов с частотой от нескольких *кгц* до 200 *кгц*. Наиболее целесообразно применять магнитострикционные вибраторы при частоте 80 *кгц*, так как при более высоких частотах значительно увеличиваются потери на вихревые токи.

Для работы пьезоэлектрических и магнитострикционных преобразователей к ним должно быть подведено переменное высокое напряжение; для этого обычно используются ламповые генераторы. Для иллюстрации действия ультразвукового поля на процессы обезжиривания на рис. 40 и 41 приведены графики, составленные на основе данных, полученных в Ленинградском отделении В/К лакокраспокрытие при исследовании этих процессов. Из рисунков видно, что при воздействии ультразвукового поля процесс обезжиривания в уайт-спирите, а также процесс травления в кислотах ускоряется при повышенных температурах в несколько раз, а при нормальной температуре — в несколько десятков раз.

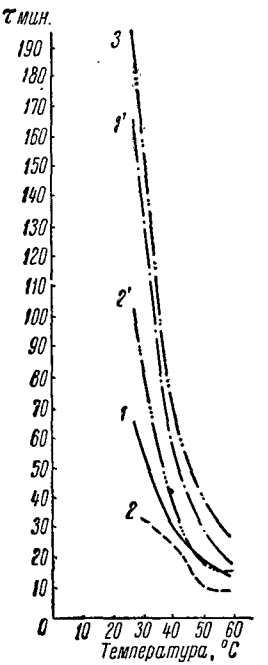


Рис. 41. Зависимость времени травления от температуры

(частота ультразвука — 2 *мгц*; напряжение, подаваемое на кварц, — 4 *кв*) *1'* — без воздействия ультразвука; *1* — в ультразвуковом поле 15% H_2SO_4; *2'* — без воздействия ультразвука; *2* — в ультразвуковом поле 6% H_2SO_4; *3* — без воздействия ультразвука

Для очистки металлических изделий в ультразвуковом поле существуют различные конструкции конвейерных установок.

* Точкой Кюри называется критическая температура, при которой исчезает пьезоэлектрический эффект.

На рис. 42 показана схема моечного аппарата, работающего от магнитострикционного вибратора для очистки металлических деталей.

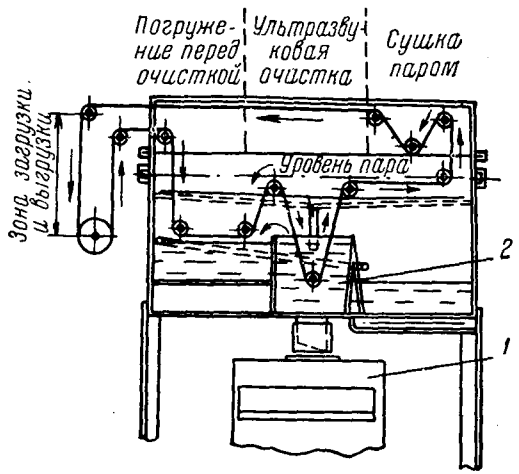


Рис. 42. Схема ультразвуковой установки для очистки мелких изделий:

1 — ультразвуковой вибратор; *2* — корыто для моющей жидкости

7. УДАЛЕНИЕ СТАРОЙ КРАСКИ

При возобновлении защитных покрытий с поверхности изделий необходимо предварительно удалить старую краску. В отдельных случаях, в зависимости от требований к защитным покрытиям, ограничиваются снятием только той краски, которая плохо удерживается на поверхности.

Удаление старой краски может быть произведено: 1) обработкой щелочными растворами или органическими растворителями, 2) выжиганием паяльной лампой или специальными горелками, 3) механическим способом при помощи стальных щеток, скребков, абразивных материалов и др.

Щелочные составы для удаления старой краски обычно представляют собой смесь, состоящую из 4—7 ч. соды, 12—25 ч. негашеной извести, 6—10 ч. мела и 50—80 ч. воды.

Состав наносится при помощи шпателя, а затем размягченные слои краски удаляются скребком. Для изделий малых и средних габаритов применяется также обработка концентрированными растворами (20—25%) едкого натра. Перед нанесением нового покрытия необходимо тщательно удалить остатки щелочного состава.

В тех случаях, когда щелочные составы не могут быть использованы, например при обработке легких металлов или если старое покрытие устойчиво к действию щелочей, удаление старой краски производится при помощи различных смывок, содержащих органические растворители. Для масляных, нитроцеллюлозных и других покрытий применяется парафиновая смывка, состоящая из 10% парафина, 60% ацетона и 30% бензола. Смывка наносится кистью, а затем (через 1—2 часа) слой старой краски удаляется стальным шпателем. Для этих же целей применяется смывка специальная «СД(сп)» (ТУ МХП 1113—44), состоящая из смеси ацетона, бензола и эфиров уксусной кислоты. Смывка обыкновенная «СД(об)» (ТУ МХП 906—42) также состоит из смеси органических растворителей с добавлением парафина и нафталина. Эффективное удаление старой краски достигается применением смывки АФТ-1 (ТУ МХП 2648—51), содержащей формальгликоль. Для удаления красок на основе обратимых пленкообразующих применяют обработку поверхности различными растворителями, как-то: дихлорэтаном, целлозольвом, Р-4 и др.

Для удаления старой краски с поверхности металлических крупногабаритных изделий используют термический метод, заключающийся в сжигании красочной пленки пламенем паяльной лампы или специальной горелки. Когда слой краски размягчится и вспучится, он снимается шпателем или скребком.

8. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ К ОКРАСКЕ

ТАБЛИЦА 13

Различные способы подготовки металлических поверхностей к окраске и области их применения

Способ подготовки и оборудование	Назначение и области применения
Отбивка пневматическими молотками, шарошками или колотушками вручную	Удаление плотной окалины и толстых слоев ржавчины при толщине металла не менее 5 *мм*. Применяется для крупных изделий простой конфигурации (суда, котлы и т. д.)
Обработка механизированным инструментом с электро- и пневмоприводом	Удаление ржавчины, легко отслаивающейся окалины, формовочной земли, зачистка кромок после сварки. Для изделий крупных габаритов несложной конфигурации (переплеты мостов, рамы вагонов, чугунное литье)
Обработка шлифовальным инструментом и металлическими щетками вручную	Очистка отливок, паковок листового материала и пр. от ржавчины, формовочной земли и других загрязнений

Продолжение

Способ подготовки и оборудование	Назначение и области применения
Пескоструйная, гидропескоструйная и дробеструйная очистка в камерах и барабанах	Удаление окалины, ржавчины и старой краски с изделий не менее 1 *мм* толщины, средних и крупных габаритов, не требующих сохранения точных размеров
Дробеметная очистка в аппаратах периодического и непрерывного действия	Очистка от окалины и ржавчины отливок, поковок и листового материала (толщиною не менее 5 *мм*)
Обработка в очистных барабанах и колоколах с числом оборотов 45—70 в минуту со стальной стружкой	Очистка от формовочной земли и ржавчины мелких деталей, не имеющих слабых мест и не деформирующихся от ударов при вращении
Травление в растворах кислот	Удаление окалины и ржавчины с деталей малых и средних габаритов
Промывка моечным составом № 1120	Удаление легких налетов ржавчины и остатков минеральных масел с крупных и средних деталей при высококачественной декоративной и антикоррозионной окраске
Обезжиривание органическими растворителями в автоматизированных конвейерных установках	Удаление с поверхности мелких деталей (после штамповки и механической обработки) минеральных масел, растительных и животных жиров
Протирка ветошью с растворителями: уайт-спиритом, бензином, скипидаром вручную	Обезжиривание и освобождение от грязи изделий любой формы и размеров, за исключением очень мелких
Прокалка при температуре 300—500° в конвейерных и периодических печах	Сжигание масел, жиров и органических примесей на изделиях с последующим травлением или шлифованием
Термическая обработка с помощью кислородно-ацетиленовых или керосиново-кислородных горелок	Очистка от окалины и ржавчины изделий больших габаритов толщиною не менее 5 *мм*
Соскабливание стамесками, скребками и обработка абразивными материалами	Удаление старой краски с поверхности изделий больших габаритов
Термическая обработка пламенем паяльной лампы или специальной горелки	Удаление старой краски с изделий больших габаритов
Обработка растворами едкого натра (20—25%) в ваннах с подогревом и без подогрева	Удаление старой краски с железных и стальных изделий мелких и средних габаритов
Обработка щелочными пастами	Удаление старой краски с изделий больших габаритов
Обработка растворителями (целлозольв, дихлорэтан, ацетон и др.)	Удаление пленок красок с обратимыми пленкообразователями
Обработка специальными смывками	Удаление старой пленки нитроэмалей и других покрытий

ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Балезин, В. И. Бараник, И. Н. Путилова, Применение ингибиторов кислотной коррозии, Госхимиздат, 1948.
2. Л. Бергман, Ультразвук и его применение в науке и технике, ИЛ, Москва, 1956.
3. Я. В. Вайнер, М. Я. Досоян, А. Я. Дринберг, А. А. Тарасенко, И. И. Хаин, Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, 1951.
4. А. А. Маталин и В. С. Рисцова, Чистота поверхностей, подвергаемых нанесению покрытий, Лениздат, 1952.
5. Е. И. Пазюк, Современные установки и технология гидроабразивной обработки, Лениздат, 1953.
6. В. И. Лайнер, Электролитическая полировка и травление металлов, Машгиз, 1957.
7. Г. Д. Козлова, Г. Н. Даражио, Механизированные средства для подготовки металлической поверхности под окраску, Москва, 1956.
8. И. А. Плетнев и В. Ф. Зарубин, Пескоструйная очистка деталей влажным песком, Информационный листок Ленинградского дома научно-технической пропаганды, № 33, Ленинград, 1957.

Глава VII

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Среди различных видов покрытий на металлах видное место занимают неметаллические неорганические покрытия. По своему химическому составу, строению и механизму образования защитные неорганические покрытия весьма разнообразны. К этим видам покрытий относятся окисные, фосфатные, хроматные, эмалевые (силикатные), цементные и т. п. покрытия.

На практике неметаллические неорганические покрытия применяются как для защиты от коррозии, так и для декоративной отделки.

Отдельные виды этих покрытий используют также в качестве грунта под лакокрасочные покрытия, так как они улучшают связь между металлом и красочной пленкой и значительно увеличивают антикоррозионную устойчивость металлических изделий.

Наибольшее распространение имеют окисные и фосфатные покрытия. Эти покрытия образуют на поверхности металлов пленки небольшой толщины, практически не изменяющие размера изделия, вследствие чего они широко применяются в машиностроении и приборостроении для защиты деталей, имеющих точные размеры.

По способу получения различают анодизационные покрытия, получаемые при анодной обработке металлов в электролитах, и химические, создаваемые на металле при воздействии на него химических реагентов без тока от внешнего источника.

К неметаллическим неорганическим покрытиям относятся также широко распространенные в технике эмалевые покрытия на основе силикатов. Эти покрытия обладают хорошей химической устойчивостью и термостойкостью при температуре до 450—550°.

Указанные выше защитные покрытия должны иметь хорошее сцепление с основным металлом, быть механически прочными, сплошными и достаточно водо- и газонепроницаемыми.

2. ОКИСНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛАХ

Естественные пленки окислов, образующиеся под влиянием кислорода воздуха на железе, стали и чугуне, хотя и сообщают металлу некоторую пассивность, все же не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Для повышения защитных свойств искусственно получают на поверхности металла более плотные, толстые и прочные окисные пленки.

Окисные покрытия получаются в процессе оксидирования, при котором на поверхности образуется тонкий слой окислов железа, причем внутренние слои богаты закисью, а наружные — окисью железа.

В воде и во влажной атмосфере защитные свойства окисных покрытий недостаточны. Окисные пленки хорошо удерживают тонкий слой смазки, что дает возможность повысить защитные свойства покрытий. Практикуется также нанесение на оксидированные детали натуральной олифы, разведенной бензином в отношении 1 : 1, с последующей сушкой при 60—70° в течение 2—3 часов.

Оксидирование черных металлов производится термическим, щелочным и бесщелочным (кислотным) способом. Эти процессы на практике носят также название «воронение».

Термический способ оксидирования в последнее время имеет ограниченное применение. Он заключается в нагреве изделий до 600—650° с последующей обработкой перегретым паром и восстановителем. К термическому способу относится также погружение изделий в расплавленные соли щелочных металлов при температуре около 300°.

Щелочное оксидирование производится путем обработки изделий в горячих и концентрированных растворах едких щелочей в присутствии различных окислителей. Обычно применяется раствор следующего состава: нитрит натрия 200—250 *г* и едкий натрий 600—800 *г* на 1 *л* воды. В этом растворе изделия нагревают до 135—145°. Время обработки устанавливается в зависимости от содержания в металле углерода в пределах, указанных в табл. 14 (стр. 148).

Внешний вид получаемой окисной пленки можно изменять при применении различных окислителей. Так, нитраты щелочных металлов дают слегка матовую пленку с глубокой черной окраской, хроматы калия дают черную пленку с красноватым оттенком, нитриты — синевато-черную блестящую пленку.

Добавление щавелевокислых солей сообщает оксидному покрытию красивый синеватый оттенок.

После обработки изделия тщательно промывают в горячей воде, обдувают воздухом, сушат 5—10 мин. при 80—90°, а затем покрывают машинным маслом или разогретой до 100° пушечной

смазкой. При нормальных условиях эксплуатации смену раствора производят каждые 4—6 месяцев. Периодически каждые 5—6 дней производят анализ раствора на содержание NaOH, $NaNO_3$ и $NaNO_2$. Образование покрытия коричневого оттенка указывает на недостаток щелочей, зеленого оттенка — на избыток щелочи. Красноватый налет свидетельствует о небольшом избытке окислителя. О происшедшем изменении концентрации раствора судят по температуре кипения. Понижение температуры кипения раствора (при сохранении рабочего объема неизменным) указывает на общее обеднение раствора. Основной расход рабочего раствора происходит за счет механического уноса с изделиями.

ТАБЛИЦА 14

Режим щелочного оксидирования стальных изделий

Содержание углерода в стали, %	Рабочая температура, °С		Время выдержки в ванне, мин.
	начальная	конечная	
> 0,7	135—137	143	10—30
до 0,7	135—140	150	30—50
до 0,4	142—145	153—155	40—60
до 0,1	—	—	—
(легированные стали)	142—145	153—155	60—90

В процессе эксплуатации ванны необходимо следить за качеством подготовки и очистки поверхности. При недостаточном обезжиривании покрытие получается пятнистым. Исправление дефекта может быть произведено путем травления изделий в кислоте и повторения снова всего технологического процесса оксидирования.

Бесщелочное (кислое) оксидирование. Защитная пленка, получаемая по этому методу (предложен И. И. Хаиным), состоит из фосфатов кальция и окислов железа и имеет черный цвет. По коррозионной устойчивости и механической прочности получаемая по этому методу пленка превосходит пленку, образующуюся в щелочно-нитратных растворах. Толщина пленки около 5 *мк*.

Раствор для кислотного оксидирования имеет следующий состав (в *г/л*):

Азотнокислый кальций	80—100
Перекись марганца	10—15
Ортофосфорная кислота	3—10

Рабочая температура ванны 100° (при кипении), продолжительность выдержки деталей в ванне 40—45 минут — до прекращения газовыделения. Содержание свободной ортофосфорной кислоты в растворе поддерживается в зависимости от марки

стали: для углеродистых марок стали 3—5 *г/л*, для легированных сталей и чугуна 5—10 *г/л*.

При содержании свободной ортофосфорной кислоты ниже 2 *г/л* пленка приобретает мелкокристаллическое строение и менее устойчива. При содержании кислоты выше 10 *г/л* поверхность изделий протравливается, пленка становится рыхлой, непрочной, с черным мажущим налетом.

На поверхности деталей иногда, преимущественно в начальный период работы ванны, появляется белый налет нерастворимых соединений кальция, который легко удаляется при последующих промывках и промасливании.

Оксидирование производится в железных ваннах, при этом на дне ванны накапливается осадок темно-серого цвета, который следует периодически удалять при очистке ванны. Часть шлама следует в ванне оставлять, так как это обеспечивает правильное соотношение компонентов в растворе.

Корректировка раствора производится по результатам анализа. В пусковой период при непрерывной эксплуатации и полной загрузке ванны корректирование на содержание ортофосфорной кислоты производится не реже двух раз в смену.

Нужно иметь в виду, что работа в новой железной ванне связана с повышенным расходом фосфорной кислоты на оксидирование внутренней поверхности самой железной ванны. Лишь после того как сама ванна «заворонится», расход фосфорной кислоты входит в норму.

При бесщелочном воронении необходимо тщательно очищать и обезжиривать детали, так как при плохой очистке получается много брака вследствие того, что пленка покрывает поверхность изделия не полностью. В случае получения неудовлетворительных покрытий они удаляются с деталей легким травлением в соляной кислоте.

Бесщелочное оксидирование черных металлов отличается бóльшей экономичностью по сравнению со щелочным оксидированием и имеет бóльшее распространение.

3. ОКИСНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛАХ

Оксидированию подвергаются главным образом алюминий, магний, цинк и медь. Химическое оксидирование алюминия и алюминиевых сплавов производится при помощи растворов, содержащих щелочь и хроматы щелочных металлов.

Изделия предварительно обезжиривают в течение 3—5 минут при 50—60° в растворе, содержащем 50 *г* тринатрийфосфата, 5—10 *г* едкого натра и 10 *г* жидкого стекла на 1 *л* воды. При наличии на изделии значительного слоя смазки перед химическим обезжириванием производят промывку в ацетоне или

в трихлорэтилене. После указанной подготовки изделия оксидируются в течение 15—25 минут в железной ванне с бортовым отсосом при 85—100° в растворе следующего состава (в *г*): сода кальцинированная — 50, хромовокислый натрий — 15, едкий натр 2—2,5 на литр воды.

Полученные пленки не обладают достаточными защитными свойствами и поэтому для уплотнения (заполнения пор) производят обработку изделий после оксидирования в растворе 20 *г* хромового ангидрида на 1 *л* воды.

Изделия промывают в холодной, а затем в теплой воде (не выше 50°) и сушат при температуре до 60°.

Оксидированные поверхности обычно закрашиваются цинкхроматным грунтом марок АЛГ.

Химическое оксидирование цинка производится обработкой изделий в растворе, содержащем двухромовокислые соли 180—200 *г/л* и серную кислоту 10—40 *г/л*. Такая обработка приводит к образованию на поверхности цинка хроматной защитной пленки состава $Cr_2O_3CrO_3 \cdot xH_2O$. Толщина пленки 0,5 *мк*.

Хроматные пленки разрушаются при температуре выше 65°.

При обработке покрытия в воде пленка гидролизуется, освобождая растворимый шестивалентный хром.

Цвет хроматной пленки на цинке имеет радужную окраску — желтую, золотистую и оливково-зеленую.

При выщелачивании соединений шестивалентного хрома желтая окраска исчезает, пленка при этом приобретает зеленоватую окраску. Аналогичным образом получают защитные хроматные покрытия на магниевых сплавах.

Обработку производят в растворах, содержащих смеси двухромовокислых солей с серной, фосфорной или азотной кислотой. Пленки обычно состоят из гидратированных смесей окисей магния и хрома.

Обычно применяется раствор, содержащий 180 *г/л* $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ и 190 *мл/л* концентрированной HNO_3. Обработка производится при комнатной температуре в течение 0,5—2 минут. После промывки изделия обрабатывают для заполнения пор в кипящем растворе 100—150 *г/л* $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ в течение 30 мин.

Хроматное покрытие на магниевых сплавах является хорошим подслоем для лакокрасочных покрытий. Для улучшения адгезии краски целесообразно поверхность металла протравить перед обработкой в хроматном растворе.

Оксидированием меди и ее сплавов получают окисные пленки различной толщины. Обычно для оксидирования меди, бронзы, латуни и других медных сплавов применяют щелочно-персульфатные растворы.

Для оксидирования применяют раствор следующего состава (в *г*): персульфат калия 12—15, едкий натр — 50, вода — 1 *л*. Оксидирование производят при 60—65° в течение 5—10 мин. Толщина покрытия зависит от условий и режима оксидирования.

4. АНОДИЗАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛАХ

Получение прочной окисной пленки на некоторых цветных металлах может быть достигнуто при их анодной поляризации в соответствующих электролитах. Особенно легко поддается анодной обработке алюминий. Анодные пленки могут быть также получены на магнии и цинке, однако защитные их свойства не столь эффективны, как на алюминии.

Анодизационные покрытия на алюминии получают при обработке постоянным или переменным током в кислых растворах. При обработке постоянным током изделия являются анодом, а катодом служит свинец или алюминий; при переменном же токе анодами и катодами служат оксидируемые изделия. В зависимости от времени, условий обработки и количества проходящего тока на поверхности образуется безводная окисная пленка различной толщины. В то время как естественная окисная пленка на алюминии имеет толщину порядка 0,01 *мк*, анодная обработка позволяет получить сравнительно толстые пленки окиси алюминия на алюминии и алюминиевых сплавах (в отдельных случаях до 250 *мк*).

В качестве электролита применяют серную, хромовую и щавелевую кислоты. Наиболее простым и эффективным способом оксидирования является сернокислый. Оксидированные в серной кислоте изделия из алюминия и его сплавов обладают высокой коррозионной стойкостью во влажной атмосфере и в морской воде. Кроме того, окисные пленки, полученные по этому методу, обеспечивают хорошее сцепление лакокрасочных покрытий с металлом.

Сернокислотное оксидирование производится в растворе серной кислоты 180—200 *г/л*, при 16—25°, плотности тока 1—2 *а/дм*^{2}, напряжении 10—20 *в*; продолжительность обработки 20—30 мин.

Технологический процесс обработки изделий складывается из следующих операций: 1) обезжиривания деталей; 2) промывки в теплой и холодной воде; 3) осветления в растворе CrO_3 100 *г/л*, H_2SO_4 (уд. в. 1,8) 10—20 *г/л* в течение 1—2 мин. при 18—23°; 4) промывки в холодной проточной воде; 5) анодного оксидирования; 6) промывки в холодной проточной воде; 7) уплотнения в растворе $K_2Cr_2O_7$ 100 *г/л* при 95—100° в течение 20 мин.; 8) промывки в холодной проточной воде; 9) сушки; 10) контроля окисной пленки; 11) нанесения цинкхроматного грунта; 12) сушки в течение 30 мин. при 60—70°.

Контроль качества пленки производят капельным способом по методу ВИАМ при помощи раствора, состоящего из 7,5 *мл* дестиллированной воды, 3 *г* $K_2Cr_2O_7$ и 25 *мл* HCl (уд. в. 1,19).

На оксидированную поверхность при помощи пипетки наносят одну или две капли указанного раствора и отмечают время с момента нанесения капли до начала позеленения.

Если время до начала позеленения соответствует нормам, приведенным в табл. 15, то качество оксидных пленок считается хорошим.

ТАБЛИЦА 15

Определение качества оксидных пленок по капельному методу

Оксидированный материал	Время (в мин.) до начала позеленения капли в зависимости от температуры испытуемого раствора и окружающей среды							
	до уплотнения окисной пленки				после уплотнения окисной пленки в хромпике			
	температура, °С							
	18—20	21—22	23—25	26—30	18—20	21—22	23—25	26—30
Дюралюмин плакированный	14,0	12,0	10,0	8,0	24,0	22,0	20,0	18,0
Дюралюмин неплакированный	1,5	1,2	1,0	0,7	6,0	4,5	4,0	3,5
Алюминиево-магниевый сплав АМг	25,0	22,0	20,0	20,0	40,0	35,0	30,0	25,0
Алюминиево-марганцевый сплав АМц	23,0	21,0	18,0	16,0	32,0	30,0	26,0	21,0

Механизм процесса оксидирования алюминия в серной кислоте, строение анодной пленки и рост ее при анодировании изучен Н. Д. Томашовым и его сотрудниками [7].

В начальной стадии процесса под влиянием кислого электролита естественная окисная пленка растворяется, а затем начинает образовываться пленка анодного покрытия поверхности. Под действием тока образующаяся пленка гидроокиси обезвоживается и приобретает пористое строение. Рост пленки происходит за счет обмена ионами алюминия и кислорода. Под пористой пленкой по предположению Н. Д. Томашова [5, 7] возникает сплошная пленка. Рост пленки при анодном оксидировании идет не с внешней стороны, как это обычно происходит при электролитическом осаждении, а под пленкой в глубь металла.

На рис. 43 дана схема структуры анодной пленки.

На внешней поверхности металла пористая пленка толщиной до 100 *мк* и выше, под ней тонкая сплошная пленка 0,01—0,7 *мк*.

Оксидирование алюминия и его сплавов в хромовой кислоте применяют главным образом для оксидирования плакированного материала, а также сплавов марок АМг и АМц. В качестве

электролита применяют трехпроцентную хромовую кислоту. Температура ванны около 40°, плотность тока 0,3 *а/дм*². Выдержка в ванне до 60 мин. Напряжение (при ступенчатом повышении) до 50 *в*.

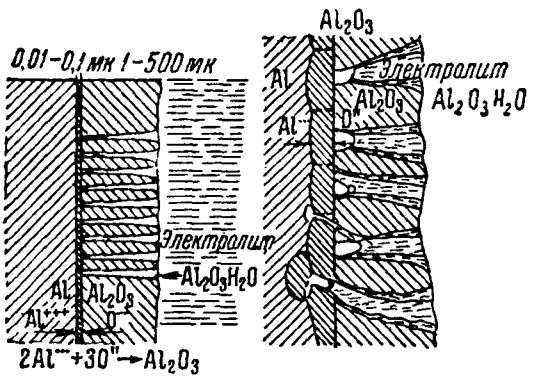


Рис. 43. Схема структуры анодной окисной пленки и механизм ее роста (по Томашову)

Для получения электроизоляционных пленок оксидирование обычно производится в щавелевой кислоте. Процесс ведут как на постоянном, так и на переменном токе.

Рецептура электролита и режим работы приведены в табл. 16.

ТАБЛИЦА 16

Состав электролита и режим оксидирования в щавелевой кислоте

	На постоянном токе	На переменном токе
Состав электролита		
Щавелевая кислота, *г/л*	20—100	50
Хромовый ангидрид, *г/л*	—	1
Режим оксидирования		
Напряжение, *в*	40—60	40—60
Плотность тока, *а/дм*²	1,5	3
Температура ванны, °С	30	30
Продолжительность оксидирования, мин.	40	50—60
Толщина пленки, *мк*	12—15	10—11

В обоих случаях получаются пленки хорошего качества. Пленка имеет бледно-золотистый и темно-золотистый цвет, что облегчает контроль сплошности и качества покрытия.

Анодные окисные пленки обладают высокой адсорбционной способностью. Свежеосажденные пленки способны адсорбировать из растворов различные органические и неорганические соединения. Это свойство широко используется для увеличения защитных свойств пленок путем обработки водными растворами пассивирующих веществ. Наиболее активными пассиваторами являются водные растворы бихромата калия или натрия.

Уплотнение (закупорка пор) может также производиться путем обработки в горячей или кипящей воде, при этом окись алюминия переходит в метагидрат $Al_2O_3H_2O$, причем уменьшаются адсорбционные свойства. Значительно повышаются защитные свойства пленок при обработке их гидрофобными веществами — парафином, воском, вазелином и т. п., а также различными пленкообразующими веществами — олифами, лаками и т. п.

Анодные покрытия широко применяются в качестве основы для нанесения лакокрасочных покрытий, они увеличивают адгезию краски с металлом, повышают срок службы лакокрасочных покрытий, играя роль инертной пленки между металлом и слоем краски. Анодное покрытие уменьшает вредное действие влаги, проникающей через лакокрасочное покрытие.

Адсорбционная способность анодных окисных пленок дает возможность производить декоративное окрашивание пленок водными растворами органических красителей. Необходимо применять для этой цели свето- и теплоустойчивые красители.

Окрашивание оксидированного алюминия можно производить также растворами соответствующих минеральных солей, которые в результате последовательной обработки образуют на поверхности металла не растворимые в воде окрашенные соединения. По сравнению с органическими красителями неорганические соединения дают более светостойкое окрашивание. При окрашивании минеральными солями свежеоксидированные детали выдерживаются в каждом растворе 6—8 мин.

В табл. 17 приведен перечень органических красителей, а в табл. 18 — минеральных солей, применяющихся для окрашивания оксидированных деталей.

Для окрашивания оксидированного алюминия «под золото» применяются разнообразные составы, содержащие оранжевый краситель с добавкой красного, желтого и черного красителя [8]. Применяются преимущественно хромовые кислотные красители.

Анодирование магния и его сплавов производят в растворах $Na_2Cr_2O_7$ и NaH_2PO_4. Покрытия получаются тонкими и в сравнении с анодированным алюминием обладают пониженными защитными свойствами. Увеличение коррозионной стойкости достигается нанесением лакокрасочных покрытий.

Анодные покрытия на цинке получают при обработке в электролитах, содержащих хромовую кислоту и ее соли.

ТАБЛИЦА 17

Окрашивание оксидированного алюминия органическими красителями

Красители	ТУ МХП или ГОСТ	Цвет	Концентрация растворителя, *г/л*	Выдержка, мин.
Нигрозин водорастворимый	ГОСТ 4014—48	Черный	4—6	10—25
Ализарин желтый	—	Золотисто-желтый	1—3	5—10
Кислотный синий антрахиноновый	ТУ 243—40	Синий	1—5	5—10
Прямой зеленый ЖХ	ТУ 374—41	Зеленый	3—5	5—10
Основной фиолетовый	ГОСТ 4567—49	Фиолетовый	3—5	10—15
Конго красный	ТУ 478—41	Красный	4—6	6—12
Метиленовый голубой	ГОСТ 5801—51	Голубой	2—3	5—10
Кислотный ярко-оранжевый Ж	ТУ 541—41	Желтый	2—3	5—10
Ализарин кислотный	ТУ 1841—48	От розового до красного	2—5	6—12
Кислотный красный ализариновый	ГОСТ 6135—51		1—5	5—10

ТАБЛИЦА 18

Окрашивание оксидированного алюминия растворами минеральных солей

Наименование солей	Концентрация, *г/л*	Цвет окраски	Получаемое химическое соединение
Уксуснокислый кобальт	60—80	Черный	Окись кобальта
Марганцовокислый калий	15—20		
Гипосульфит	20—50	Золотисто-желтый	Окись марганца
Марганцовокислый калий	20—50		
Хлористый барий	10—50	Белый	Сернокислый барий
Сернокислый натрий	10—50		
Железосинеродистый калий	10—50	От голубого до синего	Берлинская лазурь
Хлорное железо	10—100		
Двухромовокислый калий	60—80	Желтый	Двухромовокислый свинец
Уксуснокислый свинец	120—150		

5. ФОСФАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Фосфатные покрытия получаются при обработке металлических изделий фосфорной кислотой или растворами первичных фосфатов марганца, железа, цинка или кадмия.

Основные свойства фосфатных покрытий, толщина их, структура, а также глубина проникновения в основной металл зависят от подготовки поверхности, состава раствора и режима обработки.

Фосфатные покрытия обладают высокими диэлектрическими свойствами. Выдерживают кратковременный нагрев до 400—500°. Растворимость в воде при 16° — 1,76 *мг/л*, при 90° — 10,63 *мг/л*. В кислотах и щелочах покрытие неустойчиво. Толщина пленки 3—10 *мк*.

Наиболее ценным свойством фосфатных покрытий является способность их пропитываться маслами.

Фосфатные покрытия значительно улучшают сцепление лакокрасочных материалов с металлом, замедляют распространение коррозии под слоем краски, а также в тех местах, где краска нарушена; таким образом они увеличивают срок службы лакокрасочных покрытий.

Особенно эффективны фосфатные покрытия для изделий, окрашиваемых погружением или пульверизацией и имеющих острые углы. Фосфатирование применяют преимущественно для простых углеродистых сталей. Производить фосфатирование высоколегированных сталей, в частности хромованадиевой, хромовольфрамовой и стали с присадкой меди, не следует, так как при этом образуется неравномерная пятнистая пленка, обладающая слабой сцепляемостью.

Фосфатирование применяется также для цинка, кадмия и других металлов.

Качество фосфатного покрытия зависит в значительной степени от качества подготовки поверхности. Лучшим способом подготовки поверхности следует считать очистку песком. Удаления ржавчины и окалины травлением кислотами следует избегать, — оно допустимо лишь при условии последующей обработки травленой поверхности в содовом растворе. Коррозионная устойчивость фосфатного покрытия, нанесенного на поверхность после очистки песком, примерно на 25—35% выше коррозионной устойчивости фосфатного покрытия, нанесенного по травленой поверхности.

Обычно процесс фосфатирования состоит из следующих операций: 1) очистки от ржавчины и окалины, 2) химического обезжиривания, 3) промывки в горячей воде, 4) промывки в холодной проточной воде, 5) химического декапирования (обработки в растворе серной кислоты 60—80 *г/л*), 6) промывки

в холодной проточной воде, 7) фосфатирования, 8) промывки в горячей проточной воде, 9) обработки бихроматом, 10) промывки в горячей проточной воде, 11) сушки, 12) окраски или промасливания, 13) сушки, 14) контроля качества фосфатирования.

На основе практического опыта, а также многочисленных исследований выработано три основных процесса фосфатирования: 1) фосфатирование по нормальному режиму; 2) ускоренное фосфатирование; 3) холодное фосфатирование.

Ограниченное применение имеет также электролитическое фосфатирование.

Фосфатирование по нормальному режиму. Для получения фосфатных покрытий обычно применяется препарат «Мажеф», представляющий собой кислый однозамещенный фосфорнокислый марганец с примесью кислого фосфорнокислого железа и фосфорной кислоты.

Препарат «Мажеф» по ГОСТу 6193 — 52 должен отвечать следующим требованиям. Содержания пятиокиси фосфора в продукте должно быть 46—52%, марганца — не менее 14%, железа 0,3—3%, сульфатов водорастворимых в пересчете на серный ангидрид — не более 0,07%, окиси кальция — не более 0,06%, не растворимого в воде остатка — не более 6%. Общая кислотность — не менее 25 *мл* 0,1 н. раствора едкого натра. Влажность — не более 19%. При растворении препарата в воде образуется двузамещенный фосфат и свободная фосфорная кислота

$$MeH_4(PO_4)_2 \rightarrow MeHPO_4 + H_3PO_4$$

где Me — атом железа или марганца.

В процессе фосфатирования на поверхности стали образуются дву- и трехзамещенные фосфаты железа и марганца. Согласно реакции

$$Fe^{2+} + HPO_4^{2-} \longrightarrow FeHPO_4$$

$$Mn^{2+} + HPO_4^{2-} \longrightarrow MnHPO_4$$

$$3Fe^{2+} + 2PO_4^{3-} \longrightarrow Fe_3(PO_4)_2$$

$$3Mn^{2+} + 2PO_4^{3-} \longrightarrow Mn_3(PO_4)_2$$

Образующиеся $Mn_3(PO_4)_2$ и $MnHPO_4$ кристаллизуются на поверхности фосфатируемого металла. Фосфатная пленка состоит в основном из $MnHPO_4 \cdot 3H_2O$ и $FeHPO_4 \cdot 3H_2O$. На анодных участках происходит растворение железа $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$, а на катодных — выделение водорода $2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2$. Убыль вторичных и третичных фосфатов в растворе возмещается за счет твердой фазы (осадка).

Для приготовления ванны для фосфатирования соль «Мажеф» из расчета 30—33 *г/л* загружают в ванну и заливают холодной

водой. Затем раствор нагревают паром через змеевик до температуры кипения, одновременно перемешивая раствор деревянной мешалкой. После полного растворения температуру ванны снижают до 30—40° и дают раствору отстояться в течение 2—3 часов, после чего берут пробу для анализа. Если анализ покажет нормальную крепость раствора, равную 31—41 точкам (числом точек называется количество миллилитров 0,1 н. раствора NaOH, необходимого для титрования 10 *мл* испытуемого раствора в присутствии фенолфталеина), отстоявшийся раствор декантируют в рабочую ванну. Температуру рабочей ванны доводят до 96—98° и приступают к фосфатированию. Изделия выдерживают в ванне до прекращения выделения водорода примерно 40—65 мин. Для некоторых сортов стали время фосфатирования длится до 2—3 часов.

В процессе работы фосфатной ванны производят корректировку кислотности на основании данных анализа.

Для обеспечения нормальной работы ванны необходимо соблюдать соотношение между общей и свободной кислотностью от 6 : 1 до 8 : 1. Для увеличения общей кислотности добавляют соль «Мажеф». Избыток свободной кислоты нейтрализуют углекислым марганцем.

Загрузку и выгрузку деталей необходимо производить аккуратно, не допуская взмучивания осадка со дна ванны. Загрузка ванны производится из расчета до 5 $м^2$ фосфатируемой поверхности деталей на 1 $м^3$ рабочего объема раствора.

Ускоренное фосфатирование. Нормальное фосфатирование продолжается 60 и более минут. Поэтому много внимания уделяется ускоренным методам фосфатирования. Наиболее старым методом ускоренного фосфатирования является так называемая бондаризация. По этому методу в обычный фосфатный раствор добавляют соли металлов, имеющие более положительные, чем у железа, потенциалы, например соли меди

При наличии катиона меди в фосфатном растворе в процессе фосфатирования на поверхности железа выделяется контактная медь, в результате чего на фосфатируемой поверхности образуется большое количество микрокатодов. Последние способствуют растворению железа, что, в свою очередь, приводит к насыщению растворами фосфата железа и ускорению кристаллизации дву- и трехзамещенных фосфатов на поверхности изделия.

Для ускоренного фосфатирования к обычной ванне добавляют 0,2—0,3 *г/л* окиси меди, смесь кипятят, а затем после отстаивания производят фосфатирование при 95—98°. Продолжительность обработки 8—10 мин.

Получаемые пленки хотя и обладают высокой адгезионной способностью по отношению к лакокрасочным покрытиям, од-

нако по коррозионной стойкости значительно уступают покрытиям, полученным по нормальному режиму. По этой причине данный метод не может быть рекомендован для надежной защиты от коррозии.

Г. В. Акимов и А. А. Ульянов [2] предложили способ ускоренного фосфатирования в стандартной ванне. Процесс прерывается через 15—25 мин., т. е. до прекращения выделения водорода. За этот промежуток времени успевает образоваться равномерный слой фосфата пористой структуры. Последующая обработка хромпиком и смазкой сообщает покрытию необходимую дополнительную антикоррозионную защиту. Этот метод хотя и сокращает время фосфатирования, но имеет ряд недостатков, присущих процессу фосфатирования солями «Мажеф».

Ускорение процесса фосфатирования достигается применением солей цинка. Фосфатирование с солями цинка, как и при стандартном методе, происходит с выделением водорода. Выделяющийся водород, задерживаясь на поверхности изделия, тормозит процесс. При цинкфосфатном методе для быстрого удаления водорода и, следовательно, ускорения процесса в ванну вводят окислители, например азотнокислые соли, которые в водном растворе окисляют водород по реакции

$$NO_3^- + 6H^+ \longrightarrow 3H_2O + N$$

Получающиеся продукты — вода и азот — существенно не изменяют состав и кислотность ванны. Ванну для фосфатирования готовят на основе следующих двух растворов:

Составные части	Раствор № 1	Раствор № 2
Ортофосфорная кислота	140—150 *г*	210—220 *г*
Монофосфат цинка	370—380 „	460—470 „
Азотнокислый цинк	550—560 „	470—480 „
Азотнокислая медь	—	3—5 *г*
Вода	490—500 *мл*	520—530 *мл*

На 9 объемных частей раствора № 1 берут 91 объемную часть воды. Пригодность раствора для фосфатирования определяется числом точек, которое может колебаться в довольно широких пределах между 60 и 80.

При корректировке рабочего раствора на каждую недостающую точку на 100 *л* фосфатирующего раствора добавляют 108 *мл* раствора № 2.

Рабочая температура ванны может изменяться в довольно широких пределах (80—95°), что для производства весьма удобно. Процесс фосфатирования длится 5—8 мин., длительность же газовыделения всего 1,5—2 мин. Количество газов, выделяющихся при цинкфосфатном методе, во много раз меньше, чем

при стандартном методе. Фосфатирование по цинкфосфатному методу особенно эффективно для деталей, имеющих сложную конфигурацию, а также при необходимости нанесения фосфатной пленки на внутренние поверхности стальных трубопроводов, баллонов и бачков, имеющих узкие горловины.

В цинкфосфатных ваннах можно фосфатировать цинк и оцинкованные стальные изделия.

Оцинкованные фосфатированные поверхности приобретают ровный серый бархатистый цвет, повышенную устойчивость против коррозии и хорошую сцепляемость с красками.

Ванну для фосфатирования составляют из монофосфата цинка, нитрита натрия и поверхностноактивного вещества, например натриевой соли нафталиндисульфокислоты.

Холодное фосфатирование. Для холодного фосфатирования известно применение различных растворов, преимущественно содержащих повышенное количество свободных кислот и окислителей. Фосфатные пленки, полученные по способу холодного фосфатирования, имеют мелкокристаллическую структуру и обладают хорошей адгезией с лаками. Имеется много рецептов для холодного фосфатирования. Успешно применяется раствор следующего состава (в *г/л*): «Мажеф» 30, фосфорная кислота 0,1—1,0, азотнокислый цинк 60, азотнокислый натрий 4—5. Выдержка 30—40 мин. при комнатной температуре.

Холодное фосфатирование может быть применено для изделий и конструкций больших размеров путем нанесения разбрызгиванием с последующим удалением избытка раствора при помощи спирта, воды или промывки при применении щеток с последующей протиркой ветошью.

Фосфатирование вне ванн может быть также произведено при помощи фосфатирующих паст. Такие пасты получаются замешиванием 3 ч. фосфатирующего раствора с 2 ч. талька.

Фосфатирующий раствор представляет собой раствор монофосфата цинка. Крепость 65 точек. В качестве ускорителя добавляется нитрит натрия в количестве 1,5 *г/л*. Отношение содержания в растворе свободной фосфорной кислоты к общей кислотности должно быть в пределах от 1 : 14 до 1 : 17. Продолжительность фосфатирования 1 час.

Фосфатирование струйным методом. При этом методе поверхность детали или конструкции равномерно подвергается обработке струей фосфатирующего раствора, подаваемого под давлением. Подобным же струйным методом могут быть выполнены и все подготовительные операции, как-то: обезжиривание в щелочном растворе, промывка горячей и холодной водой и т. д. Устройство для струйного фосфатирования конструктивно выполняется в виде прямого или подковообразного туннеля, в котором установлен подвесной или ленточный конвейер. Туннель

разделен на отдельные камеры, причем в каждой камере выполняется одна операция. Камеры оборудованы кольцевыми душевыми установками для подачи рабочих растворов или воды на изделия.

Состав для фосфатирования может быть получен на основе следующих двух растворов:

Раствор № 1

Окись цинка	450 *г*
Фосфорная кислота (уд. в. 1,7)	550 *г*
Азотная кислота (уд. в. 1,4)	1 *кг*
Сода кальцинированная	80 *г*
Вода	1 *л*

Раствор № 2

Едкий натр	300 *г*
Гипохлорит натрия	17 *г*
Вода	1 *л*

При приготовлении указанных растворов разводят окись цинка небольшим количеством воды до кашеобразного состояния и небольшими порциями вводят в смесь фосфорной и азотной кислот, наблюдая, чтобы температура раствора не превышала 45—50°. К полученному раствору добавляют раствор соды в воде. Для получения 10 *л* рабочего раствора берут 1,2 *л* раствора № 1, размешивают с 7,5 *л* воды, затем медленно приливают 160 *мл* раствора № 2, предварительно разведенного в 1 *л* воды. К полученному раствору добавляют 10—15 *г* нитрита натрия, растворенного в 120—150 *мл* воды. Приготовленный указанным способом раствор может иметь небольшой осадок. Общая кислотность около 50—60 точек; pH 2,3—2,6. Продолжительность фосфатирования 5—6 минут при 25—30°.

Струйный метод наиболее пригоден для фосфатирования крупногабаритных изделий.

Электролитическое фосфатирование. Электролитическое фосфатирование имеет весьма ограниченное применение. Проводят его в 3—5%-ном растворе первичных фосфатов цинка, применяют переменный ток, действующий деполяризующе на выделяющийся водород. Режим электролитического фосфатирования следующий: температура ванн 60—70°; выдержка 4—5 мин.; плотность тока 4—5 *а/дм*^{2}; напряжение 20 *в*. При электролитическом фосфатировании получается плотное межкристаллическое покрытие.

Обработка фосфатного покрытия бихроматом. Для увеличения антикоррозионных свойств фосфатного покрытия, изделия, прошедшие фосфатную ванну, промывают в горячей проточной воде, после чего обрабатывают бихроматом калия (50—80 *г/л*) в течение 10—15 мин. при 70—80°. Далее, изделия снова

промывают в горячей воде, затем сушат при 105—110°, после чего следует либо нанесение лакокрасочного покрытия, либо пропитка фосфатного слоя маслом или смазками. В зависимости от технических требований применяются пушечное сало, вазелин или минеральные масла.

Нанесение смазки производится путем погружения детали в 6—8% раствор пушечного сала или вазелина в скипидаре. Температура раствора 35—45°, выдержка 1—3 мин. После нанесения смазки детали сушат при 70—80° до удаления скипидара. Промасливание минеральным маслом производят при 110—115°.

Контроль качества фосфатных покрытий. Производится внешним осмотром, обработкой в 3%-ном растворе NaCl, а также капельным методом. Покрытие должно быть равномерным, без пятнистости, серого или темно-серого цвета. Фосфатный слой должен иметь плотную мелкокристаллическую структуру и не должен иметь царапин, забоев и т. п. дефектов. При выдерживании в 3% растворе NaCl в течение 12 часов на поверхности образцов не должно быть следов коррозии. При испытании по капельному методу на непропитанное маслом фосфатное покрытие наносят одну каплю реагента, состоящего из 40 *мл* 0,4 н. раствора $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; 20 *мл* 10% раствора NaCl; 0,8 *мл* 0,1 н. раствора HCl.

ТАБЛИЦА 19

Шкала стойкости фосфатных покрытий

Время до изменения цвета капли	Норма стойкости фосфатных покрытий
Более 5 мин.	Высшая
5 мин.	Нормальная
2—4 мин.	Средняя
До 1 мин.	Низкая

Через определенный промежуток времени, вследствие контактирования капли через поры с железом, цвет капли из голубого переходит в желтый, светло-зеленый или красный.

Коррозионная стойкость фосфатного покрытия определяется временем, фиксируемым по секундомеру, с момента нанесения капли до момента изменения ее цвета.

В табл. 19 приведена шкала стойкости фосфатных покрытий.

6. СИЛИКАТНЫЕ ЭМАЛЕВЫЕ ПОКРЫТИЯ

Силикатные эмали представляют собой стеклообразную массу, получаемую сплавлением при высоких температурах естественных минералов, образующихся при выветривании полевого шпата, горных пород (песок, глина) со специальными плавнями (сода, поташ, фториды и т. п.), понижающими температуру плавления взаимодействующих веществ. Эмали содержат окрашивающие пигменты и вещества, обеспечивающие сцепление.

Различают грунтовые и покровные эмали. Первые обеспечивают сцепление эмалевого покрытия с металлом и повышают эластичность покрытия, а покровные эмали создают собственно защитное покрытие. В ряде случаев необходимость в грунтовой эмали отпадает. Основное требование к эмалевому слою — термическая устойчивость, которую возможно осуществить при удачном подборе грунтового слоя.

Состав эмалей колеблется в широких пределах. Примерный состав (в %) грунтовой (*а*) и покровной (*б*) кислотоупорных эмалей следующий:

	а	*б*
SiO_2	50—65	>60
Na_2O	10—20	10—20
Al_2O_3	6—12	5
B_2O_3	5—6	5
K_2O	4—8	10
CaF_2	2—6	—
MgO	0,3—1,0	—
CaO	0,2—1,0	10
Mn_2O_3	0,2—1,0	—

Шихта составляется из кварцевого песка, шпата, глины, соды и т. д. Технологический процесс состоит из приготовления самой эмали путем плавления шихты в ванной печи при 1250—1300°, ее нанесения на поверхность металла и обжига при 850—900° до спекания нанесенной массы. Получаемое покрытие имеет большую прочность (300—800 *кг/см²* при растяжении и 6000—12500 *кг/см²* при сжатии), твердость по Моосу 5—7, теплопроводность $\sim 0{,}85$ *ккал/м · час · град.*

Эмалирование нашло широкое применение для покрытия химической аппаратуры, в пищевой промышленности и в быту при условии, что температура эксплуатации не превышает 300°.

Недостатками эмалирования являются: сложный технологический процесс, связанный с применением высоких температур, сравнительная хрупкость покрытий и затруднительность ремонта при растрескивании или разрушении эмали. Для ремонта пользуются либо замазками на основе жидкого стекла, либо повторной эмалировкой.

7. ЦЕМЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Цементные покрытия получают на основе минеральных материалов, которые после нанесения не требуют обжига. Они применяются как замазки для уплотнения швов и создания герметичности, например при футеровке, или для покрытия поверхности с целью ее защиты от действия окружающей среды.

В качестве кислотоустойчивой защиты часто применяются

силикатные кислотоупорные цементы, состоящие из: 1) связующего вещества — жидкого стекла, 2) наполнителя — богатой кремнеземом горной породы (например, андезита), 3) ускорителя схватывания и твердения, в качестве которого применяют кремнефтористый натрий. Так, берут 100 *г* тонкоизмельченного андезита; 20 *л* раствора жидкого стекла (уд. веса 1,36) с модулем 2,8 и 5—10 *кг* кремнефтористого натрия.

Глетноглицериновые цементы изготовляют из 4,5 вес. ч. глета и 1 вес. ч. 90—85%-ного глицерина. Цемент схватывается в течение получаса и через несколько часов твердеет; он хорошо сцепляется с металлом, керамикой, стеклом и выдерживает нагревание до 300°. К цементу также добавляют минеральные наполнители (андезит, кварцевый песок и др.) в количестве 30—50% от веса глета.

Бетонные покрытия на основе портланд-цемента хорошо защищают сталь от действия речной и морской воды, однако кислоты быстро их разрушают.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. К. Алексеев, М. М. Карабинский и В. А. Макаров, Производство стальной эмалированной аппаратуры, Лениздат, 1949.
2. Г. В Акимов и А. А. Ульянов. Ускоренное фосфатирование стальных изделий от коррозии, Изд. АН СССР, 1946.
3. Г. М. Бадальян, Защита металлов фосфатными и окисными пленками, Судпромгиз, 1952.
4. П. К. Говорко, Оксидирование металлов, Машгиз, 1951.
5. А. Г. Самарцев, Оксидные покрытия на металлах, Изд. АН СССР, 1944.
6. Сборник «Атмосферная коррозия металлов», Металлургиздат, 1951.
7. Труды Института физической химии, вып. 1. Изд. АН СССР, 1951.
8. Э. И. Орловский, Анодирование алюминия в производстве товаров широкого потребления, Лениздат, 1957.

Глава VIII

ОРГАНИЧЕСКИЕ ФУТЕРОВОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ И СМАЗКИ

1. ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ

В отличие от обычно применяемых растворов высокополимеров для лакокрасочных покрытий, в ряде случаев для футеровки резервуаров, химаппаратуры и т. п. применяются высокомолекулярные полимеры в виде заранее приготовленных пленок или пластин, наносимых путем приклейки к металлу [1, 2].

Таким способом получают покрытия из мягкой резины (гуммирование), поливинилхлорида (винипласт), полиэтилена, полиизобутилена, полифторвинила и других высокомолекулярных полимеров линейного строения.

Технологический процесс приклеивания листовых или пленочных защитных материалов, а также каучуковых обкладок обычно начинается с подготовки поверхности металла, которая не отличается от подготовки поверхности к окраске (стр. 124—145). Затем следует процесс грунтования поверхности металла раствором клея или лака. В ряде случаев такой процесс повторяется несколько раз. Листы или пленки перед приклейкой подвергают предварительной подготовке — очистке от талька или других загрязнений путем протирки растворителем; после этого поверхность смазывается клеем, лаком или растворителем. После некоторой подсушки клея или лака листы или пленки прикатываются роликами к подготовленной поверхности металла. В ряде случаев металл перед приклейкой листов рекомендуется нагреть.

В случае применения каучуковой обкладки (гуммирования) изделия после приклейки подвергают вулканизации при 150—170° при давлении пара ок. 3 *атм* в течение 2—5 часов. Как уже указывалось, при вулканизации происходит превращение каучука в трехмерный полимер, в результате чего сильно увеличивается прилипание к металлу (до 70 и более *кг/см*^{2}). Виниловые насыщенные полимеры, неспособные к вулканизации, прилипают значительно хуже, однако их устойчивость к действию химических агентов выше, чем у резины,

Винипластовые «фольги». Подготовленную поверхность металла покрывают тремя слоями перхлорвинилового клея. После высыхания клея металл подогревают до 130—140°. При этом происходит размягчение и пожелтение пленки клея. Фольга, смазанная двумя слоями клея, предварительно подогревается, наклеивается внахлестку и прикатывается роликом. Швы перекрывают полоской фольги на клею или приваривают ее горячим воздухом.

Воздух подается нагретым до 220—230° из специальных сварочных горелок [4] таким путем, чтобы прогревались кромки обоих соединяемых листов. Кромки размягчаются и при прокатке стальным роликом удается получить прочный соединительный шов за счет самослипания винипласта.

Полиизобутиленовые пленки и листы приклеиваются различными клеями. В табл. 20 приведены данные по адгезионным свойствам этих клеев при 20°.

ТАБЛИЦА 20

Адгезионные свойства клеев

Клей	Условия сушки приклеенных листов	Адгезия к стали, *кг/см²*
Термопрен (раствор в стироле 20%-ный)	144 часа при 20°	15,3
Термопрен (раствор в бензине 20%-ный)	48 часов при 20°	6,3
Битумный клей Б-12 (80% битума V и 20% низкомолекулярного полиизобутилена)	48 часов при 20°	5,7
Резиновый самовулканизующийся клей № 88	16 часов при 100°	22

Недостатки полиизобутилена — низкая температура размягчения и малая прочность.

В табл. 21 приведены физико-механические свойства коррозионностойких термопластов [3].

Химическая устойчивость винипласта и полиизобутилена марки ПСГ приведена в табл. 22.

Наряду с приклейкой пластмасс и резины распространен и способ пламенного распыления порошков термопластов. Таким способом получают покрытия из полиэтилена, полистирола и других термопластов, которые можно изготовлять в виде порошков.

Перед нанесением первого слоя обычно подготовленную поверхность металла подогревают до 150—170°. В зависимости от примененного термопласта покрытия делают дву- и трехслойными с общей толщиной 0,3—0,7 *мм.*

ТАБЛИЦА 21

Физико-механические свойства коррозионностойких термопластов

Показатели	Винипласт	Полиэтилен	Фторопласт-4	Фторопласт-3	Полиизобутилен ПСГ
Удельный вес, $г/см^3$	1,38—1,40	0,92—0,95	2,1—2,3	2,14	1,3—1,4
Предел прочности:					
при растяжении, $кг/см^2$	400—600	110—140	160—250	300—350	45—65
» сжатии, $кг/см^2$	800—1600	860—990	—	—	—
» изгибе, $кг/см^2$	800—1200	115	110—140	600—800	—
Удельная ударная вязкость, $кг \cdot см/см^2$	120—180	—	100	20—30	—
Твердость по Бринеллю, $кг/мм^3$	15—16	25	3—4	10—13	65—68 (по Шору)
Теплопроводность при 20° $\frac{кал \cdot 10^{-4}}{см \cdot сек°C}$	3,1	2,1	5,9—6,0	1,4	
Температурный коэффициент линейного расширения	$0,6—0,7 \cdot 10^{-4}$	$7,0—8,3 \cdot 10^{-4}$	$8,0—25 \cdot 10^{-5}$	$6—12 \cdot 10^{-5}$	
Температурный предел применения материала, °C	от —20 до +60	от —45 до +100	от —100 до +250	от —100 до +100	от —40 до +100
Водопоглощение за 24 часа при 20°, %	0,4—0,6	0,01	0,00	0,00	0,00
Удельное объемное электрическое сопротивление, $ом \cdot см$	$1 \cdot 10^{12}$	—	$1,1—1,9 \cdot 10^{16}$	$1,2 \cdot 10^{18}$	

ТАБЛИЦА 22

Химическая устойчивость винипласта и полиизобутилена

Активная среда	Концентрация, %	Температура, °С	Винипласт	Полиизобутилен
Кислота азотная	40	50	+	+
То же	40	90	—	—
Кислота серная	40	60	+	+
То же	96	20	+	±
Кислота уксусная	100	40	—	±
Едкий натр и кали	50	60	+	+
Хлориды, сульфаты, нитраты	Любые	60	+	+
Жиры и масла	100	20	+	—
Спирт этиловый	96	60	±	+
Бензин	100	20	+	—

Примечание: стоек +, нестоек —, относительно стоек ±.

2. ФУТЕРОВОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Асфальто-пековые композиции. Эти композиции состоят из нефтяных битумов, асфальтов, каменноугольного пека с добавками асбестового волокна, окалина и других наполнителей. Мастику наносят в расплавленном состоянии на предварительно подогретую поверхность металла. Толщина покрытий 3—5 *мм*. Применяются асфальто-битумные композиции также в виде листовых материалов для футеровки аппаратуры, емкостей и т. п. К таким материалам относятся: борулин, гидроизол, асбопеколитовые листы и др.

Асфальто-битумные композиции стойки в воде, растворах солей, в серной (до 50%), азотной (до 30%), соляной, фосфорной, сернистой, уксусной (до 20%) кислотах, а также в слабых растворах едких щелочей. Неустойчивы в органических растворителях и в растворах сильных окислителей.

Асбовинил. Хорошим антикоррозионным футеровочным материалом является асбовинил, получаемый на основе лака этиноль и асбеста. Применяется главным образом для футеровки стальной аппаратуры.

Фактисовые покрытия. Фактис представляет собой продукт обработки растительных масел хлористой серой. В качестве защитного покрытия применяют фактис на сурепном масле, а в качестве наполнителей — барит, маршалит, а также окись магния, необходимую для нейтрализации соляной кислоты, образующейся в процессе получения фактиса.

Фактис применяют для футеровки аппаратуры. Он стоек к соляной кислоте — до 25%, серной — до 40%, фосфорной — до 20%, а также к действию растворов цинковых, никелевых,

свинцовых и медных солей, применяемых в гальванотехнике, но не стоек к действию щелочей.

Для получения фактиса смешивают 100 вес. ч. сурепного масла, 3 вес. ч. окиси магния и 190 вес. ч. барита. Смесь тщательно перемешивают и вводят 22% хлористой серы по отношению к сурепному маслу. Массу сразу же наносят на подготовленную поверхность металла, так как в течение 5—10 минут происходит затвердевание массы. Толщина покрытия 6—10 *мм*.

3. ЗАЩИТНЫЕ СМАЗКИ

Защитные смазки применяются для предохранения от коррозии деталей, изделий, механизмов, предметов снаряжения и т. п. при хранении и транспортировке. Основным преимуществом смазок по сравнению с лакокрасочными покрытиями является легкость их нанесения и удаления.

Подготовка поверхности металлов перед нанесением слоя смазки сводится к удалению продуктов коррозии и загрязнений.

Некоторые защитные смазки содержат щелочь и их не следует применять для легких металлов.

Ниже приводятся сведения о наиболее распространенных защитных смазках.

Вазелин технический (ГОСТ 782—53) является универсальной низкоплавкой смазкой, широко применяется в самых различных отраслях техники и народного хозяйства для защиты от коррозии выпускаемых деталей и механизмов. Получается путем загущения минеральных масел твердыми углеводородами — парафином и петролятумом. Примерный состав (в %): масло цилиндровое *11* — 25, веретенное *2* и *3* — 15, парафин — 15, петролятум бакинский — 45.

Пушечная смазка («пушсало», ГОСТ 3005—51) также является универсальной низкоплавкой защитной смазкой, применяемой для консервации металлических поверхностей. Состав (в %): масло цилиндровое *II* 30—35, петролятум 60—65, церезин 5. Смазка содержит в качестве добавки 0,02% щелочи.

Смазка АМС (ГОСТ 2712—52) применяется для защиты от коррозии металлических поверхностей, соприкасающихся с морской водой. Стандартом предусмотрен выпуск двух марок смазок: АМС-1 с содержанием 12% мыла и АМС-3 с содержанием 20% мыла.

Смазка ПП-95/5 (ГОСТ 4113) применяется как защитная смазка общего назначения. Состоит из петролятума с добавкой 5% парафина и 0,02 едкого натра или поташа.

Бензиноупорная смазка БУ (ГОСТ 7171—54) состоит из окисленного касторового масла, загущенного цинковым мылом (полученным на касторовом масле), и глицерина. Применяется для

герметизации и защиты резьбовых соединений и кранов топливных и масляных систем двигателя.

Газгольдерная смазка (ГОСТ 4733—49) отличается высокой химической стойкостью и стабильностью при низких температурах. Предназначается для уплотнения и смазывания затворов сухих газгольдеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Т. Бахвалов. Защитные покрытия металлов в машиностроении, Машгиз, 1949.
2. И. Я. Клинов. Коррозия химической аппаратуры и коррозионные материалы, Госхимиздат, 1950.
3. А. Л. Лабутин. Борьба с химическим разрушением металлов, 1955.
4. К. А. Поляков. Неметаллические химически стойкие материалы, Госхимиздат, 1952.
5. Технические нормы на нефтепродукты, 1955.

Глава IX

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПО МЕТАЛЛАМ

1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЙ

Окрашивание металлов производится с целью защиты от разрушающего действия окружающей среды, а также для придания изделиям красивого внешнего вида.

К лакокрасочным покрытиям, помимо надежной защиты от коррозии, предъявляются самые разнообразные требования в отношении внешнего вида, твёрдости, эластичности, прочности к удару, трению и другим механическим воздействиям, термостойкости, водо- и паропроницаемости и т. д.

Срок службы лакокрасочных покрытий, наносимых на металлы, зависит от следующих факторов:

1) природы окрашиваемого металла (сталь, алюминий, цинк и т. д.);

2) состояния поверхности металла и наличия на ней посторонних веществ (окалина, ржавчина, влага, жировые загрязнения, соли и т. д.);

3) состава лакокрасочного покрытия (плёнкообразующая основа, пигменты, пластификаторы, растворители);

4) характера и условий воздействия среды, в которой покрытия эксплуатируются (атмосферные условия, морская вода, растворы кислот и т. д.);

5) качества окрасочных работ (выбора необходимых лакокрасочных материалов, количества слоёв, метода нанесения, режима сушки и других операций технологического процесса окраски).

Рассмотрим подробно влияние указанных факторов на основные свойства и срок службы покрытий.

Природа окрашиваемого металла. В первую очередь природа окрашиваемого металла сказывается на одном из самых существенных свойств лакокрасочных покрытий — адгезии. Как было указано (стр. 58—66), сила прилипания лакокрасочной плёнки является результатом сложения различных сил: 1) электростатического притяжения зарядов двойного электрического слоя (микроконденсатор), образованного на поверхности раздела плёнка —

металл, 2) адсорбции на поверхности металла полярных молекул плёнкообразователя, 3) химического взаимодействия между плёнкообразователем и металлом и 4) механического сцепления между покрытием и металлом, обусловливаемого шероховатостью поверхности.

Электростатические явления играют превалирующую роль в случае покрытия металлов химически непревращаемыми линейными полимерами. При нанесении же химически активных превращаемых пленкообразователей, химически взаимодействующих с поверхностью металла, роль электростатических явлений невелика.

Большое влияние на адгезию покрытий оказывают внутренние напряжения, возникающие в процессе формирования лакокрасочной пленки, а также и ее толщина.

Во всяком случае, первые три составляющие силы, определяющие степень адгезии, различны для разных металлов. Нужно также учесть, что металлы имеют различные коэффициенты теплового расширения, что также сказывается на адгезии лакокрасочных покрытий, особенно при горячей сушке.

Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова [7] установили зависимость прилипаемости различных органических плёнок от природы металла. По величине убывающей адгезионной способности металлы располагаются в следующий ряд: никель > сталь > железо > медь > латунь > алюминий > олово > свинец.

Эти обстоятельства объясняют тот факт, что покрытия, имеющие хорошую адгезию, например, к стали, могут иметь недостаточную адгезию к кадмию и цинку. Для этих металлов необходимо применить покрытия с бóльшей адгезией, либо нужно прибегнуть к специальной подготовке этих металлов (например, к фосфатированию и т. д.).

Природа окрашиваемого металла имеет также значение с точки зрения характера протекающего коррозионного процесса.

Состояние поверхности. Значительное влияние на срок службы лакокрасочных покрытий имеет состояние окрашиваемой поверхности, наличие на ней посторонних веществ — ржавчины, окалины и различного рода загрязнений. Ржавчина и окалина по отношению к железу играют роль катода и усиливают коррозию. Скорость коррозии под влиянием окалины может увеличиться в 30—40 раз. Поэтому при окраске объектов, эксплуатируемых в жестких коррозионных условиях, на удаление окалины и ржавчины необходимо обращать самое серьезное внимание. Различные жировые загрязнения, соли, пыль и т. д. оказывают влияние на прилипаемость покрытия. Таким образом, очистка поверхности металла перед нанесением покрытий имеет большое значение. Технология подготовки металлической поверхности перед окраской подробно описана в гл. VI.

Состав лакокрасочных покрытий. Выбор того или другого лакокрасочного покрытия играет основную роль для эффективной защиты металлов.

Рассмотрим, какое влияние оказывают на устойчивость и протекание коррозионного процесса основные составляющие лакокрасочного покрытия.

Прежде всего необходимо установить, какое влияние оказывает непигментированная лакокрасочная плёнка.

Так как большинство покрытий разрушается в результате проникновения воды через лакокрасочную плёнку, то большое значение имеет водостойкость плёнки.

Водостойкость покрытия складывается из двух величин: набухаемости и водо-(паро-)проницаемости.

Лакокрасочные покрытия, эксплуатируемые в водных средах, подвержены набуханию, в результате чего покрытие увеличивается в объеме, при этом изменяются прочность и другие механические свойства. Набухаемость покрытия главным образом зависит от природы плёнкообразующей основы. Наличие гидроксильных и других полярных групп, примеси низкомолекулярных водорастворимых составных частей способствуют водонабухаемости покрытий. Водонабухаемость является лишь одним из показателей водостойкости и в ряде случаев не характеризует степень проникновения воды через плёнку. Некоторые покрытия набухают, но не пропускают воду. Другие же, наоборот, не набухают, но легко пропускают воду (эфироцеллюлозные и др.).

Все существующие органические плёнкообразующие основы в той или иной степени проницаемы для паров воды. Паропроницаемость плёнки может быть выражена уравнением

$$Q = \frac{Pat\,\Delta p}{l}$$

где Q — количество прошедшего водяного пара, в *г*,
t — время в часах,
a — площадь пленки в *см*^{2},
l — толщина плёнки в *см*,
Δp — разность давления пара в *см* рт. ст.,
P — константа паропроницаемости, имеющая размерность в *г/час/см*^{2}*/см/см* рт. ст.

В табл. 23 приведены числовые величины констант паропроницаемости ($\times 10^8$) для некоторых плёнкообразующих основ [10].

Кроме паронепроницаемости плёнкообразующей основы, весьма важным является сохранение адгезии и устойчивость к проникновению ионов электролита. Некоторые плёнкообразующие основы, имеющие малую паропроницаемость, однако быстро теряют адгезию к металлу.

ТАБЛИЦА 23

Константы паропроницаемости для различных плёнкообразующих основ

Пленкообразующая основа	$P \times 10^6$
Спирторастворимая фенольная смола	0,1
Полиэтилен	0,2
Поливинилхлорид	0,5
Сополимер винилхлорида с винилацетатом 95/5	0,8
То же 87/13	1,0
Полистирол	3,5
Поливинилацетат	30,0
Этилцеллюлоза	77,0
Ацетатцеллюлоза	114,0

В зависимости от природы органической плёнки и коррозионной среды плёнка может иметь различную проницаемость для различных ионов. На поверхности раздела твердого тела с жидкостью возникают электрические заряды, знак которых может быть различным.

Исследования акад. А. Н. Фрумкина [23] показали, что скачок потенциала в данном случае определяется концентрированием вблизи поверхности ориентированных молекул с образованием двойного электрического слоя. Распределение знаков зарядов между обеими фазами подчиняется правилу Коэна, по которому тело с высшей диэлектрической постоянной заряжается положительно, тело с низшей диэлектрической постоянной — отрицательно. Так как вода имеет высокую диэлектрическую постоянную (около 80), то большинство тел приобретает отрицательный заряд, вода же заряжается положительно [24].

Большинство органических веществ, применяемых в качестве плёнкообразующей основы, имеет низкую диэлектрическую постоянную, в результате чего при погружении в воду или электролит на поверхности пленки возникает электрический заряд. Этот заряд обусловливает избирательную проницаемость лишь для определенных ионов. Такая избирательная проницаемость была доказана и изучена Сольнером для нитроцеллюлозы, Мэйне для полистирола, Назини и др. для ацетата целлюлозы, льняного масла и алкидных смол [11].

Таким образом, плёнкообразующая основа краски может оказать влияние на способность пропускать воду, а также те или другие ионы.

Значительное воздействие на защитные свойства лакокрасочного покрытия оказывают пигменты. Введение пигментов в пленкообразующую основу даёт возможность значительно увеличить

длину пути, по которому агрессивная среда может проникнуть к поверхности металла. Для каждого вида связующего существует оптимальное количество пигмента, при котором адсорбция воды с плёнкой наименьшая, а электроизоляционные и защитные свойства наивысшие.

Наиболее водоустойчивой структурой будут обладать те покрытия, которые отвечают более плотной упаковке пигментов в пленке.

Если допустить, что зёрна пигментов имеют одинаковые размеры и шаровидную форму, то при заполнении ими какого-либо объёма мы можем иметь кубическую или гексагональную систему плотной упаковки шаров (рис. 44).

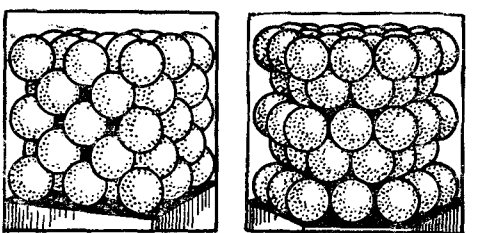


Рис. 44. Наиболее плотные упаковки шаров одинаковых размеров:

а — гранецентрированная кубическая решетка; *б* — гексагональная решетка

Объемная концентрация пигмента, т. е. отношение объема, занимаемого пигментом, ко всему объему пленки, при заполнении по кубической системе равна 52%, при гексагональной — 74%. На практике, конечно, пигменты бывают различных размеров, т. е. они гетеродисперсны, и концентрация может быть еще выше.

Высокая объёмная концентрация пигмента для водостойких связующих способствует повышению механической изоляции поверхности металла от влияния внешней среды. Пигменты чешуйчатого вида, как, например, алюминиевая пудра, значительно более устойчивы к проникновению воды.

Влияние величин объемной концентрации четырех пигментов на проницаемость одного и того же глифталевого лака показано на рис. 45. Приведенные данные [10] показывают, что проницаемость пленки по мере увеличения объемной концентрации сначала уменьшается до минимального значения, соответствующего критической объемной нагрузке пигмента, а затем быстро увеличивается.

Критические объемные концентрации для разных пигментов различны и колеблются в пределах 36—70%. В табл. 24 (стр. 177) приведены критические объемные концентрации для некоторых пигментов, рассчитанные по влагопроницаемости.

Важной характеристикой, особенно для покрытий, эксплуатируемых в электролитах (морской воде и т. д.), является проницаемость пигментированных пленок для ионов.

Киттельбергер и Эльм [11] приводят данные по диффузии хлористого натрия через пленки льняного масла, алкидной смолы, фенольной смолы и поливинилбутираля с различными пигментами. Как и следовало ожидать, пленки на основе смол значительно менее проницаемы, чем масляные пленки. Пигмент может

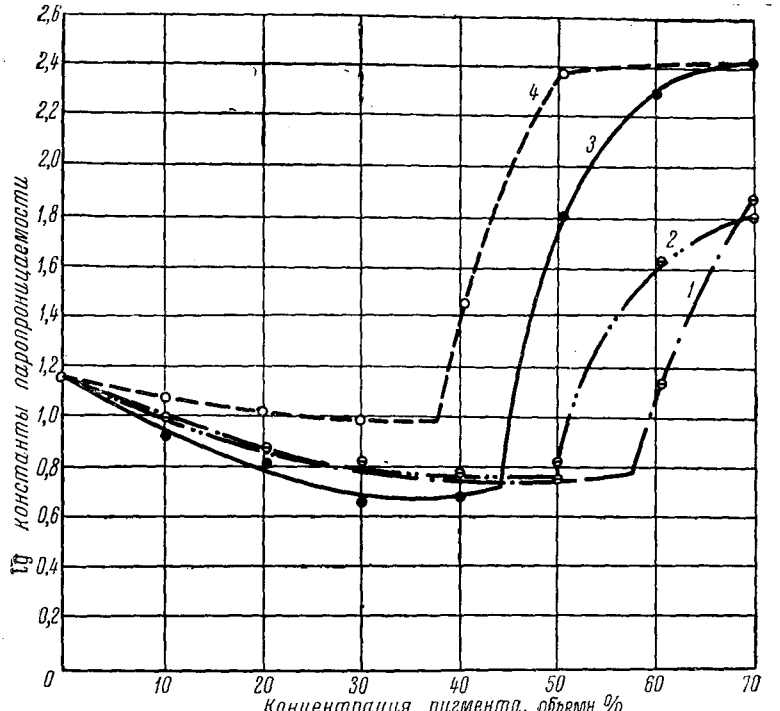


Рис. 45. Паропроницаемость в зависимости от объемной концентрации пигментов:

1 — свинцовый сурик; *2* — цинковый крон; *3* — тетраоксихромат цинка; *4* — свинцовый крон

либо повысить, либо понизить проницаемость пленки для ионов (табл. 25).

На проницаемость плёнок оказывают влияние также пластификаторы и растворители.

Воздействие внешней среды. Покрытия эксплуатируются в самых разнообразных условиях. В связи с этим воздействие внешней среды на покрытие имеет различное влияние. В атмосферных условиях основным фактором является воздействие света, влаги и кислорода воздуха. Эти факторы в значительной степени влияют на старение покрытий. Если покрытия эксплуа-

ТАБЛИЦА 24

Критические объемные концентрации пигментов в различных лаках

Наименование пигмента	Объемные концентрации		
	Масляный лак на льняном масле	Алкидный лак	Фенольный лак
Свинцовый крон	45	38	38
Тетраоксихромат цинка	45	45	52
Хромат цинка	55	50	48
Свинцовый сурик	65	58	68
Окись цинка	55	50	—
Цинковая пыль	70	70	—
Двуокись титана (рутил)	50	47	—
Алюминиевая пудра	45	45	—

ТАБЛИЦА 25

Диффузия NaCl через различные лакокрасочные покрытия

Пигмент	Скорость диффузии NaCl в моль/день/$см^2 \times 10^{10}$			
	Сырое льняное масло	Масляно-алкидная смола	Фенольная смола	Поливинилбутираль
Хромат свинца	1 335	5	22	2 415
Хромат цинка	1 419	1 098	20 900	13 412
Тетраоксихромат цинка	120	1	351	42
Свинцовый сурик	132	30	104	2
Окись цинка	187	10	134	331
Окись железа	19 039	594	576	7 155
Окись железа + окись цинка (85/15)	2 167	392	—	9 575
Алюминиевая пудра	7 981	9	116	17
Цинковая пыль	492	—	—	18
Кремнезём	1 315	3 748	64	388
Непигментированная основа	946	18	2	1

тируются в жидких средах, то наряду с устойчивостью покрытий в этих средах существенным является проницаемость покрытия для этой среды и сохранение адгезии.

Сама по себе химстойкость отдельных материалов не обеспечивает высоких защитных свойств покрытий, так как проницаемость покрытия для паров воды и недостаточная их адгезия могут привести к отслаиванию покрытия от металла. В качестве примера можно указать на высокую химическую стойкость стирола, однако он не может обеспечить надежной защиты стали в агрессивных средах, так как стирол проницаем для воды и имеет невысокую адгезию. При применении химстойких смол нужно учитывать, что другие ингредиенты покрытия, например

пластификаторы, могут сильно снизить химическую стойкость покрытия.

Качество окрасочных работ. Срок службы покрытий в значительной степени определяется качеством проведенных окрасочных работ. При проведении работ должно быть обеспечено строгое соблюдение всех операций технологического процесса окраски. Технологический процесс окраски состоит из следующих основных операций: 1) подготовки поверхности под окраску, 2) грунтования, 3) шпатлевания, 4) шлифования и 5) нанесения промежуточных и внешних слоев покрытия. Необходимо строго соблюдать условия сушки, предусмотренные для данного вида покрытия. Следует учесть, что допущенные ошибки в отдельных стадиях нанесения покрытий не всегда могут быть исправлены при последующих стадиях окраски.

Особенно плохо сказываются на срок службы покрытий остатки флюсов на сварных швах. Эти остатки флюсов должны быть предварительно удалены горячей водой с применением щеток или другими методами, указанными в гл. VI и XIV.

Как было указано ранее, при окраске изделий должна быть обеспечена сплошность покрытий; кроме того, необходимо обращать особое внимание на полноту окраски острых граней, углов и т. п.

2. ВЫБОР И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для того чтобы лакокрасочное покрытие отвечало предъявляемым требованиям как по защите от коррозии, так и по приданию изделию декоративного вида, необходимо прежде всего правильно подобрать систему покрытия, т. е. выбрать лакокрасочные материалы для грунтования, шпатлевания и внешних слоев покрытия.

Следует также обращать внимание на правильное определение количества слоев.

Ранее было показано, что для ответственных покрытий применяют от 4 до 6 слоев (вообще два тонких слоя дают лучшую защиту, чем один толстый). Однако следует отметить, что число слоев определяется составом материалов и условиями эксплуатации покрытий; увеличение числа слоев и толщины покрытий не всегда приводит к лучшим результатам. Так, например, применение для масляных покрытий более трех слоев (цинковые белила и др.) приводит к быстрому растрескиванию пленки. Такая же картина наблюдается при нанесении эмалевых красок. В некоторых случаях, например для химстойких покрытий на основе перхлорвиниловых материалов, практикуют нанесение 10 и более слоев эмали или лака.

При выборе лакокрасочных материалов помимо устойчивости к той или иной среде, пригодности для данного вида металла и хорошей адгезии учитывают еще целый ряд характеристик, как-то:

1. Скорость высыхания при обычной температуре или при горячей сушке, что имеет большое значение при поточном методе окраски изделий.

2. Цвет и его устойчивость в процессе эксплуатации изделия.

3. Пригодность для шлифования и полирования, что имеет большое значение для высококачественной отделки покрытия.

4. Возможность нанесения тем или иным методом.

5. Механическая прочность получаемых покрытий.

6. Огнеопасность и ядовитость составных частей лакокрасочных материалов.

7. Стоимость лакокрасочных материалов.

В большинстве случаев стоимость работ по нанесению покрытий превышает стоимость материалов. По этой причине выгоднее пользоваться более качественными, хотя и дорогими материалами, в конечном итоге дающими меньше затрат, считая на один год службы покрытия.

Сведения о физико-малярных характеристиках и областях применения лакокрасочных материалов приведены в сборнике стандартов и в технических условиях на продукцию лакокрасочной промышленности, части I, II и III (Госхимиздат, 1952), и в справочнике «Химические товары» (Госхимиздат, 1954).

Классификация лакокрасочных материалов. До последнего времени не установлена единая общепринятая классификация, а также система обозначения лакокрасочных материалов. По этой причине названия лакокрасочной продукции в большинстве случаев носят случайный бессистемный характер. ГОСТ 5470—50 предусматривает классификацию масляно-смоляных лаков, т. е. небольшой группы лакокрасочной продукции.

С. В. Якубовичем и В. А. Рубинштейн предложена новая единая классификация и индексация лаков и эмалей [29]. В соответствии с этой классификацией лаки делятся на ряд классов, в зависимости от примененного основного пленкообразователя. Класс лака обозначается буквенным индексом, допускающим легкую его расшифровку, например Кф — канифольный, Бт — битумный, Гф — глифталевый, Нц — нитроцеллюлозный, Хв — поливинилхлоридный или перхлорвиниловый, Кч — каучуковый и т. п. пленкообразователь.

Название лака составляется из наименования класса, обозначаемого двумя буквами, номенклатурного индекса, обозначаемого одной цифрой, и, наконец, порядкового номера лака в данном классе.

Номенклатура лаков отражает области применения и делится (в соответствии с ТУ-КУ 471—56) на следующие 9 групп:

1. Лаки для наружных работ. К этой группе относятся лаки для внешних поверхностей самолетов, автомобилей, железнодорожного и городского транспорта, сельскохозяйственных машин, велосипедов, мотоциклов, оборудования тяжелого машиностроения и т. п.

2. Лаки для внутренних работ. Сюда отнесены лаки для внутренней отделки самолетов, железнодорожного и городского транспорта, приборов и аппаратов, эксплуатируемых внутри помещения, мебели и т. п.

3. Третья группа оставлена в качестве резервной для заполнения по мере возникновения новых материалов, области применения которых не укладываются в предложенную выше номенклатуру.

4. Лаки для художественных работ.

5. Лаки специального назначения. Сюда отнесены лаки для кожи, штемпельные, маркировочные, для светосоставов и т. п.

6. Лаки для временной маркировки. Эти лаки предназначаются для временной защиты металлов от коррозии (на срок до 3 месяцев) на время хранения и транспортировки, а также для временных декоративных работ.

7. Лаки стойкие к агрессивным средам. Сюда отнесены лаки, служащие для защиты поверхностей от действия влаги, кислот, щелочей, солей, газов, горючих растворителей, минеральных масел и т. п.

8. Лаки тепло- и жаростойкие. К этой группе относятся лаки, предназначенные для покрытия изделий, подвергающихся воздействию повышенных температур.

9. Лаки электроизоляционные. Сюда отнесены лаки, служащие для электроизоляционных целей в различных отраслях промышленности.

В соответствии с приведенной классификацией, например, лаку пропиточному № 1154 по ГОСТ 8018—56 присвоен индекс «Гф-95», что обозначает: Гф — лак на глифталевой основе, номенклатурный номер 9 указывает, что лак является электроизоляционным, цифра 5 в индексе обозначает порядковый номер лака в 9 номенклатурной группе.

По такому же принципу предложено строить систему обозначения эмалевых красок. Например, эмаль серая на перхлорвиниловой основе для внутренних работ индексируется — «Эмаль Хв-27».

В настоящем разделе приведены сведения лишь об основных видах лакокрасочных материалов, применяемых для покрытий по металлам [13, 14, 15].

Покрытия на основе масляных красок. Еще недавно масляные краски были основным ведущим видом лакокрасочной продукции.

Благодаря значительным достижениям в области синтетических пленкообразователей применение масляных покрытий систематически снижается.

Однако покрытия на основе масляных материалов все еще широко применяются в качестве антикоррозионных в разнообразных областях промышленности [2, 8, 12, 16].

Масляные покрытия отличаются хорошей атмосферостойкостью, пригодны для холодной и горячей сушки, используются для внутренних и наружных работ, для грунтовых и лицевых покрытий самых разнообразных изделий.

К недостаткам масляных покрытий нужно отнести медленное высыхание, невысокие механические свойства, высокую водонабухаемость и невозможность шлифования и полирования. По этой причине в тех случаях, когда требуется высококачественная отделка, твердость и высокий блеск, масляные краски оказываются малопригодными.

Масляные краски преимущественно вырабатываются в виде густотертых паст и для применения необходимо развести их до малярной консистенции олифой. Практикуется также введение небольших количеств (5—10%) растворителей — уайт-спирита или скипидара.

Количество олифы, необходимое для разведения густотертых паст, указывается в соответствующих ОСТах или ТУ на эти краски и варьируется в сравнительно широких пределах, в зависимости от вида пигмента и наличия в краске наполнителя.

В табл. 26 приведены данные об укрывистости и количестве олифы, необходимой для разведения основных видов густотёртых красок.

Краски масляные, готовые к употреблению, вырабатываются по ОСТ 13918—40 лишь следующих сортов: литопонные белила 00 *, литопонные белила 0, сурик железный, мумия минеральная бокситовая, охра светлая, мумия смитсонитовая и охра смитсонитовая. Эти краски содержат натуральную олифу с добавлением олифы оксоль, комбинированной олифы или касторовой олифы. Содержание олифы оксоль или касторовой олифы допускается в пределах не более 50% по отношению к общему количеству плёнкообразователя.

На синтетических оксикислотах вырабатываются краски по ВТУ КУ 346—54 следующих марок: железный сурик, серо-голубая, фисташковая и бежевая.

---

* Знак «0» при марках белил обозначает, что в состав краски входит наполнитель, а знак «00» обозначает — наполнителя в краске нет.

ТАБЛИЦА 26

Основные виды масляных густотертых красок

Название окраски	ГОСТ или ТУ	Количество олифы для доведения до малярной вязкости, %	Укрывистость на готовую краску, $г/см^2$
Белила свинцовые марок 00, 0, № 1 и специальные . . .	ОСТ 8190/1187	18—40	⩽210—310
Белила цинковые марок:			
М-00, М-0, В-2-00, В-2-0, В-4-00, В-4-0	ГОСТ 432—41	17—28	⩽170—195
Белила литопонные марки 00, В	ГОСТ 6075—51	13—40	⩽110—140
Зелень свинцовая марок:			
специальная светлая и темная	ОСТ 10941—40	20—40	⩽27—64
обыкновенная светлая и темная			
для внутренних работ светлая и темная			
Киноварь искусственная марок:			
специальная, искусственная	ОСТ 10934—40	17—40	⩽140—190
меловая светлая и темная			
обыкновенная светлая и темная			
Черная, малярная	ГОСТ 6586—53	40—50	⩽22
Краски цветные:			
голубая, фисташковая светло-серая, серая, бежевая, зеленая, защитная, желтая, синяя, под слоновую кость, коричневая, палевая	ГОСТ 695—55	20—40	⩽135—190

Покрытия на битумной основе. Применяющиеся покрытия на битумной основе делятся на четыре группы:

1) покрытия, состоящие только из одних битумов,

2) покрытия на основе битумов и смол (канифоль, 100% фенольная смола и др.),

3) покрытия на основе битумов и растительных масел,

4) покрытия на основе битумов, смол и растительных масел.

Безмасляные битумные покрытия неустойчивы к действию солнца, поэтому они применяются преимущественно в качестве

подводных, для изделий, эксплуатируемых внутри помещения и т. д. Введением растительных масел увеличивается атмосферостойкость покрытий, особенно после горячей сушки.

Значительно повышается антикоррозионная защита и срок службы покрытия при введении в битумные композиции алюминиевой пудры. Добавление микроасбеста или пигментов не столь эффективно.

Лакокрасочная промышленность вырабатывает значительное количество битумных лаков.

К первой группе битумных материалов относится лак № 67 (ГОСТ 312—43) и лак № 68 (ТУ МХП 1574—47). Эти лаки состоят из растворов в смеси уайт-спирита, скипидара и бензола нефтепродуктов с добавкой или без добавки нефтяного пека или асфальта. Они применяются для кратковременной коррозионной защиты стальных изделий, когда по условиям производства требуется быстрое высыхание лака. Высыхают эти лаки от пыли за 0,5 часа, полное высыхание не более 2 часов.

К этой же группе относится и каменноугольный лак (ГОСТ В-1709—42), представляющий собой раствор каменноугольного пека в сольвенте, являющемся продуктом коксования каменного угля. Выпускается двух сортов — А и Б. Сорт А применяется для окраски подводных частей судов и различных гидротехнических сооружений; сорт Б используется для окраски различных малоответственных изделий.

Нужно отметить, что защитные свойства битумных покрытий в значительной степени зависят от толщины этого покрытия. Однако толщина покрытия не должна достигаться за счет нанесения толстых слоев; наиболее эффективное покрытие получается за счет нанесения большого количества отдельных тонких слоев. В зимнее время для снижения вязкости, а также для повышения адгезии практикуется наносить каменноугольный лак в подогретом виде.

К битумным лакокрасочным материалам второй группы относятся черные асфальтобитумные лаки № 35 и 350 (ГОСТ 350—41), состоящие из слоев асфальта, нефтебитума, канифоли или кумароновой смолы в уайт-спирите, скипидаре, сольвент-нафте и других растворителях. Высыхание от пыли 2—3 часа, полное — 24 часа. Применяется лак № 35 для окраски скобяных и различных металлических изделий широкого потребления. Лак № 350 применяется при окраске таких же изделий для непродолжительного складского хранения.

Битумно-масляные композиции, относящиеся к третьей группе битумных материалов, широко применяются для окраски металлических деталей автомашин, тракторов и т. п. Прочные покрытия, получают при применении эмали черной Ч-1 (ГОСТ 2346—43), эмали 101/19 (ТУ МХП 1573—47), перекрытой соответственно

лаком Ч-2 (ГОСТ 2347—43) или лаком черных марок 102/19 (ТУ МХП 1602—47). Эти битумные композиции сушат в течение 50 мин. при 200°. Лак № 177 (ГОСТ 5631—51), состоящий из сплава битумов с растительным маслом, имеет большое распространение в качестве антикоррозионного и термостойкого покрытия для разнообразных приборов, машин и т. д. Применяется обычно в смеси с алюминиевой пудрой. Высыхает при 18—23° в течение 16—24 часов, при 100° в течение 20—30 мин.

Для разбавления применяются уайт-спирит, ксилол, сольвент или скипидар.

Атмосфероустойчивые и весьма прочные покрытия получаются на основе битумных композиций, относящихся к четвертой группе; так, лак асфальтовый масляный 103 (ТУ МХП 2477—53) на основе лакобитума, алкиднофенольных смол и препарированного масла применяется в качестве защитно-декоративных покрытий велосипедных деталей. Лак высыхает при 200° за 50 мин. Покрытие отличается водо-, бензо- и маслостойкостью.

Покрытия на масляно-лаковой основе. Масляно-лаковые краски (эмали) высыхают быстрее масляных и дают твердые шлифующиеся покрытия.

В зависимости от примененной смолы (канифоль, мыла или эфиры канифоли, копал, янтарь и др.), а также от количества и вида примененного масла (быстросохнущие, высыхающие или полувысыхающие масла) получаются продукты, отличающиеся различными физико-малярными свойствами.

Покрытия на тощих лаках отличаются твердостью, хорошо шлифуются, но мало устойчивы к атмосферным воздействиям. Краски на жирной основе дают эластичные, стойкие к атмосферным условиям покрытия, но они плохо шлифуются.

Покрытия на лаках средней жирности поддаются шлифованию и используются для изделий, мало подверженных действию атмосферы.

Для высококачественной окраски металлических изделий, находящихся внутри помещения, например различных станков, приборов, машин, внутренней отделки автомашин, троллейбусов, трамваев, самолетов, кораблей и т. д., применяются следующие эмали марок «А» (ТУ МХП 2556—51): А-6 желтая, А-7 светло-зеленая, А-8 коричневая, А-9 синяя, А-10 голубая, А-11 белая, А-12 черная, А-14 стальная, А-15 темно-зеленая. Эти эмали получаются на основе масляно-глифталевых лаков или масляных лаков на эфире гарпиуса.

В качестве атмосфероустойчивых покрытий, например для наружных покрытий самолетов, автомашин, металлических конструкций и других изделий, применяются краски марок «А» со следующими номерами: А-21м светло-коричневая матовая, А-23м серо-зеленая матовая, А-24м зеленая матовая, А-26м черная ма-

товая, А-25м светло-голубая матовая, АМ-25 серо-синяя, А-32м темно-серая матовая, А-33м светло-голубая матовая, А-21г светло-коричневая глянцевая, А-28г голубая глянцевая, А-32г темно-серая глянцевая, АЭ-8 алюминиевая.

Для окраски малоответственных изделий, находящихся внутри помещения, применяются эмалевые краски общего потребления марок КО (ГОСТ 64—56). Получаемые на основе этих эмалей покрытия не должны подвергаться воздействию температуры выше 35°, воды и нефтепродуктов. Покрытие недостаточно твердое: легко размягчается, при воздействии влаги набухает. Эмали КО применяют для окраски кустарных изделий, игрушек и других изделий, не требующих длительного срока службы покрытий.

Покрытия на основе алкидных смол. Алкидные или полиэфирные смолы, получаемые при взаимодействии многоосновных кислот и многоатомных спиртов или оксикислот, имеют первостепенное значение и являются ведущим видом лакокрасочных материалов.

Широкое применение лакокрасочных материалов на основе алкидных смол обусловливается возможностью получения на их основе покрытий, пригодных для самых разнообразных целей [3, 19].

Ниже приводятся данные о назначении отдельных видов алкидных лакокрасочных материалов и некоторые технологические указания об их применении.

Пентафталевые эмали для наружных покрытий. Эти эмали, вырабатываемые по ГОСТ 6465—53, предназначаются для окраски трамвайных и железнодорожных вагонов, автобусов, мотоциклов, велосипедов и других объектов, подвергающихся атмосферным воздействиям. Покрытия на основе пентафталевых эмалей эластичны, устойчивы к механическим воздействиям и обладают большой стойкостью к атмосферным влияниям, действию воды, тепла и температурным колебаниям.

Пентафталевые эмали хорошо наносятся как кистью, так и краскораспылителем. При нанесении эмали краскораспылителем вязкость должна быть 30—35 сек., а при нанесении кистью 55—60 сек. по воронке ВЗ-4. Пентафталевые эмали наносятся на поверхность более вязкими, так как они имеют склонность стекать, давая потеки. В качестве растворителя для разведения пентафталевых эмалей применяют сольвент, скипидар, а также в небольших количествах (до 5—6%) уайт-спирит. Продолжительность высыхания при 18—24° от 24 до 48 часов; при 100—110° продолжительность высыхания не более 3—4 часов.

Для увеличения глянца в эмалевую краску последнего слоя вводят до 20—30% пентафталевого лака № 170 (ТУ МХП 1308—45) или № 170-а (ТУ МХП 4123—53).

Окраска пентафталевыми эмалями дает возможность получить высокое качество отделки поверхности.

Покрытия горячей сушки имеют хорошую стойкость к минеральным маслам.

Эмали для малолитражных машин (ТУ МХП 515—51), тракторные эмали — серо-стальная ГОСТ 7856—55 и хаки СТЗ (ТУ МХП 558—41), а также эмали марки ЗИС для автобусов (ТУ МХП 2539—51) предназначены для окраски изделий, находящихся в эксплуатации в атмосферных условиях, как-то: автомобили, тракторы, трамвайные и железнодорожные вагоны, мотоциклы, велосипеды и т. д. Покрытия имеют устойчивый глянец без применения полировки, атмосфероустойчивы и светостойки, долго сохраняют эластичность и сопротивление удару.

Рабочая вязкость эмалей при нанесении краскораспылителем 25—30 сек. по воронке ВЗ-4 при 18—20°. Разбавителем служит сольвент-нафта или смесь ее со скипидаром.

Разводить одним уайт-спиритом или скипидаром не следует, так как эмаль при этом может свернуться.

Нормальная толщина пленки для автомобильных эмалей 30—40 *мк*; более толстая пленка при сушке сморщивается. Температура сушки 100—110°; первый слой сушат 20 мин., затем наносят второй слой и окончательную сушку двух слоев проводят в течение 60 мин.

Нужно иметь в виду, что оттенок цвета эмали, прошедшей сушку, может измениться, что вызывает трудности при исправлении дефектов на окончательно отделанной поверхности.

Для окраски различных приборов, пишущих машин, арифмометров, инструментов и приборов применяются эмали промышленного назначения. Наибольшее применение имеет эмаль черная 2085ф (ТУ МХП 910—41), серая 2062ф (ТУ МХП 1400—45), защитная 1426ф (ГОСТ 6745—53), серая 1425ф (ГОСТ 5571—51) и др.

Эти эмали отличаются также атмосфероустойчивостью, эластичностью, прочностью на удар и продолжительным сроком службы.

Для окраски менее ответственных изделий, находящихся в эксплуатации под атмосферным воздействием, применяют эмали марки ФСХ ГОСТ 226—52 для сельскохозяйственных машин.

Покрытия получаются полуглянцевые и несколько уступают приведенным выше алкидным эмалям. Сушка возможна как естественная, так и при повышенной температуре. Эмали марок ФСХ могут быть использованы для самых разнообразных изделий: текстильных машин, приборов, станков и т. д., находящихся в эксплуатации как под атмосферным воздействием, так и внутри помещения. При температуре 18—23° эмали высыхают

в течение 24—36 часов, при 80—100° не более 1—1,5 часа. Хорошие результаты получаются, если эмаль наносится на изделие подогретой до 50—60°. При этом покрытие приобретает больший глянец.

Рабочая вязкость при работе краскораспылителем 25—30 сек., при нанесении кистью 40—50 сек. и при окраске окунанием 16—18 сек. по воронке ВЗ-4 при температуре 18—23°.

В качестве разбавителя можно применять сольвент-нафту, ксилольную фракцию и скипидар.

Эмали общего назначения марки ФО (ГОСТ 64—56) предназначены для окраски малоответственных изделий, находящихся внутри помещения. Область применения такая же, как для эмалей марки КО (стр. 185).

На основе продуктов совместной полимеризации стирола с алкидными смолами вырабатываются эмаль ЭС-41 (ВТУ КУ 401—54) серого цвета, эмаль ЭС-42 (ВТУ КУ 414—55) белого цвета и лак 395-1 (ВТУ МХП КУ 307—55). Покрытия на основе алкидно-стирольных эмалей отличаются твердостью, водостойкостью, светостойкостью, устойчивостью к слабым растворам щелочей, а также способностью полироваться полировочной пастой и полировочной водой, давая при этом равномерный глянец.

Алкидно-стирольная эмаль ЭС-41 применяется для окраски станков, радиаторов, трубопроводов, наружной поверхности емкостей и т. д. Белая алкидно-стирольная эмаль применяется для окраски медицинской и кухонной мебели, окон, дверей и т. д.

Наносятся эмали кистью или краскораспылителем в два слоя как по грунту, так и без грунта. Продолжительность высыхания при 18—23° около 3 часов. Рабочая вязкость эмалей по воронке ВЗ-4 при 18—20° для кисти 40—50 сек., для краскораспылителя 25—30 сек.

Для разбавления эмалей применяются ксилол, скипидар или смесь уайт-спирита с одним из указанных растворителей в отношении 1 : 1.

Покрытия на основе мочевино- и меламино-формальдегидных смол. В покрытиях используются модифицированные смолы, так как немодифицированные продукты конденсации мочевины и меламина с формальдегидом не растворяются в органических растворителях. Модификация заключается в этерификации метилольных групп смолы с гидроксилсодержащими соединениями, например спиртами (бутанол и др.).

Модифицированные смолы применяются как самостоятельно с добавкой пластификатора (например, касторового масла), так (чаще) и в смеси с нитроцеллюлозой, с полиэфирными или фенольными смолами или только полиэфирной смолой (глифталь на касторовом масле).

Покрытие на основе мочевино- и меламино-формальдегидчых смол отличается высокой твердостью, блеском и эластичностью.

Меламино-формальдегидные смолы обладают бо́льшей устойчивостью к теплу и щелочам, чем мочевино-формальдегидные.

Мочевино- и меламино-формальдегидные смолы с успехом могут быть использованы для белых нежелтеющих эмалей, а также в тех случаях, когда требуется сохранить цвет покрытия. Белые эмали горячей сушки применяются для окраски изделий широкого потребления — холодильников, стиральных машин, медицинского и торгового оборудования и т. д.

Цветные эмали используются для окраски велосипедов, латунной и другой металлической фурнитуры, различных приборов и т. д. Хорошая адгезия мочевино- и меламино-формальдегидных покрытий дает возможность с успехом использовать их в качестве грунтов.

Для окраски велосипедов вырабатываются эмали марок УЭ (ТУ МХП 2531—53) различных цветов и марок УЭЛ (лессирующие эмали).

Эмали разводят разбавителем РКБ-1, смесью ксилола и бутанола (1 : 1) или сольвентом до вязкости 34 секунды по воронке ВЗ-4. На поверхность, загрунтованную грунтом № 138 и высушенную при 100° в течение 30 мин., наносят методом обливания первый слой эмали. Эмаль высушивают 20 мин. при 60—90°, а затем 40 мин. при 120°. После этого наносят второй слой эмали и высушивают по тому же режиму.

На покрытие, полученное по указанному режиму, в отдельных случаях наносят также слой прозрачного лака УВЛ (ТУ МХП 2532—51). Слой лака высушивают 20 мин. при 80—90° и после этого 40 мин. при 120°.

Для окраски холодильников, пишущих машин, различных приборов, инструментов и других разнообразных изделий из железа, алюминия и дюралюминия применяется эмаль черная полуглянцевая У-417 (ТУ МХП 2505—51). Эту эмаль можно наносить двумя слоями непосредственно на металл или на поверхность, загрунтованную грунтом № 138, Ч-1, с последующей горячей сушкой. После выдержки на воздухе при обыкновенной температуре в течение 10—20 мин. сушат 10 мин. при 80—90° и затем при 120° в течение 1 часа. Глянцевое покрытие для тех же целей получают при помощи эмали У-418 (ТУ МХП 2506—51). Эта эмаль наносится на поверхность, загрунтованную эмалью У-417, либо на незагрунтованную поверхность двумя слоями.

По такому же режиму наносятся белые эмали У-1520 (ТУ МХП 2328—50) и эмаль У-311 (ТУ МХП 2582—51). Эти эмали наносят по белому грунту У-223 или по серебристо-алюминиевому грунту АЛУ-222.

Для окраски легковых автомобилей вырабатываются алкидно-меламиновые эмали горячей сушки различных цветов (ВТУ 4506—56).

Покрытие на основе эфиров целлюлозы. Быстрое высыхание эфироцеллюлозных лакокрасочных материалов дает возможность использовать их при окраске массовой продукции при поточной системе производства на конвейерах.

Наиболее широко используются покрытия на основе нитроцеллюлозы. Эти покрытия отличаются блеском, твердостью, эластичностью, бензо-маслостойкостью и удовлетворительной атмосферостойкостью. Высыхают нитролаки и нитрокраски за несколько минут, однако полное отвердение, при котором можно покрытие шлифовать и полировать, наступает через несколько часов.

К недостаткам нитроцеллюлозных покрытий нужно отнести их невысокую устойчивость к действию тепла и ультрафиолетовых лучей и легкую воспламеняемость. Однако эти недостатки в пигментированных покрытиях сказываются в меньшей степени, что позволяет их применять для окраски легковых машин.

Лакокрасочная промышленность вырабатывает большой ассортимент нитроцеллюлозных лаков и эмалей различных свойств, что позволяет широко использовать их в автомобильной, авиационной, вагоностроительной, приборостроительной и других отраслях промышленности.

При выборе той или другой марки нитроэмали необходимо знать назначение и основные свойства их, а также учитывать способы нанесения.

Нитроэмали разных цветов марок ДМ предназначаются для окраски краскораспылителем предварительно загрунтованных деталей и изделий, не подвергающихся непосредственному действию атмосферы. По ТУ КУ 2477—56 вырабатываются нитроэмали улучшенного качества на сухих вальцованных пастах, отличающиеся светостойкостью и яркостью тонов.

Практическое высыхание 1 час.

Нитроэмали марок МВ-1, МВ-2 применяются для отделки моторов, эмали марок МВ-8 и МВ-108 — для моторов судового типа, эмали МВ-3 и МВ-4 — для маркировки труб моторов, предварительно покрытых черной эмалью 102/19 горячей сушки, а эмаль МВ-109 — для окраски цилиндров моторов водяного охлаждения.

Нитроэмали марок МВ имеют вязкость 35—65 сек. по воронке ВЗ-4, наносятся по грунтам горячей сушки краскораспылителем и высыхают за 1 час.

Нитроэмали марок НП отличаются высоким сцеплением с металлом и применяются главным образом для окраски различных приборов и деталей непосредственно по металлу.

Нитроэмали марок ДМО (ГОСТ 5406—50) вырабатываются различных цветов и применяются для окраски металлических изделий, не подвергающихся непосредственному воздействию внешних атмосферных условий. Вязкость по воронке ВЗ-4 в пределах 50—60 сек.

В случае необходимости эмали разводят разбавителем РДВ или растворителем № 646. Наносятся краскораспылителем.

Нитроглифталевые эмали марки НКО (ГОСТ 6631—53) на сухих вальцованных пастах. Эти эмали вырабатываются также разных цветов и применяются для окраски различных металлических изделий, эксплуатируемых как внутри помещения, так и на открытом воздухе и не требующих высокой декоративной отделки.

Эмали НКО можно наносить как краскораспылителем, так и при помощи кисти. Они могут применяться для окраски вагонов, автомашин, сельскохозяйственных орудий, приборов и т. д., но их не следует применять для окраски поверхностей, нагревающихся свыше 60°.

Эмали НКО атмосферостойчивы, эластичны, маслостойки, имеют удовлетворительное прилипание к металлу и стойкость к старению. При окраске больших поверхностей заметны места стыков отдельных окрашенных участков, поэтому эмали НКО обычно применяются для окраски небольших поверхностей. Вязкость выпускаемых эмалей по воронке ВЗ-4 80—120 сек. Разводятся растворителем № 649 или смесями, состоящими из этилцеллозольва 30%, бутилового спирта 20% и ксилола 50%.

Эмаль НКО наносится по грунту № 138 или 329-В. При окраске изделий, не подвергающихся атмосферным воздействиям, можно наносить эмаль НКО в два слоя непосредственно на металл без грунта. Продолжительность высыхания при 18—23° не более 3 часов; при окраске кистью не следует много раз проводить по одному и тому же месту.

Нитроэмали марок НТ-36 зеленого, коричневого, синего, салатного, бежевого и белого цветов вырабатываются как пульверизационные (ТУ МХП 1638—47), так и кистевые (ТУ МХП 1756—48) и предназначены для внутренней окраски троллейбусов.

Нитроэмали для легковых машин (ВТУ МХП № 4508—56) предназначаются для покрытия наружных поверхностей кузовов и деталей.

Перед употреблением эмали разбавляют растворителем № 647 или 646 в количестве 80—120% от веса эмали. Рабочая вязкость при 18—20° по воронке ВЗ-4 в среднем 21—25 сек. При 18—23° через 10 мин. после нанесения одного слоя можно наносить следующий. После высыхания получается полуглянцевое покрытие. Для получения зеркального блеска покрытие шлифуют, а затем обрабатывают полировочной пастой и полировочной водой.

Для окраски грузовых автомашин применяют автонитроэмаль №№ 908, 909, 910 и 911 (ТУ МХП 1644—47), № 517 (ТУ МХП 4355—56), № 507 (ВТУ 4507—56) и др. Автонитроэмаль 624а кирпично-красная для окраски частей мотора грузовых машин по литью, 624с — серая и № 625 — салатная для наружной окраски моторов. Эти нитроэмали часто применяются в качестве маслостойких покрытий для различных машин и приборов.

Ряд нитроэмалей имеет узкое целевое назначение, например нитроэмаль № 661 и № 663, черная — для головок швейных машин, нитроэмаль № 924 — для металлорежущих станков, нитроэмаль глифталевая № 1201 и № 1202 — для электроизоляционного покрытия деталей машин и аппаратов и др. Однако это не исключает применения их и для окраски других изделий, эксплуатирующихся в аналогичных условиях.

Нитропентафталевая эмаль НПФ-10 защитная (ТУ МХП 2555—51) дает прочное атмосфероустойчивое покрытие. Обладает хорошей адгезией, высыхает за 20—30 мин., но высокая механическая прочность достигается спустя 5—7 дней.

На основе этилцеллюлозы вырабатывают эмали марок ЭДМ (ВТУ КУ 349—54) разных цветов. Эти эмали по своим основным показателям занимают промежуточное положение между эмалями ДМ и НКО.

Покрытия на основе различных виниловых смол. Эти покрытия отличаются высокой атмосферостойкостью, водостойкостью, маслостойкостью и химической стойкостью к различным реагентам.

К недостаткам виниловых смол следует отнести невозможность получения лаков с большим содержанием сухого остатка вследствие высокой вязкости растворов виниловых смол, а также их плохую адгезию к металлам.

Наибольшее практическое применение как покрытия по металлу имеют нижеследующие виниловые смолы.

Перхлорвинил для антикоррозионных и химически стойких покрытий.

Наиболее широкое применение получили различные сорта эмалей и лаков на перхлорвиниловой основе, применяющиеся для окраски морских и речных судов, аппаратуры и металлоконструкций химических заводов, сельскохозяйственных машин и т. п. [20].

Перхлорвиниловые эмали и лаки обычно наносятся краскораспылителем, так как кистью, вследствие наличия активных и летучих растворителей, трудно произвести растушевку наносимого слоя. (Стойкость покрытия, нанесенного кистью, ниже, чем у покрытия, нанесенного краскораспылителем.) При работе краскораспылителем вязкость лаков и эмалей доводят при помощи

растворителя Р-4 или сольвента до 19—22 сек. по вискозиметру ВЗ-4.

Перхлорвиниловые эмали и лаки высыхают очень быстро, но для получения прочного покрытия нужно производить межслойную сушку не менее 2 часов. Последняя выдержка готового покрытия перед пуском изделия в эксплуатацию должна быть не менее 7 дней. Горячая сушка увеличивает механическую прочность и химстойкость покрытия; допускается температура сушки не выше 80—90°.

Перхлорвиниловыми эмалями можно окрашивать изделия, не нагревающиеся выше 60° или же подвергающиеся весьма кратковременному нагреванию выше 90°, так как при более высокой температуре покрытие приобретает хрупкость и растрескивается.

Для получения атмосферостойкого покрытия нужно нанести 3—4 слоя эмали по одному слою грунта. Для водостойких и химстойких покрытий наносится не менее 5—6 слоев. В отдельных случаях число слоев доводится до 10—12.

Перхлорвиниловые покрытия отличаются невысокой адгезией к окрашиваемым поверхностям, поэтому особое внимание нужно уделять правильному подбору и нанесению грунта. Под перхлорвиниловые покрытия применяются грунт № 138, грунт ВХГМ, грунт ХСГ-26, грунт ПХВГ-3, грунт В-329, грунт, получаемый смешением свинцового сурика с перхлорвиниловым лаком и др.

Перхлорвиниловые покрытия наносятся на хорошо просохшие пленки грунта. Первый слой перхлорвинилового покрытия нужно наносить по возможности более тонким. Практикуется также нанесение перхлорвинилового покрытия по невысохшему слою грунтовки № 138 или В-329, спустя 0,5—6 часов после нанесения последнего. При нанесении после более длительного промежутка времени (но до полного высыхания грунта) могут появиться пузыри в результате растворения образовавшейся пленки грунта.

Перхлорвиниловые материалы в процессе их нанесения чувствительны к повышенной влажности, особенно при разведении растворителем Р-4, поэтому их следует наносить при температуре не ниже +5° и относительной влажности не более 70%.

Расход эмалей при нанесении пульверизатором составляет 350—400 *г/м*^{2}.

Для окраски сельскохозяйственных машин, а также различных механизмов применяют эмали марок ПХВ-4 зеленая, ПХВ-15 голубая, ПХВ-21 красная, ПХВ-23 серая, ПХВ-24 темно-серая и ПХВ-26 красно-коричневая (ТУ МХП 1383—46).

Для окраски судов применяется эмаль ПХВ-1 белого цвета и ПХВ-21 красного цвета (ГОСТ 6993—54), а также различные шаровые эмали — ПХВ-29, ПХВ-30, ПХВ-31, ПХВ-32, ПХВ-33, ПХВ-34 и ПХВ-35 (ТУ МХП 2702—51).

Эмали перхлорвиниловые полуматовые выпускаются марок: ХВЭ-1, ХВЭ-4, ХВЭ-12, ХВЭ-16, ХВЭ-17, ХВЭ-19, ХВЭ-20, ХВЭ-22, ХВЭ-25 (ТУ МХП 2186—50). Эмали ПХВ-714 алюминиевая (ВТУ МХП 4494—56) и ПХВ-715 серая (ВТУ МХП 4526—56) применяются для окраски изделий, эксплуатируемых в тропическом и субтропическом климате.

Области применения и свойства химически стойких перхлорвиниловых эмалей марок ХСЭ (ГОСТ 7313—55) указаны на стр. 237.

Сополимеры винилхлорида и винилацетата, а также винилхлорида с винилиденхлоридом (смола СВХ-40). Покрытия на этих сополимерах обладают более высокими показателями по водостойкости и адгезии по сравнению с перхлорвиниловыми. Ацетали поливинилового спирта, как-то: поливинилбутираль, поливинилформаль и др. применяются преимущественно для грунтовочных покрытий, так как обладают высокими адгезионными свойствами.

Полистирол, применяемый главным образом в виде сополимера с высыхающими растительными маслами или в виде алкидно-стирольного лака (ВТУ КУ 307—53).

Акриловые смолы (эфиры акриловой и метакриловой кислот), отличающиеся стойкостью к старению и хорошей химической устойчивостью (в особенности к щелочам), используются преимущественно в сочетании с виниловыми смолами и эфирами целлюлозы для окраски оборудования больниц и кухонь, а также для высококачественных домашних изделий.

На сополимерах винилхлорида и винилиденхлорида изготавливают эмали марок ВХЭ (ВТУ КУ 356—54). Весьма перспективным является применение материалов на основе сополимера винилхлорида с винилацетатом.

Полиуретановые покрытия. Отличаются высокими механическими показателями, атмосферостойкостью, водостойкостью, хорошей газонепроницаемостью и высокими электроизоляционными свойствами.

Применяются полиуретановые лакокрасочные материалы также в качестве грунта под краски, не обладающие достаточной адгезией (поливинилхлорид и др.).

Полиуретановые лакокрасочные материалы получаются путем смешения лаков на основе полиэфирных, феноло-альдегидных смол или других, содержащих гидроксильную группу, продуктов и раствора полиизоцианатов (прод. 102Т—ТУ МХП КУ 2—53).

Смешение указанных компонентов производят непосредственно перед нанесением материала на окрашиваемую поверхность. В качестве растворителей применяются соединения, содержащие гидроксилы (спирты и др.). Нельзя применять в полиуретановых покрытиях пигменты, вступающие с диизоцианатом в реакцию,

как-то: цинковые белила, свинцовый сурик, окись хрома, берлинская лазурь и некоторые сорта сажи.

При работе с полиуретановыми материалами необходимо принимать меры предосторожности, так как полиуретаны действуют разрушающе на кожу и органы дыхания. Лакокрасочная промышленность вырабатывает полиуретановый лак 976-1 (ВТУ МХП 4317—54) и лак 135Т (ВТУ МХП 4095—53).

Эти лаки представляют собой раствор алкидной смолы 135П в органическом растворителе. Отпускаются они комплектно с продуктом 102Т и сиккативом 640. После введения продукта 102Т и сиккатива вязкость лака должна быть 15 сек. по воронке ВЗ-4 при 18—22°. Сушка при 18—23° не более 24 часов, при 60—70° не более 4 часов. Применяется для защиты анодированных дюралевых поверхностей от механических повреждений.

Полиуретановый грунт УР-01 (ВТУ КУ 433—55) состоит из суспензии пигментов и наполнителей в растворе полиэфирной смолы. Продукт 102Т вводится из расчета 19 частей на 100 частей грунта; вязкость после смешения 15—30 сек. при 18—20° по ВЗ-4. В качестве разбавителя применяется циклогексанон. Продолжительность высыхания 1 час при 18—23°. Грунт наносится в виде очень тонких слоев за три раза с промежуточной сушкой каждого слоя 40—60 мин. Окончательное покрытие — полиуретановое УР-71 (ВТУ КУ 432—55) — производится через 40—60 мин. после нанесения последнего слоя грунта.

К лаку УР-71, состоящему из раствора в циклогексаноне полиэфирной и 100% феноло-формальдегидной смолы, добавляется продукт 102Т из расчета 31 часть на 100 частей лака. Вязкость лака 15—30 сек. по ВЗ-4 при 18—20°. Наносится лак в два слоя с промежуточной сушкой 40—60 минут.

Покрытия на основе эпоксидных смол. Эти покрытия отличаются очень высокой адгезией к разнообразным материалам, химической стойкостью, в особенности высокой щелочестойкостью, а также гибкостью в тонких слоях [31].

Покрытия могут быть получены как при нормальной сушке, так и при повышенной температуре.

В лаки и краски на основе эпоксидных смол перед их нанесением добавляют отвердители для перевода термопластичных и растворимых смол в неплавкое и нерастворимое соединение.

Отверждение протекает без выделения побочных продуктов реакции, поэтому в процессе сушки покрытия не происходит усадки пленки.

В качестве отвердителей применяются ди- и полиамины, многоосновные кислоты или их ангидриды и другие вещества. На практике применяется гексаметилендиамин, дициандиамин, полиэтиленполиамин, этилендиамин, малеиновый ангидрид, фталевый ангидрид и др.

Отечественная промышленность вырабатывает ряд эпоксидных материалов: смолы Э-40, Э-41, ЭД-6, шпатлевки Э-4020, Э-4021, эмали Э-4171, Э-4173, ЭП-51 (нитроалкидно-эпоксидная эмаль) и др.

Лаки получаются растворением эпоксидных смол в смеси растворителей: ксилол 40%, целлозольв 30% и метилизобутилкетон или ацетон 30%. Перед нанесением вводят 3,5—5 *г* гексаметилендиамина на 100 *г* сухой смолы. Сушка 2—3 часа при 120°. Жизнедеятельность лака после добавки отвердителя 5—7 часов.

Шпатлевка используется как по прямому назначению, так и в качестве грунтовки.

3. СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При нанесении лакокрасочных материалов применяются следующие основные способы окраски:

1) кистевая окраска, 2) окраска распылением, 3) окраска погружением и обливанием, 4) накатка краски вальцами.

В сводной табл. 27 (стр. 196) приведены различные способы нанесения окраски. В гл. XV дано описание аппаратуры и оборудования для окраски.

Выбор способа нанесения производится в зависимости как от физико-малярных характеристик лакокрасочного материала, так и от рода окрашиваемых изделий.

Какой бы ни был выбран способ нанесения, лакокрасочный материал должен быть распределен равномерным тонким слоем по окрашиваемой поверхности. Если краска имеет плохую укрывистость, то нельзя добиваться укрывистости за счет увеличения толщины наносимого слоя, так как при этом ухудшаются условия сушки и могут появиться потеки. В этом случае вместо нанесения одного толстого слоя следует нанести два более тонких слоя, давая каждому слою хорошо просохнуть.

Кистевая окраска. При нанесении кистью вязкость лакокрасочных материалов должна соответствовать так называемой малярной консистенции, т. е. краска должна легко сходить с кисти при небольшом нажиме на окрашиваемую поверхность и допускать легкую растушевку. Рабочая вязкость краски при нанесении кистью должна быть в пределах 40—80 сек. по воронке ВЗ-4.

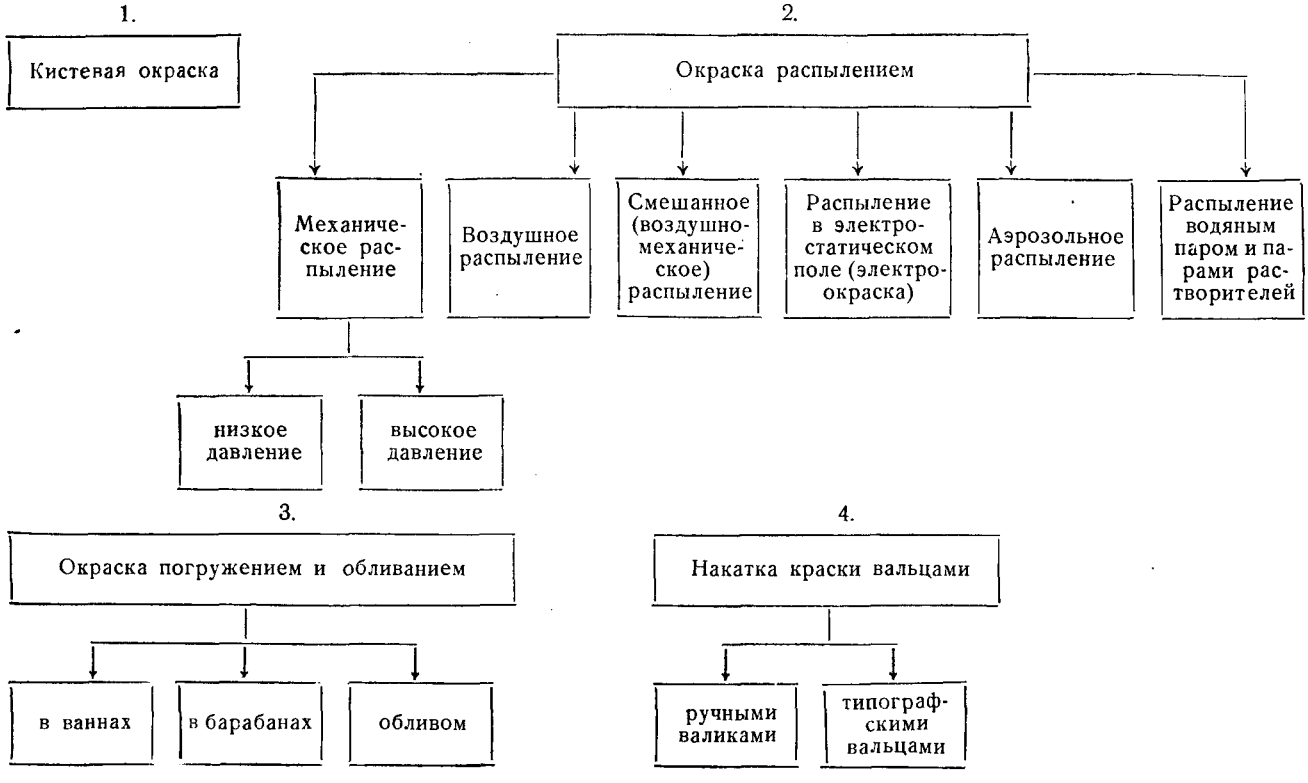
Наносить краску нужно концом кисти без сильных нажимов. Краска наносится широкими полосами, которые затем растушевываются в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Благодаря такому растушевыванию достигается хорошее прилипание красочного слоя к основе, что представляет преимущество кистевого способа окраски по сравнению с другими методами.

Кисть следует держать под углом в 45—60° к окрашиваемой поверхности.

ТАБЛИЦА 27

Способы окраски



Для сглаживания свежеокрашенной поверхности с целью удаления мазков, штрихов от кисти и стыков применяется обработка флейцами.

Флейц держат перпендикулярно к окрашенной поверхности и проводят по поверхности без нажима, касаясь только концами кисти. Флейц не окунают в краску, а пользуются сухим.

Кистевой способ окраски применяется преимущественно при нанесении различных медленно высыхающих лакокрасочных материалов, например масляных, битумных и т. п.

Быстросохнущие лакокрасочные материалы, содержащие летучие активные растворители, трудно нанести кистью, так как при нанесении повторных слоев или при растушевывании происходит растворение нижележащих слоев краски, вследствие чего покрытие получается неровным и не сплошным.

Если все же возникает необходимость в нанесении подобных материалов кистью, то первый слой следует наносить только в одном направлении, например в горизонтальном, без растушевывания, а после нанесения и просушки первого слоя наносится второй слой, но уже в другом направлении.

Кистевой метод окраски малопроизводителен (4—6 мин. для окраски 1 $м^2$).

Окраска распылением. Этот метод окраски в несколько раз производительнее ручной окраски и применим как для масляных, так и для других видов красок и лаков с содержанием значительного количества летучих активных растворителей.

Методом распыления могут быть окрашены самые разнообразные изделия, за исключением очень мелких.

Если требуется оставить незакрашенными отдельные места изделий, например посадочные поверхности деталей различных машин или рам, или если отдельные места должны быть закрашены другим лакокрасочным материалом, например при разноцветной окраске, то пользуются специальными шаблонами, выполненными из тонкого картона, жести и т. п. материала, или путем зажиривания, если эти участки не подлежат окраске.

Воздушное распыление. Основное внимание нужно уделять получению равномерного покрытия при заданной толщине покрытия. Получение излишне толстых покрытий связано с перерасходом краски и в ряде случаев уменьшает адгезию. Недостаточная толщина покрытий не обеспечивает защитных свойств.

Равномерность и качество получаемых покрытий зависит от правильного выбора рабочей вязкости краски, а также режима окрашивания, т. е. величины подачи краскораспылителем, скорости окрашивания, выбора распределительной головки и т. д. (стр. 399 и сл.).

Перед началом работ нужно проверить плотность соединений

шлангов для воздуха и краски и отрегулировать работу краскораспылителя. Проба производится на листе фанеры или картона. Регулированием величины подачи воздуха и краски достигают хорошо распыленной струи краски. Если воздуха недостаточно, распыление краски происходит неравномерно и из краскораспылителя выбрасываются крупные брызги краски. Если недостаточна подача краски, струя выходит из краскораспылителя неравномерно, толчками.

Вне зависимости от выбранной системы и марки краскораспылителя необходимо соблюдать следующие основные правила окраски:

1. Расстояние от краскораспылителя до окрашиваемой поверхности при плоской струе должно быть в пределах 250—350 *мм*, а при круглой 300—400 *мм*.

2. Направление струи должно быть перпендикулярно к окрашиваемой поверхности.

3. Полоса краски наносится сверху вниз до конца поверхности или до определенной условной горизонтальной линии на поверхности. Затем краскораспылитель переносится вправо от нанесенной полосы; в момент перенесения краскораспылитель не должен работать. Второй слой наносят снизу вверх, третий наносится сверху вниз и т. д. Скорость передвижения краскораспылителя должна быть равномерной и в пределах 14—18 *м/мин*.

4. При работе как плоской, так и круглой струей для получения равномерного покрытия край каждой наносимой полосы должен захватывать край нанесенной ранее полосы.

При перерыве в работе (до 8 часов) нужно опустить головку краскораспылителя в ванночку с растворителем. При более длительных перерывах необходимо тщательно промыть всю систему краскораспылителя соответствующим растворителем в зависимости от вида лакокрасочного материала.

Плоская струя обычно применяется при окраске больших и несложных поверхностей, а круглая — при малых и сложных поверхностях.

Помимо сжатого воздуха для распыления красок возможно применение перегретого пара, а также паров растворителей. Последний способ распыления основан на использовании давления паров растворителя, образующихся при нагревании лакокрасочных материалов до 70—95° в закрытом сосуде.

Распыление в электростатическом поле. Значительное развитие получает окраска в электростатическом поле (электроокраска). Принцип этого метода окраски основан на физическом явлении электрофореза — переносе ионизированных частиц. Электроокраска дает возможность снизить потери лакокрасочных материалов до 50—80%. Покрытие получается более равномерным, сплошным и без потеков. Производительность окраски и пропускная способность окрасочных камер значительно возра-

стает благодаря возможности полной автоматизации процесса окраски и повышения скорости движения окрасочного конвейера [27].

Для окрашивания в электростатическом поле можно применять самые разнообразные лакокрасочные материалы, как-то: эмали и лаки на основе глифталевых и пентафталевых смол, мочевино-формальдегидных и др.

Вязкость применяемых материалов при распылении в электростатическом поле с помощью пневматических распылителей должна быть 15—20 сек. по воронке ВЗ-4, при распылении электрическим распылителем 20—35 сек. Если окрашиваемое изделие имеет глубокие впадины, узкие щели или отверстия, то эти места обычно предварительно подкрашивают вручную или автоматическим распылителем.

В электростатическом поле можно окрашивать разнообразные детали, например кузова автомашин, бидоны, велосипедные рамы, швейные машины, спинки кроватей, трубы, проволочные изделия и т. п. Описание оборудования и аппаратуры для электроокраски приведено на стр. 430—439.

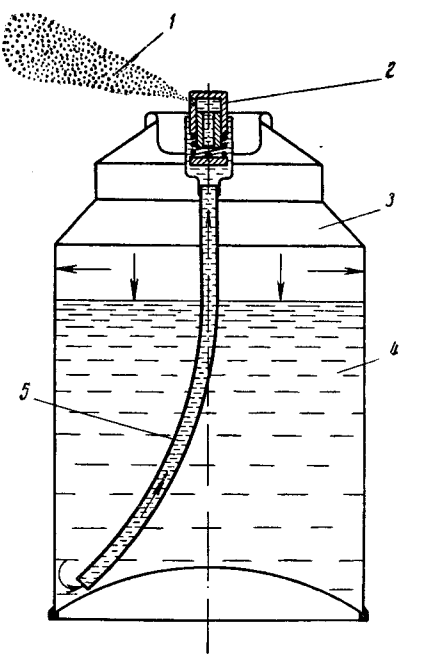


Рис. 46. Схема аэрозольного баллона:

1 — аэрозольная струя; *2* — вентиль; *3* — сосуд; *4* — аэрозольный лак; *5* — трубка

Аэрозольное распыление. Распыление лакокрасочных материалов производится при помощи сжиженных и находящихся под давлением негорючих хлорфторпроизводных углеводородов (фреон 12 — дихлордифторметан и фреон 11 — трихлормонофторметан). Аэрозольная смесь под давлением или при низкой температуре вводится в специальный баллончик, снабженный клапаном и отверстием для вывода распыляемой краски. Емкость баллончика 0,5—1,0 *л*. Заполненные баллончики испытываются при 50—60° на отсутствие течи и других дефектов. Устройство аэрозольного баллончика показано на рис. 46. Баллончик служит одновременно тарой и прибором для распыления лакокрасочного материала.

Фреон 11 кипит при температуре около +23°, фреон 12 — при температуре около 30°. Путем смешения этих газов можно создать давление от 0 до 5 атмосфер при 21°.

Наиболее удобны для аэрозольного распыления лаки и эмали на основе алкидных смол, сополимеров винилацетата и др.

Напыление смол. Один из новых методов нанесения покрытий является метод горячего напыления синтетических и природных смол, а также композиций на их основе. Сущность этого метода заключается в пропускании струи сжатого воздуха со взвешенными в ней частицами порошкообразного материала через факел воздушно-ацетиленового пламени, в котором частицы материала нагреваются до размягчения или расплавления. При ударе о поверхность предварительно нагретого металла частицы сцепляются с ней, — образуется сплошное равномерное покрытие. При этом методе не требуется применения растворителей и отпадает необходимость в последующей сушке покрытия. Специальная установка «УПН» для нанесения покрытий по этому способу разработана ВНИИАВТОГЕНом (см. Информационный листок ВНИИАВТОГЕН № 32 и № 34, Госхимиздат, 1953).

Применяемые при этом методе порошки должны быть тонко измельчены (0,14—0,22 *мм*) и расплавляться без разложения (полиэтилен, поливинилбутираль, эпоксидная смола, полистирол, тиокол, шеллак, полиамидные смолы и др.). Недостатком этого метода является небольшая производительность.

Окраска погружением и обливанием. Весьма производительным и простым по технике выполнения является метод окраски погружением и обливанием. Этот метод может быть применен к различным изделиям обтекаемой формы, т. е. таким, на которых при выгрузке из ванны или при обливании не задерживалась бы краска. Непременным условием при использовании этого метода является равномерное стекание краски. Для окраски погружением применяются преимущественно глифталевые и другие маслосодержащие эмали. Окраска быстросохнущими материалами, например нитроэмалевыми, при помощи погружения не производится.

Работами Гольденштейна [4] установлено, что с увеличением скорости поднятия изделия из ванны толщина пленки увеличивается.

Изменяя состав и вязкость краски, можно получить покрытия различной толщины. Лучшие результаты получаются при толщине покрытия 34—40 *мк*.

Вязкость краски влияет не только на толщину слоя, но и на скорость ее стекания с окрашенной поверхности. Чем меньше вязкость краски, тем скорее она стекает. Для того чтобы тонкие слои краски хорошо укрывали, следует применять краски на пигментах с большой укрывистостью. Пигменты не должны оседать

в процессе окраски. Для этой цели в краску вводят стабилизаторы, например силикагель, стеарат или нафтенат алюминия и др. Применяется также механическое перемешивание краски. Изделие во время окунания, стекания и сушки должно находиться в одном и том же положении. Линия стекания краски по изделию должна быть под острым углом к направлению силы тяжести. В этом случае окраска происходит равномерно, без натеков.

Погружение и подъем изделия из краски должны производиться плавно и быстро. Погружение производится ручным способом, механическим или автоматически при конвейерном методе.

Обливанием окрашиваются изделия, к которым предъявляются невысокие требования к качеству отделки. Принципиально окраска обливанием мало отличается от окраски окунанием. Этот метод имеет ограниченное применение.

Окраска в барабанах обычно применяется для мелких изделий (пистоны для обуви, пуговицы болтов и т. д.), отличается высокой производительностью и малым расходом материала.

Электрохимический метод нанесения покрытий из водных эмульсий. Этот метод основан на явлении электрофореза. При пропускании постоянного тока через водную эмульсию частицы дисперсионной фазы, имеющие отрицательный заряд, направляются к положительному полюсу, т. е. к аноду, где отлагаются в виде равномерной сплошной пленки. Этот метод получил применение в Англии (метод Эрика) для покрытия внутренней поверхности водопроводных труб.

В качестве анода служит окрашиваемая труба, а катодом — металлический сердечник, устанавливаемый на изоляторах внутри трубы. В промежуток между трубой и сердечником нагнетается битумная эмульсия. Анод и катод присоединяются соответственно к полюсам генератора постоянного тока. Процесс ведут до тех пор, пока стенки не будут покрыты слоем битума толщиной в 0,4 *мм*.

Получение покрытий из дисперсий смол (пластизоли и органозоли). Недостатком высокомолекулярных полимеров является их невысокая концентрация в растворе обычных лакокрасочных растворителей, при практически пригодных для окраски малярных вязкостях. Некоторые же полимеры с высоким молекулярным весом вообще нельзя получить в виде растворов.

Покрытия на основе высокополимеров могут быть получены без применения растворителей или с незначительным количеством последних при применении дисперсии полимеров в пластификаторах и разбавителях [18].

Дисперсии смол в пластификаторах носят название — пластизоли. Если наряду с пластификатором в дисперсию вводят летучий разбавитель, то такая смесь называется органозоль.

Получаются пластизоли и органозоли при диспергировании порошкообразных смол, например высокомолекулярных виниловых смол (поливинилхлорид), с пластификатором (дибутилфталат, трикрезилфосфат и др.) в мельницах.

Величина частиц смолы должна быть в пределах 0,05—1,0 *мк*. Поскольку летучие компоненты испаряются из дисперсии быстрее, чем из растворов, то для органозолей следует применять жидкости с меньшей скоростью испарения, например смесь метилизобутилкетона с ксилолом.

Пластизоли не содержат вовсе летучих растворителей, поэтому они должны содержать необходимое количество пластификаторов для обеспечения малярных свойств наносимой смеси смолы и пигментов.

Наносятся пластизоли и органозоли непосредственно на металл или на предварительно загрунтованную поверхность при помощи кисти, краскораспылителя или окунанием.

Равномерное, сплошное и прочное покрытие получается после горячей сушки при температуре, достаточной для размягчения смолы и сплавления ее с пластификатором.

Нанесение подогретых лакокрасочных материалов. При нанесении нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых и других эмалевых красок непроизводительно расходуются значительные количества дорогих растворителей. Нанесение подогретых лакокрасочных материалов дает возможность применять меньшее количество растворителей и, кроме того, получать менее пористые, более качественные покрытия.

При нанесении указанных эмалей краскораспылителем применяют эмали, имеющие вязкость примерно 60—80 сек. по воронке ВЗ-4. Нагревание эмалей производят до 30—50°. Эмали на масляной основе содержат меньшее количество растворителя и подогрев этих красок с экономической точки зрения не столь эффективен. Для подогрева лакокрасочного материала можно пользоваться одним из следующих способов:

1) подогревом краски непосредственно в краскораспылителе;

2) подогревом краски в краскораспылительном баке с одновременным подогревом воздуха.

Наиболее эффективным является второй метод. Подогревание лакокрасочного материала с успехом может быть использовано при окраске обливанием или окунанием. Этим методом пользуются при окраске сельхозэмалями. Температуру в ванне поддерживают в пределах 40—50°. Вязкость эмали 60—70 сек. по воронке ВЗ-4 при 18—20°.

В отдельных случаях при этом методе окраски можно ограничиться одним слоем грунта и одним слоем лицевого покрытия.

Окраска подогретыми лакокрасочными материалами может быть применена лишь в тех случаях, если ежесуточный расход

краски составляет не менее 8—10% от веса краски, содержащейся в ванне. Без добавления свежей краски в ванну в указанном количестве, в результате длительного нагрева может произойти сильное загустевание и коагуляция краски. Особенно подвержены загустеванию при продолжительном нагреве краски, содержащие активные пигменты, например окись цинка и др.

Накатка краски вальцами. Этот метод применяется лишь для окраски и лакировки плоских изделий, например досок, листового материала и др.

Нанесение лакокрасочных материалов осуществляется также при помощи ручных эластичных валиков (стр. 443).

4. ОТДЕЛЬНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Грунтование. Нанесение первого слоя лакокрасочного покрытия непосредственно на окрашиваемую поверхность называется грунтованием. Основной целью грунтования является создание хорошей сцепляемости между металлом и последующими слоями лакокрасочных покрытий.

Для эффективной защиты металлических изделий от коррозии и увеличения срока службы покрытий исключительное значение имеет правильный выбор, а также технология нанесения грунта. При выборе грунта необходимо, с одной стороны, учитывать особенности окрашиваемого металла, а с другой — природу тех лакокрасочных материалов, которые будут наноситься на грунт в качестве промежуточных и внешних слоев покрытия. Грунтование производится после соответствующей подготовки поверхности и в возможно более короткий срок после окончания этой подготовки.

Как уже указывалось, грунт должен быть более тощим, чем наносимые верхние слои многослойного покрытия. Нельзя по этой причине наносить на жирный грунт тощие лакокрасочные материалы; так, например, при нанесении пентафталевой эмали по масляному грунту происходит растрескивание верхних слоев.

Нужно также обращать внимание на возможное влияние составных частей грунта на высыхание верхних слоев покрытия. Нельзя, например, наносить масляные покрытия по битумным грунтам, так как содержащиеся в битумном грунте вещества фенольного характера задерживают высыхание масел.

Грунты для металлов могут быть разбиты на 5 групп: 1) изолирующие; 2) с пигментами основного характера; 3) пассивирующие; 4) протекторные и 5) фосфатирующие.

Изолирующие грунты получаются на основе инертных пигментов с самыми разнообразными пленкообразователями, устойчивыми к среде, в которой покрытие эксплуатируется. Поскольку пигменты не оказывают влияния на металлы, эти грунты могут

быть применены для различных металлов. К грунтам изолирующего действия относятся железо-суричные грунты на масляной или лаковой основе, а также различные грунты на битумной основе. Широкое применение для подводных покрытий имеет в качестве изолирующего грунта каменноугольный лак и полидивинилацетиленовый лак (этиноль).

Грунт для атмосферостойких покрытий готовится по следующей рецептуре:

Сурик железный сухой	70 ± 3%	—
Сурик железный густотертый . . .	—	70—80%
Олифа льняная	22—27%	20—30%
Скипидар или уайт-спирит	5%	—

Готовый продукт должен отвечать требованиям ОСТ 13918—40. Для нейтрализации образующихся при старении масляного покрытия низкомолекулярных жирных кислот полезно в железосуричный грунт вводить до 5—15% цинковых белил. Такая добавка значительно повышает антикоррозионные свойства грунта.

Грунт с пигментами основного характера. Действие основных пигментов проявляется по двум направлениям. С одной стороны, основные пигменты образуют с масляной пленкообразующей основой или с карбоксилсодержащими пленкообразующими веществами соответствующие мыла, * что повышает водостойкость покрытия, с другой — основные пигменты повышают pH пленки воды, проникающей через лакокрасочное покрытие, и тем самым оказывают анодное ингибиторное действие.

К этой группе относятся грунты, содержащие свинцовый сурик, основной карбонат свинца, основной сульфат свинца, цинковые белила и др.

Пассивирующие грунты. Это наиболее распространенный вид антикоррозионных грунтов, содержащих пассивирующие пигменты.

В качестве последних применяются различные хроматы металлов. К этой группе можно также отнести и свинцовый сурик, содержащий перекись свинца, оказывающий пассивирующее влияние на железо.

Наиболее широко применяется цинковый крон (основной хромат цинка), хорошо защищающий от коррозии как черные, так и легкие металлы.

Хроматы, если они имеют частичную растворимость в воде, поддерживают окисную пленку металла в пассивном состоянии и с этой точки зрения являются анодными ингибиторами.

В табл. 28 приведены данные, характеризующие антикоррозионные свойства различных хроматов [18].

---

* П. М. Богатыревым было установлено, что при этом образуются не мыла, а сложные комплексные соединения.

ТАБЛИЦА 28

Потеря в весе (в г) стальных образцов, частично погруженных на 10 дней в дестиллированную воду

(Образцы были в контакте с различными хроматами)

Пигмент	Потеря в весе, г	% CrO_3 в пигменте
Хромат свинца	0,1696	28,8
Хромат цинка	0,0107	42,1
Тетраоксихромат цинка	0,0016	46,4
Контрольная проба	0,1912	—

В последнее время в антикоррозионных пассивирующих грунтах практическое применение получил бариево-калиевый хромат — $BaK_2(CrO_4)_2$. При гидролизе этой соли в раствор переходит лишь хромат калия. Бариево-калиевый хромат отличается высокой активностью, особенно к алюминиевым и магниевым сплавам. Применяется он обычно в грунтовках совместно с цинковыми белилами.

Протекторные грунты. В протекторных грунтах используются порошкообразные металлические пигменты, имеющие более низкий электродный потенциал по сравнению со сталью и железом.

Принцип антикоррозионной защиты при помощи протекторных грунтов основан на так называемой катодной защите, при которой окрашиваемый металл становится катодом и не корродируется, а коррозия сосредоточивается на металлических порошкообразных пигментах, выполняющих роль анода.

Для эффективной защиты металлические порошки, будучи введенными в пленкообразующую основу протекторных грунтов, должны обеспечивать хороший контакт с металлом и электрическую проводимость.

Нужно отметить, что медные и бронзовые порошки, имеющие электродный потенциал более положительный, чем железо, ускоряют коррозию и, следовательно, не должны применяться в грунтах. Олово и свинец имеют обратимые потенциалы, близкие к железу, и не могут обеспечить эффективную катодную защиту. Алюминий, магний и цинк более электроотрицательны, чем железо, и могут дать эффективную катодную защиту. Однако пленки жирных кислот (стеарина и т. п.) на алюминиевой пудре и плотная окисная пленка на порошке магния предотвращают металлический контакт между частицами и делают эти порошки недостаточно эффективными для протекторной защиты в лакокрасочных грунтах.

Наиболее эффективным для этой цели является применение цинковой пыли. Количество цинковой пыли в грунте доводится до 80—95%. В качестве пленкообразующей основы применяют

полистирол, сополимеры хлорвинила и др. Протекторные грунты, содержащие цинковую пыль, по своему защитному действию приближаются к оцинковке, получаемой гальваническим путем или по горячему способу. Протекторные грунты дают длительную защиту в жестких коррозионных условиях.

Фосфатирующие грунты. Эти грунты были первоначально разработаны для защиты подводной части корпусов судов от коррозии, но вскоре нашли применение в самых разнообразных отраслях промышленности.

Эти грунты, обладающие высокими антикоррозионными свойствами и очень хорошей адгезией к стали, алюминию, магнию и цинку, меди, олову, а также к неметаллическим материалам, представляют собой раствор в спиртах или кетонах поливинилбутираля, пигментированного основным хроматом цинка [28].

К указанному грунту перед нанесением добавляется спиртовой раствор фосфорной кислоты.

При нанесении грунта на металл протекают одновременно два основных процесса: 1) образование на поверхности металла неорганической фосфатной пленки и 2) взаимодействие между собой составных частей грунта, в результате чего шестивалентный хром восстанавливается в трехвалентный и образуется сложный комплекс, состоящий из поливинилбутираля трехвалентного хрома и фосфорной кислоты. Указанный процесс протекает довольно быстро, поэтому после добавления разбавителя, содержащего фосфорную кислоту, грунт должен быть использован в течение 3—8 часов.

Грунт наносится равномерным тонким слоем (6,5—10 *мк*) за один или два раза. Сушка при нормальной температуре каждого слоя 0,5—1 час.

Вместо хромата цинка можно также применять хромат свинца, калиево-бариевый хромат или смесь хромата цинка с указанными хроматами.

Грунты, содержащие свинцовый крон, могут применяться лишь для нанесения по стали.

Вырабатываемый лакокрасочной промышленностью грунт ВЛ-02 состоит из основы и кислого разбавителя. За 15—30 мин. до нанесения к 4 вес. ч. основы добавляется 1 вес. ч. кислого разбавителя.

Разведение следует производить в стеклянной, керамиковой, эмалированной или деревянной посуде. Рабочая вязкость грунта по ВЗ-4 18—22 сек. при 18—20°. Срок годности разведенного грунта 8 часов.

Рецептура фосфатирующих грунтов приведена в табл. 29.

Наиболее эффективны фосфатирующие грунты в качестве подслоя для покрытия на основе виниловых полимеров.

ТАБЛИЦА 29

Рецептура фосфатирующих грунтов

Составные части	Количество в вес. ч.		
	1	2	3
1. Основная часть грунта:			
поливинилбутираль (низковязкий)	7,2	13,0	7,2
основной хромат цинка	6,9	12,0	6,7
тальк	1,1	2,0	1,1
изопропиловый или амиловый спирт	48,7	37,0	50,4
бутиловый спирт	16,1	—	—
метилэтилкетон	—	36,0	—
толуол	—	—	14,1
2. Разбавитель:			
фосфорная кислота (85%)	3,6	6,5	3,4
вода	3,2	—	3,4
изопропиловый или этиловый спирт	13,2	—	13,2
бутиловый спирт	—	30,0	—

Вместо поливинилбутираля в фосфатирующих грунтах могут быть использованы различные гидроксилсодержащие полимеры, растворимые в спиртах.

При выборе грунтов, как было указано, необходимо в первую очередь учитывать особенности окрашиваемых металлов. Для черных металлов пригодны почти все типы грунтов. Для алюминия, магния и их сплавов обычно применяются пассивирующие грунты на цинкхроматной основе. Для этих металлов, а также для оцинкованных металлов нельзя применять грунты, содержащие свинцовые пигменты.

Плохую адгезию имеют лакокрасочные покрытия к оцинкованным и кадмированным поверхностям. Эти поверхности целесообразно сначала фосфатировать, а затем грунтовать цинкохроматным грунтом на глифталевом лаке, например грунтом АЛГ-7 горячей сушки. Для меди и ее сплавов пригодны изолирующие грунты, например грунты на мочевино-формальдегидной основе. Эти металлы можно также в отдельных случаях окрашивать без применения грунтов.

Иногда возникает необходимость в окраске хромированных поверхностей, на которых лакокрасочные материалы плохо держатся.

В этом случае может быть применен глифталевый грунт № 138, дающий после горячей сушки хорошее сцепление с хромированной поверхностью.

При окраске перхлорвиниловыми эмалями используется грунт № 138, ФЛ-03, В-329, Е-329 и др., а также грунты на перхлорви-

ниловой основе. Практикуется также использование двух видов грунтов. Сначала наносится грунт на масляно-лаковой основе, а затем уже — на перхлорвиниловой основе. В этом случае достигается хорошая адгезия покрытия.

Выбор грунтов, а также основные показатели, состав и области применения наиболее распространенных грунтов приведены в табл. 30, 31 и 32 (стр. 212—215).

Грунт перед употреблением должен быть тщательно размешан, чтобы обеспечить принятое для каждого грунта соотношение между пигментом и пленкообразующей основой. В случае необходимости грунты разбавляются растворителем, указанным в соответствующих технических условиях на данный грунт. Применение несоответствующих растворителей может привести к свертыванию грунта или получению непрочной пленки. Перед употреблением грунт целесообразно профильтровать через сито.

После выбора грунта должен быть установлен метод нанесения его и режим сушки.

Грунт наносится обычно кистью, краскораспылителем или окунанием. Нужно отметить, что при окраске изделий и конструкций, эксплуатируемых в жестких коррозионных условиях, нужно отдавать предпочтение кистевому методу нанесения грунта. При этом пленка воды, обычно имеющаяся на поверхности изделий, в процессе растушевки удаляется или может быть заэмульгирована.

Грунт должен наноситься тонким равномерным слоем без пропусков, подтеков и других дефектов. Толщина слоя не должна превышать 15—20 *мк*. Сушка грунта должна производиться в соответствии с режимом, предусмотренным ТУ или ГОСТом. Возможность изменения режима должна быть предварительно проверена.

Режим сушки устанавливается в зависимости от состава грунта, а также и от состава лакокрасочных материалов, наносимых в качестве последующих слоев. Различают грунты холодной и горячей сушки. Грунты под нитроэмали обычно подвергаются горячей сушке, так как в этом случае грунтовочное покрытие устойчиво к действию активных растворителей нитроэмалей и нитролаков.

Отдельные представители наиболее распространенных грунтов.

1. Свинцово-суричный грунт на основе натуральной олифы изготовляют непосредственно на месте его применения, так как вследствие загустевания он должен быть использован в течение суток с момента изготовления. Грунт изготовляется по рецептуре: сурик свинцовый малярный 75—80%, олифа натуральная 20—25%. Грунт изготовляется путем перетирания на краскотерке. Для удобства нанесения допускается добавление 2—3% скипидара.

ТАБЛИЦА 30

Выбор грунта в зависимости от окрашиваемого металла

Металл	Марки грунта
Черные металлы (железо, сталь, чугун)	№ 138, В-329, Е-329, АЛГ-5, АЛГ-7, Свинцово- или железосуричный, ХСГ-26, ВХГМ, 101/19, Ч-1, ФЛ-03, ВЛ-02 и др.
Алюминий и его сплавы	АЛГ-1, АЛГ-5, АЛГ-7, АЛГ-8, АЛГ-12, Ч-1, ФЛ-03, 101/19, У-223, Лак АО алюминиевый, ВЛ-02, АГ-10С и АГ-3А
Магний и его сплавы	АЛГ-1, АЛГ-7, АЛГ-8, Лак-АО алюминиевый, ВЛ-02, АГ-10с
Цинк	АЛГ-1, АЛГ-5, АЛГ-7, АЛГ-8, АЛГ-12, В-329, ВЛ-02, ФЛ-03, Э-4021
Кадмий	АЛГ-5, АЛГ-7, Э-4021
Медь и ее сплавы	УБГ-1, У-223, 138, УР-01, ВЛ-02, Э-4021
Хром	№ 138
Свинец	№ 138
Олово	№ 138, ВЛ-02, Э-4021

ТАБЛИЦА 31

Выбор грунта в зависимости от наносимого лакокрасочного покрытия

Наносимое лакокрасочное покрытие	Марка грунта
Масляное	№ 138, железосуричный на олифе АЛГ-1, АЛГ-5 и др.
Битумное	Грунт не требуется; может наноситься на хорошо высохшие масляные покрытия
Битумно-масляное	101/19, Ч-1
На основе алкидных смол (глифталевые и пентафталевые)	№ 138, АЛГ-7, АЛГ-8, АЛГ-12, ФЛ-03
Мочевино-формальдегидное	УБГ-1, У-223, № 138, УПФ-224, АЛУ-225
Феноло-формальдегидное	Применение грунта не обязательно
Нитроцеллюлозное	№ 138, АЛГ-7, АЛГ-8, В-329, Д-329, ФЛ-03
На основе виниловых полимеров и сополимеров	138, ХСГ-26, ХВГ-1, ВХГ-4007, ПХВГ-3, В-329, Д-329, ФЛ-03, ВХГМ
Эпоксидное	Грунт не требуется
Нитроалкидноэпоксидное	Э-4021
Сополимер винилхлорида с винилацетатом	ВЛ-02
Полиуретановое	УР-71
Алкидно-стирольное	АСП-1

Вязкость грунта по вискозиметру ВЗ-4 должна быть 100—130 сек. для нанесения кистью. Вследствие токсичности свинцового сурика нанесение грунта краскораспылителем обычно не производится. Вязкость грунта зависит от количества свободных кислот в олифе и количества свободного химически не связанного глета в сурике. По этой причине при одной и той же рецептуре в одном случае может получиться слишком густой грунт (за счет образования при перетирании свинцовых мыл), а в других случаях слишком жидкий. Не следует вводить в свинцово-суричный грунт сиккатив, так как при этом ускоряется старение покрытия.

Свинцово-суричный грунт высыхает за 24 часа при нормальной температуре, однако прочное покрытие образуется лишь спустя 20—30 суток, т. е. после того, как произойдет образование свинцового мыла.

Свинцово-суричный грунт применяется при окраске черных металлов и его не следует применять для окраски алюминия, цинка и других цветных металлов [25].

Свинцовый сурик часто применяют совместно с тяжелым шпатом, а также с железным суриком.

Нельзя наносить масляный свинцово-суричный грунт по поверхности, раньше окрашенной битумными красками и плохо очищенной от остатков этой краски, так как в этом случае свинцово-суричный грунт плохо высыхает.

2. Грунт глифталевый № 138 (ГОСТ 4056—48). Широко применяется при нанесении масляных, нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых и других покрытий. Грунт 138 отличается высокими антикоррозионными свойствами; примерный состав грунта (в %)

Лак № 154	— 59,8
Сурик железный . . .	— 20,7
Крон свинцовый	— 9,4
Сажа нефтяная	— 0,7
Тальк	— 9,4

Лак 154 получается на основе тунгового масла, льняного масла, глицерина, фталевого ангидрида и глета. Грунт используется при окраске разнообразных металлических конструкций, железнодорожных и трамвайных вагонов, автомобилей, мотоциклов и других изделий, требующих длительной защиты от коррозии и эксплуатируемых в атмосферных условиях. Сушка грунта производится при 100—110° в течение 35 мин. или при 18—23° в течение 16—24 час. В некоторых случаях практикуется неполная сушка в течение 0,5—6 часов при нормальной температуре (например, для нанесения перхлорвиниловых эмалей по недосушенному грунту).

Перед употреблением грунт 138 разводят сольвентом, ксилолом или скипидаром в количестве 10—25% от веса грунта.

Разводить грунт № 138 уайт-спиритом или бензином нельзя, так как эти растворители свертывают грунт. При нанесении грунта распылением вязкость должна быть в пределах 22—40 сек. по вискозиметру ВЗ-4 для нанесения краскораспылителем и 40—50 сек. по ВЗ-4 для нанесения кистью. Повышение вязкости приводит к получению утолщенной глянцевой пленки, не обеспечивающей хорошей адгезии с последующими слоями. Сильно разведенный грунт дает слишком тонкий слой, не обеспечивающий надлежащей коррозионной защиты.

Грунт 138 применяется преимущественно для стали и железа. Не следует применять его для легких сплавов и оцинкованных поверхностей, так как содержащийся в грунте свинцовый крон оказывает неблагоприятное действие на эти металлы с точки зрения коррозионной защиты.

3. Цинкхроматные грунты. Эти грунты относятся к пассивирующим грунтам и применяются преимущественно для окраски легких металлов. Лакокрасочная промышленность вырабатывает ряд эффективных цинкхроматных грунтов марок АЛГ.

Грунт лаковый желтый АЛГ-1 на масляном лаке и глифталевый АЛГ-3 применяются для покрытия деталей из электрона (с горячей сушкой) и дюралюминия (с холодной и горячей сушкой).

Грунт — эмаль лаковая АЛГ-5 серо-зеленая на масляном лаке и глифталевый грунт АЛГ-7 предназначаются для нанесения как по дюралюминию, так и по стали.

Масляные грунты АЛГ-1 и АЛГ-5 применяются в качестве подслоя под масляные или смоляно-масляные покрытия. Эти грунты не могут быть использованы для нанесения нитроэмалей, а также тощих эмалей, например пентафталевых.

Глифталевые грунты АЛГ-7, АЛГ-8 и АЛГ-12 горячей сушки могут быть использованы в качестве подслоя для самых разнообразных покрытий, как-то: нитроэмалей, перхлорвиниловых, смоляно-масляных, пентафталевых, глифталевых и подобных красок.

4. Грунты В-329, Д-329 и Е-329 получаются на основе 100% фенольно-формальдегидной смолы и феноло-ацетальдегидной канифольной смолы, модифицированных уплотненным подсолнечным и тунговым маслами. По скорости высыхания, а также по антикоррозионным свойствам грунты В-329 и Д-329 превосходят грунт 138. Грунты предназначаются преимущественно для грунтования железнодорожных и трамвайных вагонов, автобусов, троллейбусов, а также для других ответственных покрытий, эксплуатируемых в атмосферных условиях.

Хорошей адгезией к металлам и высокими антикоррозионными качествами обладает грунт ФЛ-03 (ВТУ МХП 4505—56).

Характеристика, состав и области применени

Наименование грунта	ГОСТ или ТУ МХП	Вязкость		Высыхание		Разбавитель
		марка вискозиметра	секунды	°С	часы	
Грунтовка № 138 коричневая	ГОСТ 4056—48	Ф-4	22—24	100	0,5	Сольвент РДВ, скипидар
Грунт лаковый АЛГ-1 желтый	ТУ МХП 777—43	То же	35—45	18—23 60—70	40 4	Уайт-спирит скипидар
Грунт глифталевый АЛГ-8	ТУ МХП 3347—52	»	12	60—70	4	Ксилол
Грунт — эмаль АЛГ-5 серо-зеленая	ТУ МХП 1047—43	»	14—45	60—70 18—23	3 36	Уайт-спирит
Грунт глифталевый АЛГ-7	ТУ МХП 2530—52	»	10—14	100	2,5	Ксилол
Грунт свинцово-суричный алкидный	ТУ МХП 1717—48	ФЭ-36 Ф-4 (разная вязкость)	12 22—24	70—80 18—20	3 24	Сольвент
Грунт ХСГ-26	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	12	18—23	2	Р-4
Грунт лаковый 1515 темно-синий	ТУ МХП 3954—53	ФЭ-36 сопло № 2	7—15	100	1	Уайт-спирит
Грунт № 186 коричневый эмульсионный	ТУ МХП 330—41	Ф-4	14—17	75—80	1	Растворитель № 138
Грунт-эмаль 101/19	ТУ МХП 1673—47	ФЭ-36 сопло № 2	18—13	200	1	Уайт-спирит скипидар
Грунт-эмаль Ч-1	ГОСТ 2346—43	Воронка НИИЛКа сопло № 7	5—7	200	1	Уайт-спирит
Грунт В-329 Грунт Д-329	ВТУ КУ 381—56	ВВ-4	35—40 18—25	18—23	24	Ксилол

ТАБЛИЦА 32

грунтов, вырабатываемых промышленностью

Расход г/м²	Состав грунта		Области применения по ТУ
	пленкообразующая основа	пигментная часть	
60—80	Глифталевый лак № 154	Крон свинцовый, железный сурик, тальк	Для металлических поверхностей
45—60	Масляный лак ЛМ-25	Цинковый крон	Для электрона и дюралюминия
70	Глифталевый лак	Цинковый крон и тальк	Для магниевых сплавов и дюралюминия
70	Масляный лак МЛ-25	Цинковый крон, цинковые белила, сажа	Для окраски дюралюминия и стали
	Глифталевый лак	Цинковый крон, тальк	Для стали, магниевых и алюминиевых сплавов
35	» »	Свинцовый сурик, тяжелый шпат	Для черных металлов
150—250	Перхлорвиниловая смола	Сурик железный, сурик свинцовый, тяжелый шпат	Для стали и железа под эмали ХСЭ
35	Масляный лак	Цинковые белила, сажа	Для картеров, блоков и других деталей моторов водяного охлаждения
	Глифталевый лак	Железный сурик	Для деревянных платформ автомашин методом обливания
50—100	Нефтебитум или естественный асфальт и растительные масла	Сажа	Для деталей моторов
50	То же	»	Для металлических деталей автомашин
90—100	Фенольная смола, растительные масла	Сурик железный, крон цинковый, белила цинковые, тальк	Для ж.-д и трамвайных вагонов, автомобилей и троллебусов

Наименование грунта	ГОСТ или ТУ МХП	Вязкость		Высыхание		Разбавитель
		марка вискозиметра	секунды	°С	часы	
Грунт УБГ-1 коричневый бензостойкий	ВТУ 3195—53	ВВ-4	18	120	1	Разбавитель РКБ-1
Грунт ХВГ-1 желтый	ТУ МХП 2189—50	ФЭ-36 сопло № 2	5—10	18—23	3	Р-4
Грунт химстойкий ВХГ-4007 оранжевый	ТУ МХП 2596—51	То же	15	18—23	2	Р-4
Грунт ПХВГ-3 красно-коричневый	ТУ МХП 2278—51	ВЗ-4	35—55	18—23	1,5	Р-4
Грунт ВХГМ красно-коричневый	ВТУ МХП 4204—54	ФЭ-36 сопло № 2	15	18—23	3	Р-4
Грунт железо-суричный	ОСТ 13918—40	Воронка НИИЛКа	25—35	18—20	24	Скипидар уайт-спирит
Грунт ФЛ-03	ВТУ 4505—56	ВЗ-4	20—22	18—20	16	Ксилол + + уайт-спирит 1 : 1
Грунт глифталевый АЛГ-12	ТУ КУ 296—56	ВЗ-1	15—40	18—20 80	24 4	Ксилол или копал + + уайт-спирит 1 : 1
Грунт АГ-3а желтый	ВТУ 337—54	ВЗ-1	3,5—6,0	18—23	2	Растворитель 648
Грунт АГ-10с желтый	ВТУ 4366—55	ВЗ-4	13—20	18—23	1	Растворитель 648 или Р-5

Продолжение

Расход г/м²	Состав грунта		Области применения по ТУ
	пленкообразующая основа	пигментная часть	
	Алкидная смола и мочевино-формальдегидная смола	Сурик железный	Для металлических емкостей для хранения бензина
150—200	Перхлорвиниловая и алкидная смолы	Крон цинковый	Для металлических поверхностей
250	Сополимер хлорвинила с винилиденхлоридом	Сурик свинцовый	Для металлических поверхностей под химстойкую эмаль ВХЭ-4023
100	Перхлорвиниловая смола	Сурик железный, крон желтый	Для металлических поверхностей
	Сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом	Крон желтый свинцовый, тальк, железный сурик	То же
35	Олифа льняная	Железный сурик	Для металлических поверхностей, эксплуатируемых внутри помещений
—	Фенольная смола 326	Цинковый крон, тальк или цинковый крон, тальк и редоксайд	Для стальных и стальных фосфатированных поверхностей
—	Глифталевый лак	Цинковый крон	Для защиты от коррозии внутренних поверхностей сварных швов, выполняемых точечной сваркой дюралевых обшивок и деталей
—	Смола БМК-5	Цинковый крон	Для грунтования алюминиевых сплавов
—	Смола БМК-5	Стронциевый крон	Для грунтования легких сплавов

Грунты В-329, Д-329, Е- 329 и ФЛ-03 высыхают при 110° в течение 30—35 мин.

5. Грунты на полимерах и сополимерах винилхлорида. Эти грунты представляют собой растворы полимеров в смеси летучих органических растворителей, с добавлением пигментов, пластификаторов и других компонентов. Выпускаются грунты на перхлорвиниловой основе марок ПХВГ-3, ХВГ-1, ХСГ-26 и на сополимере винилхлорида с винилденхлоридом марок ВХГМ и ВХГ-4007.

Эти грунты предназначаются для нанесения по стали в качестве подслоя под химстойкие перхлорвиниловые эмали. Перхлорвиниловые грунты отличаются быстротой высыхания, но недостаточно высокой адгезией и поэтому должны наноситься на хорошо подготовленную поверхность (лучше всего отпескоструенную).

6. Эпоксидный грунт Э-4021 (ВТУ № П-8—55) получается разведением шпатлевки Э-4021 толуолом или ацетоном до вязкости 25 сек. по воронке ВЗ-4. Перед нанесением в грунт вводится гексаметилендиамин (отвердитель № 1) в количестве 8 *г* на 100 *г* шпатлевки.

Срок годности разведенного грунта 4—5 часов.

Сушка грунта 24 часа при нормальной температуре и 3—4 часа при 60—70°.

Грунт дает весьма прочное покрытие на различных металлах.

Характеристика, состав и области применения грунтов приведены в табл. 32.

Сушка. В процессе сушки лакокрасочного материала, нанесенного на окрашиваемую поверхность, происходит образование лакокрасочной пленки. Условия и механизм образования пленки подробно рассмотрены в гл. III. Методы сушки и оборудование приведены в гл. XVI.

Режим сушки (температура и продолжительность) определяется составом и свойствами применяемых лакокрасочных материалов.

Наиболее эффективным методом сушки как с точки зрения производительности, так и качества получаемого покрытия является сушка при повышенной температуре [5, 6].

Процесс сушки значительно ускоряется при беспрерывной смене воздуха, при котором пары растворителя уносятся с поверхности окрашенного изделия.

Для получения качественного покрытия необходимо строго соблюдать время сушки для данного покрытия. Если возможно, покрытие следует подвергать превращению в трехмерный полимер для обеспечения максимальной адгезии и прочности.

Время и температура сушки оказывают большое влияние на водопоглощаемость. На рис. 47 показана зависимость водопоглощения глифталевого покрытия от режима сушки.

При сушке растворитель должен постепенно удаляться с поверхности покрытия. Скорость испарения растворителя оказывает большое влияние на качество получаемого покрытия. При большой скорости удаления растворителя он не успевает поступать из нижних слоев к поверхности.

Если на поверхности успела образоваться пленка, она может быть нарушена, в результате чего покрытие будет отличаться неравномерностью и высокой пористостью.

Схема образования пор в покрытии при быстром испарении растворителя показана на рис. 48.

Наконец чрезмерно быстрое удаление растворителя при нанесении покрытия краскораспылителем может привести к тому, что частички распыляемой краски будут высыхать в воздухе и на окрашиваемую поверхность будет наноситься почти сухой порошок, имеющий слабое сцепление с окрашиваемой поверхностью.

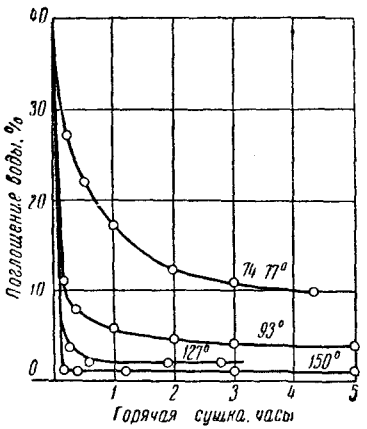


Рис. 47. Зависимость водопоглощения глифталевого покрытия от режима горячей сушки

Первоначальную температуру сушки следует устанавливать в зависимости от температуры кипения, наиболее низкокипящего компонента смеси растворителей. Если все составные летучие части лакокрасочного материала являются растворителем для данной пленкообразующей основы, то целесообразно, чтобы они отличались между собою по температуре кипения.

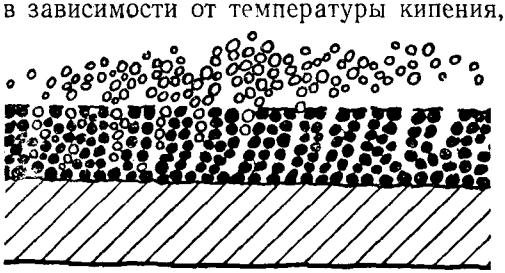


Рис. 48. Схема образования пор в покрытии при быстром испарении растворителя

Если пленкообразующие основы растворимы только в смеси растворителей, то эти растворители должны иметь близкие температуры кипения или образовывать азеатропные смеси. Если летучая часть состоит из разбавителя и растворителя, то при сушке должны раньше испаряться разбавители, а затем растворители.

Если образование покрытия происходит не только за счет испарения растворителя, но и за счет химических процессов, то

нужно постепенным повышением температуры удалить основную часть растворителя и после образования пленки производить сушку при температуре, необходимой для протекания химических процессов. Необходимо иметь в виду, что в процессе сушки происходит усадка пленки. Величина усадки зависит от толщины слоя, молекулярного веса и природы пленкообразующей основы, температуры кипения растворителя и т. п. Напряжения, возникающие в результате высыхания пленки, направлены вдоль поверхности пленки и противодействуют силам адгезии, направленным перпендикулярно к поверхности пленки, поэтому и важно, чтобы при высыхании многослойного покрытия первый грунтовочный слой был достаточно тонок и хорошо высушен. Температурный режим сушки различных лакокрасочных материалов обычно регламентируется соответствующими техническими условиями.

Масляные краски и лаки обычно сушат при температуре порядка 110—120°. Для маслосодержащих материалов применяется также высокотемпературная сушка, предложенная Дринбергом и Тихоновой [5]. Глифталевые и пентафталевые эмали допускают нагрев до 170—180° и выше. Для эмалей светлых оттенков, содержащих цинковые белила, температура сушки не должна превышать 70—75°, так как при более высокой температуре покрытие желтеет.

Лаки и эмали на основе хлорсодержащих полимеров (перхлорвинил, хлоркаучук и т. д.) нельзя сушить при температуре свыше 70—80° во избежание выделения хлористоводородного газа.

Лаки и эмали на битумно-масляной основе сушат при 150—300° и выше.

Покрытие на основе бакелитового лака сушат при температуре до 160° при ступенчатом режиме (стр. 241).

Сушку нитроэмалевых, нитроглифталевых эмалей, а также эмалей на основе различных виниловых смол обычно производят при нормальной температуре. В отдельных случаях с целью удаления остатков растворителя перед шлифованием и полированием применяется сушка при температуре до 60°.

Шпатлевание. Окрашиваемая поверхность различных объектов и изделий обычно имеет вмятины, раковины, царапины и прочие дефекты, которые заполняются и выравниваются при помощи шпатлевок.

Шпатлевание, как правило, не повышает защитных свойств покрытий, так как толстый и недостаточно эластичный слой шпатлевки подвержен растрескиванию, в результате чего нарушается прочность всего покрытия. По этой причине нужно стремиться устранять дефекты путем предварительной механической обработки поверхности окрашиваемых изделий (обрубка, шлифовка, пескоструйная обработка, галтовка и т. д.). В тех случаях,

когда осуществить это не представляется возможным, для улучшения внешнего вида окраски и получения гладкого покрытия прибегают к нанесению шпатлевок.

Шпатлевка, или подмазочная масса, представляет собой густую красочную пасту, состоящую из пигментов и наполнителей (железный сурик, охра, мел и др.), затертых на различных пленкообразующих основах. В зависимости от примененного пленкообразователя различают клеевые, масляные, лаковые, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые, эпоксидные и т. д. шпатлевки.

Шпатлевки либо готовятся в цеху на месте применения, либо пользуются готовыми шпатлевками, вырабатываемыми лакокрасочной промышленностью.

Для изготовления лаковой шпатлевки пользуются шпатлевочным лаком № 74 и № 75 (ГОСТ 6807—53). К смеси, состоящей из 92% мела, 5% охры и 3% железного сурика, добавляется один из указанных выше лаков в количестве, необходимом для получения шпатлевки желаемой консистенции (примерно 20—35% от веса пигментов). Смесь тщательно перемешивается или перетирается.

Шпатлевки наносятся на хорошо просушенный грунт при помощи деревянного или металлического шпателя для ровных поверхностей или куска листовой резины 5—6 *мм* для криволинейных поверхностей. Нанесение шпатлевки можно производить при помощи краскораспылителя типа РШ (Хотьковского завода), с соплом 6 *мм* в диаметре, позволяющим наносить слой такой же толщины, как при нанесении шпателем.

Для лучшей связи шпатлевки с грунтом проводится легкая шкуровка загрунтованной поверхности наждачной шкуркой с последующим удалением шлифовочной пыли.

Для более эффективного выравнивания поверхности сначала проводят местную шпатлевку наиболее углубленных мест. После просушки местной шпатлевки производят легкую шкуровку зашпатлеванных участков; в случае необходимости производят вторую, местную, а затем общую шпатлевку всей поверхности.

Не рекомендуется наносить больше трех слоев шпатлевки. Каждый слой шпатлевки должен быть хорошо просушен.

Толщина каждого слоя не должна превышать для масляных, лаковых и перхлорвиниловых шпатлевок более 0,5 *мм*, нитроцеллюлозных — 0,1 *мм* и эпоксидных — 1,0 *мм*.

В табл. 33 (стр. 220—221) приведены характеристики и области применения наиболее употребительных шпатлевок, вырабатываемых лакокрасочной промышленностью.

Для заполнения отдельных пор и царапин на металле применяются быстросохнущие подмазки № 200 (ТУ МХП 1729—48), а для заполнения отдельных пор и царапин на грунтовке — подмазка водоэмульсионная № 201 для автозаводов. Эти подмазки

Характеристики и области

Шпатлевки	ГОСТ или ТУ МХП	Цвет шпатлевки	Разбавитель
Шпатлевки лаковые			
ЛШ-1	ТУ 1805—48	Разных цветов	Сольвент
ЛШ-2	ТУ 1805—48	» »	»
АМ	ТУ МХП 3954—53	От светло-коричневого до темно-коричневого	Сольвент, скипидар, ксилол
№ 175	ТУ 331—46	Коричневая	То же
№ 185	ТУ 331—46	Серая	»
Шпатлевки нитроцеллюлозные			
АШ-24	ТУ 763—41	Светло-желтые, коричнево-красные	Этилацетат, ацетон
АШ-30	ТУ 953—42	Серая	То же
АШ-32	ТУ 1516—47	Желтая	»
Шпатлевка перхлорвиниловая			
ХВШ-4	ТУ 2187—50	Зеленая	Р-4
ПХВШ-23	ТУ 4222—54	Серая	Р-4
Шпатлевка эпоксидная			
Э-4021	ВТУ № П-8—55	»	Толуол или ацетон

ТАБЛИЦА 33

применения шпатлевок

Высыхание			Расход г/мм²	Пленкообразующая основа	Назначение
толщина, мм	°С	время, часы			
0,5	18—20	24		Алкидный лак	По грунту 138 для наружной поверхности ж.-д. вагонов, трамваев, троллейбусов, автобусов
0,3	18—24	24		То же	
0,5	100—110	1	120—200	Масляно-лаковая разводка	Для тех же объектов, но для внутренней поверхности, а также неответственных наружных покрытий
0,5	100—110	1	70—50	Глифталевый лак	Для подмазки и сплошного нанесения на детали из алюминиевого литья, загрунтованных грунтом 1515 или грунтом АЛГ-1
0,5	100—110	1	70—50	То же	Для выравнивания поверхности, загрунтованной грунтом 138 под нитроэмали
0,5	18—23	1	350	Раствор колоксилина и смол в органических растворителях	Для выравнивания металлических поверхностей
0,5	18—23	2,5	350	То же	То же
0,5	18—23	3,5	350	"	Для шпатлевания наружной поверхности деревянных деталей
0,5	18—23	2		Перхлорвиниловая смола	Для выравнивания загрунтованных и металлических поверхностей
0,5	18—23	2		То же	То же
до 5 мм	18—2	24		Эпоксидная смола	Для выравнивания металлических поверхностей

за 10—15 мин. подсыхают настолько, что их можно зашлифовать шкуркой.

Широкое применение имеют глифталевые шпатлевки № 175 и № 185. Примерный состав этих шпатлевок приведен в табл. 34.

Шпатлевки № 175 и 185 наносят только распылителем. Шпатлевки выпускают густой консистенции, перед употреблением их разводят сольвентом, ксилолом или скипидаром до вязкости 18—20 секунд по воронке ВЗ-4 при 18—20°. Расход разбавителя для получения этой вязкости примерно 10—25% от веса шпатлевки. Для лучшего выравнивания поверхности шпатлевку наносят за два раза с промежуточной сушкой между нанесениями слоев в течение 15 мин. с последующей сушкой двух слоев при 100—110° в течение 60 мин. Толщина слоев не должна превышать 40 *мк*, что соответствует примерному расходу шпатлевки 70—80 *г/м*^{2}. Применяются эти шпатлевки для выравнивания поверхностей, загрунтованных грунтом № 138, под нитроэмали.

ТАБЛИЦА 34

Состав шпатлевок № 175 и № 185 в %

Составные части	№ 175	№ 185
Лак № 138[1]	22,0	24,6
Литопон	46,4	54,4
Сурик железный	10,9	—
Сажа нефтяная	0,7	1,0
Скипидар или сольвент	20,0	20,0

[1] Состав лака № 138, %

Масло льняное	25,0
Глицерин	5,0
Фталевый ангидрид	19,8
Скипидар или сольвент	50,2

Лаковые шпатлевки марок ЛШ-1, ЛШ-2, АМ предназначаются для местного и общего шпатлевания при окрашивании масляными, глифталевыми и пентафталевыми эмалями.

Нитрошпатлевки марок АШ-24, АШ-30 и др. применяются для исправления незначительных дефектов при окраске нитроглифталевыми и нитроцеллюлозными эмалями.

Шпатлевки перхлорвиниловые ХВШ-4 используются под перхлорвиниловые эмали.

В станкостроении широкое применение получила быстросохнущая перхлорвиниловая шпатлевка марки ХВШ-23 (ВТУ МХП 4222—54) с режимом сушки каждого слоя 2 часа при 15—23°. Эта шпатлевка дает меньшую усадку, чем шпатлевка АШ-24 или АШ-30, и используется при выравнивании поверхностей изделий, эксплуатируемых в странах с тропическим климатом.

Для заполнения глубоких изъянов применяется эпоксидная грунт-шпатлевка Э-4021 (ВТУ П-55), представляющая собой густую тестообразную массу, состоящую из смеси пигментов и наполнителей, эпоксидной смолы Э-40, пластификатора и органических растворителей.

Непосредственно перед употреблением для отверждения наносимой шпатлевки вводится 8,5 *г* гексаметилендиамина на каждые 100 *г* шпатлевки, при тщательном перемешивании. После добавления отвердителя шпатлевкой можно пользоваться в течение 3—4 часов. Высыхает при 18—22° в течение 24 часов, даже в толстых слоях (до 5 *мм*) образует плотное беспористое покрытие. Отличается высокой адгезией и большой водостойкостью. Применяется для выравнивания как металлических поверхностей, так и поверхностей из пластмасс (текстолита, гетинакса и др.). Для нанесения краскораспылителем шпатлевку разводят толуолом или ацетоном до вязкости 25 сек. по ВЗ-4.

Шлифование. Зашпатлеванная поверхность после высыхания имеет шероховатости и неровности, которые необходимо устранить перед нанесением последующих слоев шпатлевки или при переходе к последующей стадии окраски. Иногда шлифование (прошкуривание) применяется для создания лучшего сцепления между слоями покрытия.

Для шлифования применяются абразивные материалы, представляющие зерна минералов естественного или искусственного происхождения, обладающие большой твердостью и режущей способностью.

Наиболее широко используются следующие абразивные материалы:

Наждак — естественная порода, содержащая до 60—70% корунда и 30—38% окиси железа, твердость 7—8. (Корунд искусственный или природный содержит 90—95% окиси алюминия, твердость 9.)

Карборунд. По химическому составу представляет собой карбид кремния — SiC. По твердости он выше корунда и приближается к алмазу. Зерна его имеют очень острые грани.

Пемза — продукт вулканического происхождения, имеет губчатое строение. Пемза широко применяется для шлифования в виде порошкообразного материала или в виде кусков, которые предварительно с одной стороны сошлифовывают, чтобы получить ровную поверхность.

Распространение имеет также искусственная пемза, получаемая сплавлением каолина, мела, песка и полевого шпата. По величине зерен искусственная пемза делится на четыре группы: 1 — крупное зерно, 2 — среднее зерно, 3 — мелкое зерно, 4 — пудра. Каждая группа, в свою очередь, делится по твердости также на четыре группы: I — мягкую, II — среднюю, III — твердую и IV — очень твердую.

По степени зернистости абразивные материалы по ГОСТ 3647—47 делятся на три группы: шлифовальные зерна, шлифовальные порошки и микропорошки. Разделение зерен абразивов

по величине производится просеиванием через латунные или шелковые сита с различным числом отверстий.

В табл. 35 приведены размеры зерен абразивов по ситовой классификации.

ТАБЛИЦА 35

Классификация абразивных материалов

Зернистость, №	Величина зерен, *мк*	Зернистость, №	Величина зерен, *мк*
Шлифовальные зерна		Шлифовальные порошки	
10	2300—2000	100	150—125
12	2000—1700	120	125—105
14	1700—1400	150	105—75
16	1400—1200	180	85—63
20	1200—1000	220	75—53
24	850—700	240	63—42
30	700—600	280	53—28
36	600—500	320	42—20
46	420—355		
54	355—300	Микропорошки	
60	300—250	М 28	28—20
70	250—210	М 20	20—14
80	210—180	М 14	14—10
90	180—150	М 10	10—7
		М 7	7—5
		М 5	5—3,5

Кроме абразивных материалов для шлифования применяются шлифовальные шкурки. Различают шкурки обыкновенные и водостойкие.

Номера шкурок соответствуют номерам зернистости применяемого абразивного материала.

Применяемые шлифующие материалы должны быть хорошего качества и не содержать механических примесей (крупных песчинок и т. д.), способных задирать шпатлевку или лакокрасочное покрытие.

Высохший слой шпатлевки должен легко шлифоваться абразивными материалами, не засаливая их.

По методу работы различают шлифование сухое и мокрое. При сухом способе обрабатывают поверхность абразивными шкурками, пемзой и т. д., без смачивания. При мокром способе — при шлифовке лаковых и перхлорвиниловых шпатлевок — производят обильное смачивание шлифуемой поверхности водой, а при шлифовке нитро- и перхлорвиниловой шпатлевок смачивание производят уайт-спиритом.

Межслойная шлифовка производится обычно сухим способом грубой абразивной шкуркой — с № 80 по № 120, а внешние

слои мокрым способом — пемзой или водостойкой шкуркой № 150—220. Шкурование поверхности нужно производить без сильного нажима ровными и плавными движениями. При ручном шкуровании шлифовальную шкурку следует надеть на колодку из мягкого дерева (липа, тополь) размером примерно $10 \times 5 \times 3$ *см*.

Во время работы следует периодически производить очистку шкурки от шлифовочной пыли при помощи щетинной щетки или выколачиванием. Шлифовочную пыль с обрабатываемой поверхности отсасывают пылесосом, сдувают сжатым воздухом или удаляют сухой кистью или чистой ветошью.

Для шлифования по шпатлевке применяют кусковую пемзу или крупнозернистую шкурку; для шлифовки лакокрасочного покрытия — мелкозернистую. При тонкой и окончательной шлифовке применяют мелкий порошок пемзы трепела или самые тонкие номера шкурки.

Шлифование масляно-лаковых и нитрошпатлевок обычно производят мокрым способом, в результате которого поверхность получается более гладкой. При мокром шлифовании поверхность шпатлевки обильно смачивают водой и обрабатывают плоским куском пемзы, стараясь не сильно нажимать на поверхность.

Для шлифовки лаковых покрытий при мокром способе поверхность посыпается тончайшим порошком пемзы или трепела и растирается равномерно суконкой или фланелью. После окончания шлифования поверхность тщательно промывается водой и просушивается.

Для шлифования нитролаковых покрытий применяется шлифовочная паста № 289 (ТУ МХП 1407—46). Покрытия предварительно зашкуриваются и шлифуются механическим способом фланелью или цигейковой шкуркой.

Нанесение внешних слоев покрытия. В соответствии с принятым технологическим процессом окраски, после нанесения грунтовки и шпатлевки (если таковая предусмотрена) наносятся последующие слои покрытия.

Выбор лакокрасочных материалов для промежуточных и внешних слоев покрытия, а также и количества слоев производится в зависимости от предъявляемых требований к внешнему виду отделки и к устойчивости к различным средам, в которых изделие эксплуатируется. Вид металла для лицевых покрытий значения не имеет, поскольку специфические особенности его были учтены при выборе грунта.

Первый слой краски, наносимый по шпатлевке, обычно является «выявительным», дающим возможность обнаружить все дефекты шлифования по шпатлевке. Этот слой наносится более тонким, чем последующие слои покрытия.

После исправления выявленных дефектов при помощи быстросохнущих шпатлевок (АШ-30, ПХВШ-23 и др.) производят нанесение последующих слоев покрытия. При нанесении промежуточных и внешних покрытий необходимо, чтобы в помещении, где производится окраска, не было пыли, так как пыль вызывает сорность покрытия, что сильно снижает как внешний вид, так и защитные антикоррозионные свойства покрытия.

Сорность покрытия иногда вызывается сорностью самого лакокрасочного материала и устраняется фильтрованием его через тонкое сито (1600 *отв/см*^{2}) или через 3—4 слоя марли.

Каждый последующий слой должен быть нанесен на хорошо просушенный предыдущий слой.

Это правило относится главным образом к покрытиям с превращаемым пленкообразователем. Если превращение полностью еще не закончилось, то при нанесении последующего слоя краски, содержащей активные растворители, происходит частичное растворение и набухание нижележащего слоя, в результате чего покрытие вспузыривается.

При окраске распылением практикуется также нанесение нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых и других непревращаемых лакокрасочных материалов на неполностью высохшие покрытия. При окраске окунанием или кистями нельзя наносить последующие слои краски по невысохшему предыдущему слою.

После нанесения последнего лицевого покрытия, в зависимости от желаемой фактуры покрытия, а также от вида примененного материала производят флейцевание — сглаживание свежеокрашенной поверхности мягкими сухими кистями, торцевание — обработку поверхности при помощи щетки (торцовки) для придания ей шагренеобразного вида, лакирование — нанесение слоя лака или, наконец, полирование лицевого покрытия полировочной пастой и водой.

Полирование. Полирование лакокрасочных покрытий производится для придания им устойчивого блеска. Полированию подвергаются главным образом гладкие поверхности. Этот вид обработки лакокрасочных покрытий производится при помощи специальных полировочных паст или тонких полировочных абразивных материалов.

Не следует смешивать полирование лакокрасочных покрытий с полированием различных поверхностей преимущественно деревянных изделий при помощи спиртовых растворов смол — политур (стр. 271 и сл.).

Полирование при помощи полировочных паст применяется главным образом при отделке нитролаковых и нитроэмалевых покрытий; могут полироваться также покрытия на основе тощих масляных лаков.

Полированию должно предшествовать тщательное шлифование для сглаживания и удаления различных дефектов покрытия. В отдельных случаях перед полированием после шлифования производят также нанесение растворителя. Это в значительной степени облегчает процесс полирования.

Для полирования применяется полировочная паста № 290 (ТУ МХП 273—48), содержащая мелкодисперсную окись алюминия, вазелиновое и касторовое масла и воду. Полирование пастами производится шлифовально-полировочными кругами или вручную при помощи фланели.

Для окончательной отделки нитролаковых покрытий, а также возобновления блеска применяется полировочная вода (ТУ МХП 1996—49). Полировочная вода наносится на поверхность при помощи ватного или фланелевого тампона. Затем легким протиранием поверхности сухой марлей, ватой или фланелью удаляются остатки жира и полировочной пасты; при этом окрашенной поверхности сообщается хороший блеск.

5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ. КАРТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ. ОКРАСКА ПО ВЛАЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Выбор системы лакокрасочного покрытия. Система покрытия определяется: 1) требованием к качеству внешней отделки, 2) условиями эксплуатации покрытия и 3) цветом покрытия.

Применяемые на практике системы лакокрасочных покрытий могут быть с точки зрения внешней отделки отнесены к трем основным классам:

I класс — высококачественная отделка поверхности: красивый внешний вид, блестящая зеркальная или матовая гладкая однотонная поверхность при полном отсутствии мелких включений, царапин, трещин, морщин, пузырей, оспин и других видимых невооруженным глазом дефектов. Покрытие должно обладать достаточной механической прочностью.

Система покрытий: грунтование, местное и общее шпатлевание, шлифование, нанесение 3—6 слоев краски, шлифование и полирование.

По первому классу окрашиваются: легковые автомобили, вагоны, автобусы, различные приборы и аппараты, швейные и счетные машины, изделия широкого потребления и т. д.

II класс — нормальная отделка. Покрытие может иметь средний глянец, мелкие царапины, штрихи от кисти и другие мелкие дефекты (в незначительном установленном техническими условиями количестве). Покрытие должно иметь гладкую поверхность, достаточную механическую прочность и красивый внешний вид.

Система покрытия: грунтование, местное шпатлевание (закрытие крупных изъянов), нанесение 2—3 слоев краски. По этому классу отделки окрашивают тракторы, сельхозмашины, станки, различные фабричные аппараты, моторы, двигатели и т. д.

III класс — защитная отделка. Основное назначение покрытия — защита металла от коррозии. Покрытие не должно иметь морщин, подтеков, непрокрашенных мест, посторонних включений и значительную сорность, снижающую защитные свойства. По третьему классу отделки окрашиваются: железная кровля, различные сооружения, оборудование цехов, трубопроводы и т. д. Мелкие царапины, штрихи от кисти, сорность, мелкие дефекты проката и литья допускаются в незначительном количестве.

Система покрытия: грунтование, нанесение 1—2 слоев краски. В отдельных случаях количество слоев может быть увеличено в зависимости от вида лакокрасочного материала и условий эксплуатации покрытия.

Класс внешней отделки обычно устанавливается путем сравнения окрашенной поверхности со специально изготовленными эталонами. Эталон каждого класса внешней отделки должен иметь определенную степень гладкости (устанавливаемую по ГОСТ 2789—41). Если чистота окрашенной поверхности не соответствует принятому эталону, то производят дополнительное шпатлевание, шлифование и окрашивание поверхности.

Качество внешней отделки окрашиваемого материала не обусловливает устойчивость лакокрасочных покрытий в различных средах, поэтому при разработке систем защитных покрытий весьма важным является правильный выбор лакокрасочных материалов.

Разработка систем лакокрасочных покрытий, а также выбор способа подготовки металлов к нанесению покрытий производятся с учетом данных, приведенных в гл. VI и IX.

Наиболее полное отражение принятая технология окраски получает в картах технологических процессов, которые разрабатываются для отдельных видов изделий. В этих картах указываются все стадии процесса окраски, применяемые материалы, расходные нормы этих материалов, а также режимы сушки.

Ниже приводятся примеры подобных карт (стр. 230—234).

Цвет покрытий выбирается в зависимости от назначения и условий эксплуатации окрашиваемых изделий. Поверхности движущихся деталей, а также поверхности, требующие привлечения внимания (пожарное оборудование и т. д.), окрашиваются в красный цвет. В белый цвет окрашивается разнообразное медицинское оборудование и поверхности, способствующие усилению освещения. Поверхности, подвергаемые в процессе эксплуатации разогреванию, а также для отражения световых и тепловых лучей, окрашиваются в серебристо-алюминиевый цвет.

В серый цвет окрашивается разнообразное оборудование, машины и приборы; в черный — фундаменты, плиты, рамы, закрытые (невидимые) поверхности, различное оборудование и т. д. Цвета окраски трубопроводов различного назначения выбираются в соответствии с ГОСТ 5648—51.

Окраска по влажной поверхности. В практике нанесения лакокрасочных покрытий считается недопустимым проведение окрасочных работ по влажной поверхности.

Пленка воды, находящаяся на окрашиваемой поверхности, мешает прилипанию и сушке лакокрасочных материалов, служит причиной вспузыривания покрытия и образования подпленочной коррозии.

Однако при окраске изделий и конструкций на открытом воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях (дождь, туман, высокая влажность и т. п.), возникает необходимость в проведении окрасочных работ по влажной поверхности.

Ю. Р. Эванс [32] приводит примеры окраски образцов стали в различное время суток. Образцы, окрашенные до восхода солнца, корродировали быстрее образцов, окрашенных после полудня, — имеющаяся на образцах, окрашенных ранним утром, пленка влаги способствовала ускоренной коррозий стали.

Для предохранения от коррозии и обеспечения хорошей адгезии к металлу вода, находящаяся на поверхности металла, должна перейти в наносимый слой краски, а затем удалена путем испарения в процессе сушки лакокрасочного покрытия.

Перевод воды, находящейся на поверхности металла в виде капель или пленки, в красочный слой может быть осуществлен двумя методами: 1) применением водопоглощающих растворителей и 2) применением водоэмульгирующих добавок.

В качестве водопоглощающих растворителей могут быть использованы органические растворители, растворяющие как воду, так и пленкообразующую основу. Весьма пригодным для этой цели является целлозольв, кипящий при 134,8° и смешивающийся с водой и углеводородами в любых соотношениях.

Хорошие результаты могут быть получены при нанесении на влажную поверхность фосфатирующих поливинилбутиральных грунтов (стр. 206—207), содержащих фосфорную кислоту и спирты в качестве растворителей. Влага с поверхности металла легко переходит в наносимый слой грунта и удаляется при сушке последнего.

Водоэмульгирующие добавки применяются при нанесении на влажную поверхность маслосодержащих лакокрасочных материалов.

В качестве эмульгатора обычно применяется олеат аммония, прибавляемый в количестве 1—3%. Для лучшего эмульгирования воды, находящейся на окрашиваемой поверхности, окраску

КАР

Технологический процесс окраски глифталевыми или пентафталевыми (полиграфические машины, текстильные

Наименование работ	Оборудование	Инструмент
Очистка от ржавчины	Пескоструйная установка	Стальная щетка
Обезжиривание	Верстак	—
Грунтование	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-20
Местное шпатлевание	Верстак	Шпатель, резинка
Шлифование, шпатлевка и удаление пыли	То же	—
Шпатлевание сплошное	»	Шпатель, резинка
Шлифование	»	—
Грунтование по шпатлевке	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-20
Первое окрашивание	То же	То же
Легкая шкуровка	Верстак	»
Второе окрашивание	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-20

ТА 1

эмалями изделий и деталей, требующих внешней качественной отделки машины, торговое оборудование и т. д.)

Материалы		Время сушки, часы	
наименование материала	расход г/м²	естественное, 18—20° С	искусственное, 100° С
Наждачная шкурка	—	—	—
Уайт-спирит, ветошь	—	—	—
Грунт: а) 138 или б) В-329	90—100	а) 24 б) 16	а) 0,5 б) 1,0
Шпатлевка: а) ЛШ-1 б) ПХВШ-23	50—100	а) 24 б) 2	а) 0,5 б) не применяется
Наждачная шкурка № 80—100	—	—	—
Шпатлевка: а) ЛШ-1 б) ПХВШ-23	150—200	а) 24 б) 2	а) 0,5 б) не применяется
Наждачная шкурка № 80—100	—	—	—
Грунтовка: а) 138 б) В-329	60—80	а) 24 б) 2	а) 0,5 б) 1,0
Эмали пентафталевые различных цветов или глифталевая эмаль 1423ф	130—180	48	1,0
Порошок пемзы или наждачная шкурка водостойкая № 150—180	—	—	—
Эмали пентафталевые или глифталевая эмаль 1425ф	—	1,5—2,5	—

КАРТА 2

Технологический процесс окраски нитроматериалами изделий, требующих высококачественной внешней отделки

Наименование работ	Разряд	Оборудование	Инструмент	Материалы		Время сушки, часы	
				наименование	расход, $г/м^2$	18—20°	100—110°
Очистка от ржавчины [1]	3	Пескоструйная установка	Стальная щетка	Наждачная шкурка	—	—	—
Обезжиривание [2]	3	—	—	Уайт-спирит	30—40	—	—
Грунтование	3	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-10	Грунт М-138	90—110	—	0,5
Шпатлевание первое	4	Верстак	Шпатель, резинка	Шпатлевка АМ	160—200	—	1
Шкурование	3	То же	—	Наждачная шкурка № 80—100	—	—	—
Шпатлевание второе	4	Верстак	Шпатель, резинка	Шпатлевка АМ	150—180	—	1
Шкурование [1]	3	—	—	Наждачная шкурка	—	—	—
Шпатлевание третье	4	Верстак	Шпатель, резинка	Шпатлевка АМ	120—160	—	—
Мокрое шлифование	4	То же	—	Пемза кусковая	—	2	—

Грунтование по шпатлевке	3	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-10	Грунт № 138	90—110	—	0,6
Выправка	4	Верстак	Шпатель, резинка	Нитро-шпатлевка АШ-30	40—80	1	—
Шкурование	4	То же	—	Наждачная шкурка № 150—180, пемза	—	—	—
Окраска первая	4	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-10	Нитроглифталевая эмаль НКО или автонитроэмаль	150—200	0,5—1,0	—
Выправка	4	Верстак	—	Наждачная шкурка № 150—180	30—50	—	—
Окраска вторая	4	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-10	Нитроглифталевая эмаль НКО или автонитроэмаль соответствующего цвета	150—200	0,5—1,5	—
Окраска третья	4	То же	То же	То же	150—200	0,5—1,5	—
Шлифование	4	Верстак	—	Наждачная шкурка № 150—180	—	—	—
Окраска четвертая	4	Краскораспылительная кабина	Краскораспылитель КР-10	Нитроглифталевая эмаль НКО или автонитроэмаль соответствующего цвета	150—200	3—4	—
Полировка	4	Верстак	—	Паста № 290, паста № 18, фланель	—	—	—

[1] *В случае необходимости.*
[2] Если перед окраской производилась очистка пескоструем, обезжиривание необязательно.

КАРТА 3

Технологический процесс окраски деталей и изделий перхлорвиниловыми эмалями (химически стойкие покрытия)

Наименование работ	Оборудование	Инструмент	Материалы		Время сушки, часы	
			наименование	расход, $г/м^2$	при 18—20°	при 160°
Очистка поверхности от ржавчины, окалины, удаление пыли	Пескоструйные установки	Металлические щетки	—	—	—	—
Нанесение первого слоя грунта	Краскораспылительная установка	Краскораспылитель КР-20	Грунты В-329	90—110	16	1
Нанесение второго слоя грунта	То же	То же	То же	80—100	Выдержка от 30 минут до 2 часов	
Нанесение по сырому грунту первого закрепляющего тонкого слоя эмали	»	»	а) ПХВ разных цветов б) ПХВ-715	150—200	24	
Местное шпатлевание	Стеллаж	Шпатель	Шпатлевка ПХВШ-23		2	
Шлифование	»	Наждачная шкурка № 80—100	—	—	—	—
Нанесение второго слоя эмали	Краскораспылительная установка	Краскораспылитель КР-20	ПХВ — разных цветов, ПХВ-715	150—200	2—3	
Нанесение третьего слоя эмали	То же	То же	То же	150—200	2—3	
Нанесение четвертого слоя эмали	»	»	»	150—200	Выдержка 7 суток	

следует производить методом растушевки при помощи кисти. В процессе сушки покрытия происходит гидролиз аммиачного мыла с образованием аммиака, который удаляется путем испарения вместе с водой, свободная же жирная кислота остается в покрытии. Этот метод не следует применять для окраски легких металлов и оцинкованного железа, так как аммиак действует на эти металлы.

Для удаления влаги с поверхности металла Ленинградским отделением В/К «Лакокраспокрытие» (Б. Л. Агранат, И. А. Жолондзь и др.) предложен метод, основанный на вытеснении воды с окрашиваемой поверхности за счет преимущественного смачивания металла обычными растворителями, применяющимися для обезжиривания, например уайт-спиритом, и добавки 1% эмульгатора.

6. ОТДЕЛЬНЫЕ ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Наиболее широкое применение лакокрасочные покрытия имеют для защиты изделий и конструкций от атмосферных влияний.

Характеристика отдельных атмосферостойких покрытий дана во втором разделе настоящей главы. Теоретические основы выбора атмосферостойких покрытий рассмотрены в гл. IV.

Помимо атмосферостойких покрытий большое практическое значение имеют водостойкие, химически стойкие, бензо-маслостойкие и термостойкие покрытия.

Водостойкие покрытия. Эти покрытия применяются для защиты различных конструкций, ферм, эстакад гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в воде, корпусов речных и морских судов, а также различных аппаратов, насосов и емкостей.

Одним из старых эффективных методов получения водостойких покрытий является использование свинцового сурика на натуральной олифе. Свинцовый сурик с высыхающими маслами образует весьма водостойкое свинцовое мыло. Однако образование свинцового мыла происходит не сразу после высыхания нанесенной свинцово-суричной краски, а спустя 20—40 дней, поэтому свинцово-суричное покрытие до эксплуатации в воде должно длительное время сушиться на воздухе, прежде чем эксплуатироваться в воде. Обычно для получения водостойкого покрытия применяется свинцово-суричный грунт на натуральной олифе, который затем перекрывается красками на тощей лаковой основе [25—26].

В практике защиты металлов от коррозии в воде битумные покрытия играют большую роль. Получаются эти покрытия обливанием расплавленным горячим битумом или распылением битумных лаков или красок.

Битумные покрытия, в особенности каменноугольные, отличаются стойкостью в воде, влажной атмосфере и в слабых растворах кислот и щелочей.

Наряду с преимуществами — простота технологии нанесения, доступность и дешевизна — битумные покрытия имеют ряд недостатков: слабую светостойкость, недостаточную устойчивость к дымовым газам, текучесть и малую эластичность пленок на холоду.

Практикуется применение различных битумных композиций, например сплава битума (руберакс и др.) с петролятумом и др.

В качестве водостойкого покрытия применяют полимеры дивинилацетилена (лак этиноль и эмаль «ДП» на железном сурике или на алюминиевой пудре).

Водостойкие покрытия могут быть получены на основе перхлорвиниловых смол, а также на основе сополимеров винилхлорида с винилиденхлоридом (смола СВХ-40) и винилхлорида с винилацетатом.

Эти продукты дают водостойкие покрытия. В качестве грунта под эти покрытия применяются фосфатирующий грунт, грунт ФЛ-03, В-329, Е-329 и др.

Окраска подводной части корпуса судна. Суда, плавающие в пресной или слабосоленой воде северных морей обычно окрашиваются 2—4 слоями каменноугольного лака. Для защиты от коррозии большое значение имеет качество лака и правильное его нанесение. Лак следует наносить на хорошо очищенную сухую поверхность при температуре воздуха в пределах 5—35°. Каменноугольный лак нельзя наносить по свежеокрашенной масляными красками поверхности. Однако по хорошо высушенной или старой хорошо держащейся масляной краске каменноугольный лак можно наносить. Защитные свойства лака в значительной степени зависят от толщины покрытия; толщина же покрытия должна создаваться за счет количества слоев, а не толщины отдельного слоя. Каждый слой должен быть тонким и равномерным. Лишь в этом случае может быть обеспечено хорошее высушивание покрытия. Для равномерного высыхания окраску подводной части следует начинать с киля и заканчивать ватерлинией.

Суда, плавающие в морях, где происходит обрастание подводной части корпуса морскими организмами, должны окрашиваться как антикоррозионными, так и необрастающими красками. Выбор схем покрытий производится в зависимости от района плавания, периодов докования и материала корпуса. В качестве грунтовочного слоя используется свинцово-суричный грунт, каменноугольный лак, лак этиноль, пигментированный железным суриком, и др. При использовании свинцово-суричного грунта антикоррозионным слоем служит краска НИВК № 1. Для

защиты от обрастания пользуются необрастающими красками различных марок.

Химически стойкие покрытия. Для защиты изделий и конструкций, эксплуатируемых в кислотах, щелочах и других агрессивных средах, применяются специальные химически стойкие покрытия.

Современная техника располагает значительным количеством разнообразных химстойких материалов. К таковым относятся: перхлорвиниловая смола, поливинилхлорид и его сополимеры, полимеры дивинилацетилена, превращаемые покрытия на фенольных смолах, бутадиен-стирольные сополимеры, полиэтилен, политетрафторэтилен, политрифторхлорэтилен, эпоксидные смолы, различные битумные материалы и т. д.

Однако сама по себе стойкость указанных материалов в агрессивных средах не решает вопроса защиты окрашенных изделий в этих средах, так как большое практическое значение имеет проницаемость этих покрытий для воды и агрессивных сред. По этой причине особенно тщательно должны быть подобраны водоустойчивые грунты и установлено оптимальное количество наносимых слоев. На химстойкость покрытия вредное влияние могут оказать применяемые пластификаторы, особенно для щелочеустойчивых покрытий.

Для предохранения металлических поверхностей от действия аккумуляторной серной кислоты может быть использован лак № 411 и антикислотные эмали № 1 и № 2.

Хорошую химстойкость к кислотам, щелочам и другим химическим реагентам дают эмали на основе полимеров дивинилацетилена, например эмалевая краска ДП на железном сурике (ТУ МХП 2650—53). Эта краска также может наноситься в 2—3 слоя непосредственно на металл или же по грунту № 138. Химическая стойкость увеличивается при сушке покрытия при 60—80° в течение 1—2 часов.

Заслуженную высокую оценку имеют химстойкие лакокрасочные материалы на основе перхлорвиниловой смолы. Грунты— ХСГ, эмали — ХСЭ и лаки — ХСЛ на перхлорвиниловой основе применяют для защиты от действия серной, азотной, соляной, фосфорной и других кислот, щелочей, а также растворов различных солей.

С успехом могут быть также использованы материалы на основе сополимера винилхлорида с винилиденхлоридом (смола СВХ-40), например химически стойкая эмаль ВХЭ-4023, ВХЭ-4001, наносимые по грунту ВХГ-4007 или ВХГМ и перекрываемые бесцветным лаком ВХЛ-4000 (табл. 36, стр. 238).

Пленки указанных материалов по ТУ должны выдерживать действие 40%-ной щелочи и 25%-ной азотной кислоты в течение одного месяца.

ТАБЛИЦА 36

Химически стойкие материалы на основе перхлорвиниловой смолы и сополимеров хлорвинила

Материал	Цвет	ГОСТ или ТУ МХП	Вязкость		Высыхание		Расход, г/м²	Применение
			вискозиметр	секунды	°С	часы		
Эмаль ХСЭ-1	Белая	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—75	18—23	2	800	Для нанесения пульверизаторами по грунту ХСГ-26 с перекрытием лаком ХСЛ или без перекрытия
Эмаль ХСЭ-3	Кремовая	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—75	18—23	2	700	
Эмаль ХСЭ-6	Желтая	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—75	18—23	2	450	
Эмаль ХСЭ-14	Зеленая	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—75	18—23	2	400	
Эмаль ХСЭ-23	Серая	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—75	18—23	2	500	
Эмаль ХСЭ-26	Коричневато-красная	ГОСТ 7313—55	ВЗ-4	20—50	18—23	2	350	
Лак химстойкий покрывной ХСЛ		ГОСТ 7313—55	ФЭ-36	20—50	18—23	2	350	В качестве покрывного лака по химстойким эмалям
Лак ВХЛ-4000		ТУ 2647—51	ФЭ-36	15	18—23	2		Для перекрытия химстойких эмалей
Эмаль ВХЭ-4023	Серая	ТУ 2597—51	ФЭ-36	20—25	18—23	2		Для металлических поверхностей под химически стойкую эмаль ВХЭ-4023
Эмаль ВХЭ-4001	Белая	ТУ 4405—55	ФЭ-36	20—25	18—23	2		
Грунт химстойкий ВХГ-4007		ТУ 2596—51	ФЭ-36	15	18—23	2	250	

Химстойкие эмали наносят не менее 4—6 слоев на хорошо просушенный грунт; иногда необходимо нанести 12—15 слоев. В случае надобности применяется перхлорвиниловая шпатлевка. Перхлорвиниловые эмали наносятся краскораспылителем. Для химстойких покрытий весьма важным является сплошность пленки. Сплошность покрытия контролируется при помощи дефектоскопа.

Значительной химической стойкостью обладают покрытия на основе эпоксидных смол. Эти покрытия устойчивы при погружении на 90 суток в следующие среды: 75%-ная серная кислота, 20%-ная соляная кислота, 10%-ная азотная, 85%-ная фосфорная, 1%-ная уксусная, 5%-ный раствор гипохлорита натрия или кальция и др. [31].

Бензо-маслостойкие покрытия. Для защиты деталей и конструкций, соприкасающихся с бензином, жидким топливом и смазочными маслами, возникает необходимость в применении бензо-маслостойких покрытий. В ряде случаев эти же покрытия должны обладать также высокими антикоррозионными свойствами, так как они могут эксплуатироваться в жестких коррозионных условиях и подвергаться действию воды. Так, например, в емкостях для бензина или жидкого топлива на дне обычно отстаивается вода, содержащаяся в небольших количествах в жидком топливе. Затруднения возникают также вследствие того, что бензин и другие виды топлива могут содержать значительное количество ароматических углеводородов, являющихся активными растворителями для некоторых пленкообразующих основ.

Лакокрасочная промышленность вырабатывает ряд материалов, могущих быть использованными для получения маслобензостойких покрытий; так, для защиты металлических емкостей, предназначенных для хранения бензина, содержащего до 40% ароматических углеводородов, применяется нижеследующая система покрытия.

Подготовленная чистая поверхность загрунтовывается бензостойким грунтом УБГ-1 (ТУ МХП 3195—53) на основе алкидной мочевино-формальдегидной смолы. Вязкость грунта по вискозиметру ВЗ-4 должна быть 18—22 сек. В случае загустевания грунт разбавляется сольвентом, ксилолом или разбавителем РКБ-1 (смесь ксилола и бутанола в соотношении 1 : 1). Сушку производят при 120° в течение одного часа. Далее наносят за 2 раза бензостойкую эмаль УБЭ-1 (ТУ МХП 3194—53) на основе мочевино-формальдегидной и резольной смол, также доведенную до вязкости 18—22 сек. такими же растворителями. Сушка эмали сначала производится на воздухе в течение 30 мин., а затем при 140° в течение одного часа. Целесообразно грунт УБГ-1 и эмаль УБЭ-1 наносить в разогретом (до 30—40°) состоянии, — при этом покрытие получается более ровным и сплошным.

Удовлетворительную маслостойкость имеют нитроэмали № 624а и № 624с (ОСТ 10928—40), применяющиеся для окраски моторов автомашин.

Для окраски металлорежущих станков применяется нитроэмаль № 924 (ТУ МХП 3160—52), достаточно устойчивая к действию бензина, минеральных масел и щелочных эмульсий. Эта нитроэмаль наносится по грунту № 138 и выдерживает изменения температуры от —40 до +60° без растрескивания и шелушения.

Хорошей маслостойкостью обладают покрытия на основе глифталевых или пентафталевых покрытий после горячей сушки. Глифталевые эмали марок А (ТУ МХП 2556—51), в особенности эмали А-8ф и А-14ф, а также пентафталевые эмали № 64 и № 67 обладают хорошей маслостойкостью после высыхания при 90—100° в течение 3—4 часов. В качестве маслостойкого покрытия используется также глифталевый изоляционный лак Гф-95 (бывш. № 1154) после сушки при 100—110° в течение 2 часов.

Специальной маслостойкой эмалью является красно-коричневая эмаль 60т (ВТУ КУ 371—54) на поливинилбутиральной смоле. Для получения бензостойкого покрытия она наносится в 4 слоя. Каждый слой высушивается в течение часа при 120°. Для доведения эмали 60т до малярной консистенции применяется смесь этилового спирта с этилцеллозольвом. Эмали № 55 и № 55в на основе нитрильного каучука наносятся в два слоя по грунту Б-241/3 (на основе фенолформальдегидной смолы). Высушивается в течение часа при 180°. Применяется также эмаль Б-241/16 по грунту Б-241/3.

Покрытия на основе красок 60т и № 55 помимо высокой маслостойкости имеют удовлетворительную стойкость к горячей воде и водяному пару.

Для защиты магниевых, алюминиевых и стальных деталей, работающих в среде бензина, керосина и смазочных масел, применяют лак марки АО алюминиевый (ТУ МХП 2562—51). Этот лак представляет собой раствор меламиноформальдегидной смолы, резиловой смолы № 80 и поливинилбутираля в смеси органических растворителей с добавлением алюминиевой пудры. Пудра добавляется перед нанесением в количестве 2,75 вес. ч. на 100 вес. ч. лака. Сушка производится сначала при 18—23° в течение 1 часа, а затем при 120° — 4 часа.

Наконец, с успехом может быть использован для маслостойких покрытий бакелитовый лак (ГОСТ 901—46). Бакелитовый лак для покрытия марки А содержит смолу в пределах 50—60%, марки Б — в пределах 60—70% и марки В — в пределах 70—80%, считая на сухую смолу. В зависимости от примененной марки бакелитового лака добавляется от 10 до 30% по весу этилового спирта и к полученному разведенному лаку добавляется от 8 до 12% алюминиевой пудры (ГОСТ 5494—50).

Сушка может производиться при нормальной температуре либо при нагревании до 130—160°. В последнем случае нагревать следует медленно, выдерживая по часу при температурах: 60—80°, 80—100°, 100—150°, 150—160° и при 160°.

При этом режиме получается полностью отвержденное покрытие. Обычно наносятся 2—3 слоя с промежутком между наносимыми слоями в 2—3 часа. Горячая сушка производится после нанесения всех слоев и предварительной просушки на воздухе.

Окраска внутренней поверхности бензотары (канистры, бочки, фляги) указанными материалами производится наливом, с последующим сливом избытка краски и удалением натеков отсосом при помощи вакуума. Емкости крупных размеров могут окрашиваться обливом и краскораспылителем. Внутренняя поверхность трубы для перекачки горючего диаметром от 100 до 250 *мм* и длиной до 10 *м* может быть окрашена специальным краскораспылителем марки КР-ВТ (Хотьковского завода) для окраски внутри труб.

Термостойкие покрытия. Обычные лакокрасочные покрытия не устойчивы к температурам выше 100°. При этой температуре происходит быстрое старение пленки, в результате которого резко снижается эластичность, сцепляемость и защитные свойства покрытия. При температурах порядка 150—250° наступает деструкция ряда пленкообразующих основ, сопровождающаяся в отдельных случаях выделением агрессивных газов, например хлористого водорода (у поливинилхлоридных, перхлорвиниловых и других хлорсодержащих полимеров). При температуре выше 300° происходит обугливание большинства пленкообразующих органических основ.

В отдельных случаях возникает необходимость в окраске металлических изделий термостойкими покрытиями, которые не изменяли бы при действии высоких температур своего внешнего вида и сохраняли защитные и физико-механические свойства. Нужно отметить, что термостойкие покрытия должны обладать высокими антикоррозионными свойствами, так как в большинстве случаев покрытия должны длительное время защищать изделия от коррозии при нормальных температурных условиях и сравнительно короткое время при высоких температурах [17, 21].

Термостойкие покрытия не следует смешивать с огнезащитными красками и обмазками, применяющимися для предохранения горючих материалов (дерево, ткани) от воспламенения (стр. 274). Не следует смешивать термостойкие краски с негорючими. Под негорючими красками подразумеваются такие краски, которые, выполняя основные функции защитного покрытия, во время возникновения пожара предохраняют окрашенную поверхность от быстрого распространения пламени. К негорючим

краскам относятся краски на основе хлорсодержащих полимеров, а также масляные и эмалевые краски с добавлением антипиренов: буры, борной кислоты, солей фосфорной кислоты, окислов сурьмы и т. д.

Термостойкие покрытия получаются преимущественно на битумно-масляной, алкидно-масляной или кремнеорганической основе. В качестве пигментов применяются железный сурик, литопон, графит, алюминиевая пудра и цинковая пыль.

Свинцовые пигменты, а также цинковые белила применять не рекомендуется. Алюминиевая пудра наиболее широко применяется в термостойких покрытиях вследствие ее сильной тепловой отражательной способности и высокой тепловой устойчивости.

Алюминиевая пудра — ГОСТ 5494—50 марки ПАК-3 или ПАК-4 — вводится в лак в количестве 6—20% непосредственно перед нанесением покрытия. Особенность алюминиевого пигмента заключается в том, что отдельные чешуйки алюминия вследствие незначительного веса и наличия жировой оболочки (наносимой при изготовлении алюминиевой пудры) всплывают на поверхность пленкообразующей основы, образуя подобие сплошной металлической поверхности.

Алюминиевая пудра не должна комбинироваться с другими пигментами и, в частности, с цинковыми белилами или железным суриком, так как с окислами тяжелых металлов алюминиевая пудра образует продукт, известный под названием термит, горящий с выделением большого количества тепла и дающий очень высокую температуру. По этой же причине алюминиевые краски следует наносить на хорошо подготовленную поверхность, очищенную от ржавчины и окалины.

Лакокрасочная промышленность вырабатывает ряд термостойких красок. Сведения об этих красках, а также рекомендуемые системы покрытий приведены в табл. 37.

Для усиления коррозионной защиты при применении жаростойких эмалей АЛ-70 и АЛ-701 может быть использован цинкхроматный глифталевый грунт АЛГ-7. Этот грунт наносится тонким равномерным слоем на подготовленную поверхность стали или алюминия. Сушка при 100° в течение 2,5 часа. Термостойкий акриловый лак АС-1 (ВТУ МХП П-3—56) быстро сохнет при нормальной температуре и может длительное время эксплуатироваться при 180—200°.

Жаростойкий лак ФГ-9 представляет собой смесь кремнеорганической смолы Ф-9 и полуфабриката ФХ-02, растворенных в толуоле или ксилоле. К 94 частям этого лака перед нанесением добавляется 6 частей алюминиевой пудры марки ПАК-4 или ПАК-3. Сушка при 20—25° 1—2 часа, а затем при 150° 1—2 часа. Расход 25—35 *г/м*^{2}. Эта эмаль применяется для деталей,

ТАБЛИЦА 37

Характеристика отдельных систем термостойких покрытий

Системы покрытий (каждое покрытие состоит из двух слоев)	ГОСТ или ТУ МХП	Вязкость		Сушка		Свойства получаемого покрытия			
		вискозиметр	секунды	°С	часы	верхний предел термостойкости °С	стойкость к маслам, бензину, воде	примерный срок службы в атмосферных условиях, месяцы	продолжительность воздействия высокой температуры, часы
Краска АЛ-177	ГОСТ 5636—51	ВЗ-4	18	100	0,5	180—200	Невысокая	8—10	> 200
То же									
Эмаль черная Ч-1	ГОСТ 2346—43	НИИЛК	5—7	200	1	200—250	Удовлетворительная	10—12	200
Лак черный Ч-2	ГОСТ 2347—43	НИИЛК	7—10	200	1				
Грунт 101/19	ТУ 1573—47	ФЭ-36	8—13	200	1	250	Хорошая	18—20	> 200
Грунт 101/19 с добавлением 10% алюминиевой пудры									
Эмаль АЛ-701	ТУ МХП 1924—49	ФЭ-36	7—10	150	2	300	»	12—18	> 400
То же									
Эмаль жаростойкая АЛ-70	ТУ МХП 1822—48	ВЗ-4	13—17	150	1	350	»	12—18	> 400
То же									
Лак кремнеорганический жаростойкий ФГ-9 с добавлением 6% алюминиевой пудры	ТУ МХП 2273—50	ФЭ-36	9—6	150	2	400—450	»	12—18	> 300
То же									
Лак 9-32 ф	ВТУ КУ 473—56	ВЗ-4		18—24	—4	200	»	12—18	300
Термостойкий акриловый лак АС-1	ВТУ МХП П—3—56	ВЗ-4		18—23	4				
Лак № 103 асфальто-масляный	ТУ МХП 2477—53	ВЗ-4	24—45	200	1	250	Невысокая	10—12	100
То же									
Глифталевая эмаль 2086 ф черная	ТУ МХП 788—41	НИИЛК	4	150	1,5	200	Удовлетворительная	10—12	150
То же									

работающих при 450—500°, например для автомобильных радиаторов, деталей компрессоров, калориферов и т. д.

В последнее время большое внимание уделяется применению эфиров титановой кислоты для термостойких покрытий [17]. Хорошие результаты могут быть получены при применении покрытий на основе бутилтитаната.

Мономерный бутилтитанат получают различными методами, например при пропускании аммиака в раствор четыреххлористого титана в бутаноле. Хлористый аммоний, образующийся при этой реакции, отфильтровывают, а растворитель отгоняют в вакууме. Бутилтитанат легко подвергается гидролизу

$$2(C_4H_9O)_4Ti + H_2O \longrightarrow (C_4H_9O)_3Ti\,Ti(OC_4H_9)_3 + 2C_4H_9OH$$

Образующийся при этом димер представляет собой вязкую жидкость, растворимую в общеупотребительных органических растворителях. При дальнейшей обработке водой гидролизуется вторая бутоксигруппа с образованием цепной молекулы, которую неправильно называют полимерным бутилтитанатом, так как при этом происходит не реакция полимеризации, а реакция конденсации.

При добавлении больших количеств воды отщепляется третья бутоксильная группа с образованием нерастворимого трехмерного полимера. Дальнейшее воздействие воды приводит к отщеплению последней бутоксильной группы с образованием титангидрата.

В процессе термической обработки покрытий на основе бутилтитаната полностью сгорает бутанол, и образуется аморфная двуокись титана, прочно сцепляющаяся с подложкой.

Пигментирование мономерного бутилтитаната производится алюминиевой или цинковой пудрой, слюдой или графитом.

Вследствие высокой реакционной способности мономерного бутилтитаната, смолы, имеющие гидроксильную или карбоксильную группу, могут реагировать с бутилтитанатом. Такое взаимодействие может привести к повышению вязкости, а иногда к желатинизации лаковой основы, состоящей из раствора смол, например алкидной, с бутилтитанатом. Для предотвращения желатинизации стабилизуют бутилтитанат при помощи аминоспиртов или аминов.

Термостойкие покрытия на основе бутилтитаната могут быть разбиты на две основные группы: 1) коррозионностойкие и стойкие к температурам до 450° и 2) стойкие к температурам до 650°, но не вполне коррозионностойкие.

При использовании алюминиевой пудры возможно получить покрытия, выдерживающие температуру 600—650°. Так, например, образцы термостойких покрытий, нанесенные на щиты, подвергались воздействию температуры 600° в течение 50 часов при периодическом (250 раз) опрыскивании водой, при этом

твердость и адгезия покрытия практически не изменились [17]. Это же покрытие при экспозиции в течение 2—3 месяцев в обычных атмосферных условиях отслаивается и дает подпленочную коррозию. По этой причине вместо алюминиевой пудры для антикоррозионных термостойких покрытий предложено применение цинковой пыли, однако термостойкость такого покрытия не выше 450°.

В табл. 38 приведены рецептуры указанных выше двух групп термостойких покрытий на основе бутилтитаната.

ТАБЛИЦА 38

Рецептура термостойких красок на основе бутилтитаната

Основные части, *г*	Термостойкие до 650°, но не вполне коррозионностойкие			Термостойкие до 450°, коррозионностойкие			
	на основе мономерного бутилтитаната		на основе полимерного бутилтитаната	на основе мономерного бутилтитаната		на основе полимерного бутилтитаната	
	Варианты			для 1 и 2 слоя	для 3 и 4 слоя	для 1 и 2 слоя	для 3 и 4 слоя
	1	2	3				
Бутилтитанат	50	50	31	50	50	46	31
Этилцеллюлоза (10%-ный раствор в толуоле)	—	5	5	5	5	—	5
Алкидная смола (75%-ный раствор)	5	—	—	—	—	—	—
Алюминиевая пудра	50	50	29	—	50	—	29
Цинковая пыль	—	—	—	50	—	110	—
Слюда	—	—	—	—	—	5	—
Ксилол, толуол или скипидар	35	35	35	35	35	35	35

Для коррозионностойких покрытий краска наносится в 4 слоя, причем для первых двух слоев используется краска, содержащая цинковую пыль, для последующих слоев — алюминиевую пудру.

Для термостойких до 650° покрытий наносятся 2—3 слоя краски. Поверхность, на которую наносят термостойкие покрытия, должна быть тщательно очищена от ржавчины и загрязнения. Покрытие следует наносить равномерным и не слишком толстым слоем во избежание неравномерного протекания гидролиза и отслаивания покрытия. Оптимальная толщина наносимого слоя 10—15 *мм*. Каждый слой должен высушиваться в течение 4—12 часов, затем все покрытие подвергается горячей сушке в течение 1—1,4 часа при температуре порядка 400—450°; при этом следует избегать местных перегревов. Если объект, на который нанесено покрытие, будет в дальнейшем подвергаться действию высокой температуры, то горячая сушка не обязательна.

7. ПОКРЫТИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кроме рассмотренных выше покрытий, устойчивых в различных средах, применяются в разных отраслях техники специальные виды покрытий, сообщающие поверхности изделий особые свойства. К таким покрытиям относятся: токопроводящие, необрастающие, светящиеся, покрытия, устойчивые к плесени, и др.

Токопроводящие покрытия. Эти покрытия получают при нанесении эмалей, содержащих значительное количество (до 95—97%) металлических порошков (цинк, медь и др.). В качестве пленкообразующей основы служит полистирол или различные сополимеры винилхлорида. Эти покрытия по своему составу соответствуют протекторным грунтам.

В качестве растворителя применяется ксилол или скипидар. Целесообразно цинковую пыль предварительно обрабатывать слабыми кислотами для удаления окислов, а также ввести в краску незначительное количество органических кислот (уксусная, салициловая и др.).

При проведении электросварочных работ применяется токопроводящая эмаль — состав 119 (ТУ МХП 1821—48). Эта эмаль в процессе электросварки защищает металл от окисления, а также изолирует от коррозионного воздействия атмосферы. Практикуется также применение грунта УБГ-1 в качестве антикоррозионного токопроводящего состава при сварке. Токопроводящие составы наносятся на соединяемые сваркой участки за один час до начала работы.

Необрастающие покрытия. Для защиты корпусов морских кораблей от обрастания водорослями и морскими организмами применяются необрастающие покрытия. Эти же покрытия используются для защиты от обрастания различной подводной аппаратуры и гидротехнических сооружений. Необрастающие покрытия содержат различные яды, главным образом соединения меди, ртути и мышьяка.

Срок действия необрастающего покрытия определяется толщиной покрытия, запасом токсина и скоростью его растворения.

Необрастающие краски наносятся только по поверхности, предварительно защищенной прочным антикоррозионным покрытием, так как содержащиеся в этих красках соединения тяжелых металлов не должны контактироваться со сталью во избежание образования гальванической пары и сильной коррозии [26].

Различают необрастающие краски двух типов: 1) краски с нерастворимым в морской воде связующим (pH морской воды = =8,1—8,2) и высокой концентрацией токсина и 2) краски с растворимым связующим при более низких концентрациях токсина. Пер-

вые краски готовятся преимущественно на поливиниловых смолах. В красках с растворимым связующим содержатся смоляные и масляные компоненты, медленно растворимые и обеспечивающие достаточную скорость выщелачивания токсинов. Считается, что необрастающая краска должна обеспечивать скорость растворения основного токсина — меди — не менее 0,1 *г/день/м*^{2} окрашенной поверхности.

По установившейся традиции судно спускают в воду вскоре после нанесения последнего слоя необрастающего покрытия. Такая практика, однако, не улучшает защитные свойства покрытий. Необрастающие покрытия недостаточно атмосферостойчивы, поэтому не следует длительное время держать их на воздухе, но, во всяком случае, перед спуском в воду покрытия должны быть достаточно просушены.

Лакокрасочная промышленность вырабатывает необрастающие краски марок НИВК (ТУ МХП 1184—53). Краски марок НИВК 2А и НИВК-Г коричневого цвета наносятся по слою краски НИВК-1 и свинцово-суричному грунту, а краски марок НИВК-2 и НИВК-В темно-зелёного цвета — по грунту на основе каменноугольного лака.

Вырабатываются также необрастающие краски марок НИВК густовязкие (ТУ МХП 4434—55); в этом случае они разводятся специальным лаком для красок НИВК (ВТУ КУ 448—55).

Больший срок службы имеют необрастающие краски на основе полимеров и сополимеров винилхлорида. К этим краскам относятся необрастающие краски марок ХС-79, КР-24 и др.

Покрытия, устойчивые к действию плесени. При эксплуатации лакокрасочных покрытий в атмосфере с повышенной влажностью, особенно в тропическом и субтропическом климате, на окрашенной поверхности наблюдается разрастание грибковой плесени. Микроорганизм плесени: *Aspergillus niger, Penicillium sp., Phoma sp., Spicaria sp., S. temphyllium* и др. разрушают пленкообразующую основу, используя ее в качестве питательного вещества, в результате чего лакокрасочное покрытие перестает выполнять свои защитные функции. Наиболее подвержены действию плесени масляные покрытия. Для предотвращения развития плесени в лакокрасочные материалы вводятся различные фунгисиды. Последние вводят либо в виде растворов в органических растворителях (для растворимых фунгисидов), либо перетирают одновременно с пигментами при приготовлении красок. Фунгисидсодержащие краски можно наносить лишь на загрунтованные металлические поверхности. Активными фунгисидами являются тетрахлорфенол, пентахлорфенолят меди, каломель, салициланилид, пентахлорфенолят цинка, различные фенилртутные соединения. Весьма эффективным является введение в краски медной соли ортохинолина, а также фенилртутные

соединения. Фунгисидные добавки вводятся в лакокрасочные материалы лишь для верхних покрывных слоев. Фенилмеркуролеат вводят в готовую эмаль в виде спиртового раствора в количестве 0,5—1,0%, считая на сухую пленку эмали. При применении фенилмеркурацетата последний вводят в виде порошка вместе с пигментами при перетире эмали. Температура сушки покрытий, содержащих фенилмеркуролеат или фенилмеркурацетат, не должна превышать 150°. Для защиты покрытий во время транспортировки и складского хранения применяют фунгисидные смазки, состоящие из воска, вазелинового масла и 1—2% фенилмеркуролеата или фенилмеркурацетата.

Светящиеся покрытия. В разнообразных областях народного хозяйства находят применение светящиеся покрытия. Так, они применяются для шкал приборов, деталей механизмов, аварийного инструмента, противопожарного инвентаря, освечивания проходов и т. д. В светящихся покрытиях в качестве пигмента используются особые светящиеся порошки, называемые люминофорами. Чтобы вызвать свечение люминофора, его нужно зарядить, т. е. подействовать светом, ультрафиолетовыми лучами, электронным пучком или другим видом энергии, в зависимости от рода люминофора.

Практически существуют две основные группы люминофоров — временного и постоянного действия, отличающиеся условиями зарядки. В химическом отношении люминофоры, применяемые в светящихся покрытиях, представляют собой сульфиды цинка, кадмия, стронция, бария или других металлов. Сами по себе сульфиды не фосфоресцируют, а приобретают эти свойства при введении в кристалл сульфида какого-либо металла, например Bi, Cu, Mn, и др., называемого активатором.

Механизм свечения неорганических люминофоров связан с их кристаллической структурой и пока еще не достаточно выяснен. Предполагается, что свечение является результатом рекомбинации образовавшегося иона и возвращающегося электрона под влиянием фотоэлектрического эффекта облучения люминофора [9].

Светящиеся покрытия временного действия. Светящиеся краски получают замешиванием сухого светосостава с лаком. В качестве последних наибольшее применение имеют: даммарный лак (ТУ МХП ВШ 91—47), лак покрывной акрилфисташковый (ТУ МХП ОШ 196—49) и метакриловый лак (ТУ МХП 1072—47) и др. На 4 ч. светосостава берут примерно 6—8 ч. лака. Светящуюся краску приготовляют в стеклянной или фарфоровой посуде незадолго до нанесения, так как замешанная краска быстро портится.

Светящиеся покрытия наносят на поверхность, загрунтованную белой краской, не содержащей свинца.

После нанесения светящейся краски покрытие защищается дополнительно одним или двумя слоями прозрачного лака. Для покрытий, эксплуатируемых в атмосферных условиях, в качестве защитного слоя следует применять даммарный лак.

Светящееся покрытие можно также получить путем опыления сухим светосоставом поверхности с неполностью высохшим слоем лака.

Срок службы покрытия на основе сульфидов щелочно-земельных металлов не превышает 12 месяцев в сухих помещениях и 3—5 месяцев в сырых и открытых местах. Цинковые и цинко-кадмиевые составы более устойчивы к сырости.

ТАБЛИЦА 39

Светосоставы постоянного действия

Марка состава	Яркость свечения в μ стильбах				
	начальная	через 1 год	через 2 года	через 3 года	через 5 лет
А	0,5	—			0,45
Б	0,8				0,90
В	1,5				1,30
Г	2,0	1,85	1,75	1,75	1,65
Д	3,0	2,45	2,25	2,10	
Е	4,0	2,70	2,35	2,15	
Ж	5,0	3,15	2,55	2,20	
З	6,6	3,45	2,70	2,20	
И	8,1	3,90	2,90	—	
К	10,0	4,40	3,00	—	

Светящиеся покрытия постоянного действия. Постоянное действие светосостава, достигаются введением примеси радиоактивных веществ: радия, радиотория или мезотория. Эти вещества, расплавляясь, излучают α-, β-γ-лучи, которые, подобно световым и ультрафиолетовым лучам, возбуждают свечение, но действуют непрерывно, поэтому светящееся покрытие постоянного действия не требует зарядки светом и действует в течение нескольких лет. Выпускаются десятки марок светосоставов постоянного действия с начальной яркостью от $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-6}$ *стильба*. Чем выше марка состава, тем больше содержится в нем радия и тем ярче светит состав (табл. 39).

Способы получения светящихся красок на основе светосоставов постоянного действия такие же, как и для светящихся красок временного действия.

В качестве пленкообразующей основы применяют преимущественно даммарный лак. На 1,8—2 *г* светосостава берут 1 часть лака. В качестве подложки применяют окись цинка на том же лаке.

Светящаяся краска наносится тонким слоем. Расход не должен быть более 150—250 *г/м*^{2}.

При хранении светосоставов постоянного действия, а также нанесении готовых красок необходимо строго соблюдать требования техники безопасности, установленные для работы с радиоактивными веществами.

8. УХОД ЗА ОКРАШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Для сохранения внешнего вида и продления срока службы лакокрасочного покрытия на основе алкидных смол, эфиров целлюлозы, виниловых полимеров и т. д. для изделий, окрашенных по первому классу внешней отделки, необходим систематический уход за окрашенной поверхностью.

В первую очередь следует периодически удалять с поверхности грязь, пыль, жировые загрязнения и пр. путем промывки 2—3%-ным раствором жидкого мыла в теплой воде (35—40°). Очистку можно производить при помощи чистой ветоши, смоченной указанным раствором. После очистки производят промывку чистой водой и протирку насухо чистой фланелью. Не следует применять при очистке соду, растворители (керосин и др.), а также производить протирку мелом. Нельзя соскабливать или обтирать высохшую грязь и пыль сухими тряпками.

Для сохранения глянца лакокрасочного покрытия применяется специальный профилактический состав ПС-3, представляющий собою водную эмульсию из расплавленных церезина, скипидара, уайт-спирита и масляного лака. Этот состав при помощи марлевого тампона наносят тонким слоем (расход 5—10 *г/м*^{2}) на предварительно очищенную от пыли, сухую поверхность, слегка втирая состав в поверхность. Пленка профилактического состава предохраняет лакокрасочное покрытие от меления и старения.

Для этой же цели применяется профилактический состав ПС-7 (ВТУ КУ 428—55).

Для восстановления глянца можно применять полировочную воду (ТУ МХП 1996—46) или пасту, которую легко можно изготовить на месте по следующей рецептуре (в частях): церезин 10, скипидар 5, керосин 10, трепел 3.

9. ДЕФЕКТЫ ПОКРЫТИЙ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ НЕПРАВИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ КРАСОК

При проведении окрасочных работ обычно производится контроль качества покрытий, с целью выявления неправильно выполненных очередных операций.

Для обеспечения качества покрытий необходимо поддерживать температуру в окрасочном цехе в пределах 15—20°. Относительная влажность должна быть не выше 70—75%.

Ниже приводятся наиболее часто встречающиеся дефекты, являющиеся результатом неправильной технологии.

Пузыри в лаковой или красочной пленке образуются при нанесении покрытия на влажную поверхность, попадании в окрасочный материал воды, а также при нанесении на недостаточно просохший слой краски или лака нового слоя.

Морщины и складки образуются в тех случаях, когда покрытие наносится слишком толстым слоем. Особенно часто это наблюдается при использовании масляных лаков и эмалей, содержащих древесное масло, а также избыток сиккатива.

Различные оттенки при использовании одной и той же краски являются результатом недостаточно тщательного размешивания красок перед употреблением. Все готовые к употреблению краски склонны к образованию осадков.

Различные оттенки покрытия могут быть также вызваны различным режимом искусственной сушки.

Образование на окрашенной поверхности пятен различных оттенков возможно также в том случае, когда вблизи от места работы имеется источник аммиака или сернистого газа, действующих на пигмент (например, заводы, работающие на сернистом топливе и т. д.).

Отслаивание красочной или лаковой пленки может происходить вследствие:

1) плохой подготовки окрашиваемой поверхности (например, наличие масляных пятен, окалины и т. д.),

2) большого промежутка времени, прошедшего от момента окончания очистки до начала грунтовки,

3 недостаточного просушивания шпатлевки после мокрого шлифования,

4) недостаточно полной очистки от масла и воды воздуха, используемого для нанесения красок при помощи краскораспылителя,

5) слишком длительного термического воздействия или чрезмерно высокой температуры при горячей сушке покрытия,

6) при нанесении последующих слоев покрытия на сильно пересушенный или застекловавшийся слой покрытия.

Потускнение глянца может произойти в тех случаях, когда лакокрасочный материал содержит воду или покрытие высыхает при низкой температуре.

Апельсинная корка образуется при нанесении лака посредством пульверизатора с высоким давлением воздуха в распылителе или вследствие высокой вязкости лака.

Проникновение нижнего слоя краски через верхний слой обусловливается наличием в краске верхнего слоя сильно действующего растворителя, а также при нанесении на битумные покрытия масляных покрытий. В отдельных случаях для устранения этого недостатка между слоями наносится тонкий изолирующий слой (например, из бакелитового лака).

Липкость и размягчение красочного слоя происходят примерно по той же причине, что и образование пузырей. В ряде случаев масляные краски не сохнут или же сухие покрытия вновь размягчаются и липнут. Это происходит потому, что летучие

части нижележащих слоев масляных лаков и красок постепенно проникают в наружную пленку краски, вызывая ее липкость и размягчение. Нередко липкость является следствием слишком толстого слоя, а также слишком большой добавки сиккатива.

Краски, изготовленные на основе полувысыхающих масел (например, подсолнечного или соевого), образуют пленки, склонные с течением времени к размягчению.

Поры и мелкие отверстия в покрытиях образуются в результате различных причин. Большей частью это происходит из-за наличия сильно летучего растворителя или воды в лаке и краске. Отверстия же (кратеры) могут образовываться при быстрой горячей сушке покрытия при наличии в них остатков легко летучих растворителей.

Трещины в красочном слое являются следствием нанесения тощего покрывного лака или краски на жирную основу, например тощих эмалей на масляный грунт. Как правило, грунт должен быть более тощим, чем лицевое покрытие. Трещины возникают в том случае, если лак или краска нанесены на тягучую (пластическую) основу. Тощие лаки, предназначенные для внутренних помещений, дают трещины, если их применяют для наружных работ.

Крокодиловая кожа в виде крупной сетки получается при применении тощего и быстросохнущего покрытия, нанесенного поверх жирного или мягкого медленно сохнущего грунта.

Побеление нитролаковых и нитроэмалевых покрытий может быть вызвано: 1) окраской в атмосфере повышенной влажности воздуха и при низких температурах, 2) попаданием воды в нитролак или эмаль или в растворитель, 3) неправильным составом комбинированных растворителей. Для устранения побеления необходимо создать нормальные условия в цехе (температура 15—25°, влажность не выше 70%).

В отдельных случаях побеление можно предотвратить введением целлозольва, бутилацетата и других активных растворителей.

10. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НАНЕСЕНИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При проведении окрасочных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

Большинство лакокрасочных материалов содержит летучие вредные для здоровья и легко воспламеняющиеся растворители. Огнеопасность растворителей оценивают по температуре воспламенения, самовоспламенения, а также по пределам взрывчатости и летучести (см. табл. I стр. 562—565).

Тряпки, концы и т. п. материалы, пропитанные олифой, масляными красками или скипидаром, должны уничтожаться, так как, будучи сложены в кучу, могут самовоспламениться и послужить причиной пожара. Соответствующие меры предосторожности необходимо применять к замасленной спецодежде; так, на малярном участке должно быть организовано обязательное хранение ее в специальных металлических шкафах.

При высыхании масляных покрытий поглощается кислород, и окружающий воздух обогащается азотом и углекислым газом. Запрещается пребывание в помещениях, имеющих значительные поверхности, свежеокрашенные масляными красками. Опасны также газы, содержащие окись углерода, образующийся при выжигании старой краски.

Особые меры предосторожности нужно применять при работе со свинцовыми красками (свинцовый сурик, свинцовый крон, свинцовые белила и др.). Эти краски способны вызывать острые и хронические свинцовые отравления. Свинцовые соединения могут попасть в виде пыли в органы дыхания при перетирании сухих пигментов пленкообразующей основы, а также через кожные покровы при контактировании с готовыми к употреблению красками.

Из-за высокой токсичности совершенно недопустимо нанесение свинцово-суричного грунта путем распыления.

При работе с растворителями нужно добиваться уменьшения концентрации растворителей в воздухе, не допуская превышения установленных норм (табл. I стр. 562—565).

При работах, которые возможно производить в пульверизационных камерах, следует пользоваться респираторами или масками, защищающими от вредных действий паров, растворителей и красочного тумана.

При очистке окрашиваемой поверхности от ржавчины, окалины и старой краски стальными щетками, пневматическим и электрическим инструментом во избежание ранения глаз необходимо одевать предохранительные очки.

При производстве работ по окраске необходимо учесть, что пары растворителей загрязняют воздух уже с самого начала работы. Необходимо производить окраску с таким расчетом, чтобы потоки поступающего свежего воздуха имели направление от окрашиваемой поверхности к уже окрашенной. Наибольшее внимание нужно уделять работам с каменноугольным или другим битумным лаком, а также с лаком этиноль.

Для защиты кожи от раздражающего действия каменноугольных и нефтяных продуктов, растительных масел, смол и других веществ, не растворимых в воде и глицерине, с успехом может быть применена паста «ХИОТ-6» следующего состава (в частях): желатины белой — 2,4, крахмала пшеничного — 5,6.

глицерина — 72, жидкости Бурова — 20, воды дестиллированной — 15.

Пасту сохраняют в закрытой стеклянной или эмалированной посуде при обычной температуре.

Перед началом работы наносят чистой рукой на открытые места кожи 5—10 ч. пасты и растирают до получения тонкого слоя, равномерно покрывающего кожу. После работы пасту смывают холодной водой.

Для профилактики профессиональных кожных заболеваний при работе с органическими растворителями, лаками, красками и смолами применяют пасту ИЭР-1, состоящую из мыла натриевого нейтрального 12%, каолина 40%, глицерина технического 10%, воды 38%.

Пасту наносят на кожу кистей рук и предплечий и растирают тонким слоем; через 2—3 минуты образуется тонкая сухая пленка, которая может сохраняться в течение 3—4 часов. После работы пленку удаляют смыванием обычной водой. Нельзя пасту применять при наличии заболевания кожи, так как ввиду щелочности пасты может быть вызвано раздражение. Следует также не допускать попадания ее в глаза. Пасты сохраняют при комнатной температуре в плотно закрытых банках.

Для предохранения кожи рук при соприкосновении с водными растворами кислот и щелочей применяется паста «ИЭР-2». Состав этой пасты (в частях): парафин — 20, церезин — 15, вазелиновое масло — 65. Паста наносится тонким слоем на кожу. Выпускается паста в плотно закрытых банках по 160 *г*; хранится в сухом месте при температуре не выше 25°. Срок хранения 1 год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Беликов, Ф. Ф. Мовчан, Механизация малярных работ, Москва, 1953.
2. И. П. Васильев, Окраска вагонов, Трансжелдориздат, 1951.
3. Б. П. Владычина, П. Ю. Колесникова, Промышленное применение эмалей и лаков, Госхимиздат, 1949.
4. Е. Я. Гольденштейн, Технология неметаллических защитных покрытий, 1937.
5. А. Я. Дринберг, В. М. Тихонова, Журнал прикладной химии, вып. 11—12, 997 (1943).
6. А. Я. Дринберг, Технология пленкообразующих веществ, Госхимиздат, Ленинград, 1955.
7. Б. В. Дерягин, Н. Д. Кротова, Адгезия, Изд. АН СССР, 1949.
8. М. Л. Лившиц, И. Н. Колотухин, Окраска и отделка изделий массового потребления, 1953.
9. Д. Н. Лазарев, Светящиеся краски, Лениздат, 1944.
10. Fischer W., Bobalek, Organic protectiv coating, New York, 1953.
11. Kittelberger J., Elm, Ind. Eng. Chem., 44, 326 (1952).
12. Л. Ю. Локшин, Г. Ю. Бершадский, В. В. Жебровский, Я. Г. Муравин, Лакирование и печатание в жестянобаночном производстве, Москва, 1954.

13. А. И. Лазарев, М. Ф. Сорокин, Синтетические смолы для лаков, Госхимиздат, 1953.
14. И. П. Лосев, С. С. Петров, Химия искусственных смол, Госхимиздат, 1951.
15. В. С. Киселев, Руководство к практическим занятиям по технологии пленкообразующих веществ, госхимиздат, 1948.
16. Г. Ф. Сточик, Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении, Москва, 1950.
17. Sachs G., Werther F., Farbe und Lack, **61**, № 2, 60—66 (1955).
18. Payne H. F., Organic coating technology, New York, 1954.
19. П. С. Мирончев, М. П. Сапегин, Применение глифталевых лаков и эмалей, Госхимиздат, 1950.
20. Б. С. Фармаковская, В. Г. Новикова, Промышленное применение перхлорвиниловых эмалей и лаков, Госхимиздат, 1950.
21. В. В. Чеботаревский, Жаростойкие лакокрасочные покрытия, Картотека ТЭКСО, серия 13, № 562/10, 1953.
22. Babel, Hofmann, Müller, ABC der Anstrichstoffe und der Anstrichtechnik, Leipzig, 1955.
23. В. Наумов, Химия коллоидов, Ленинград, 1932.
24. Coehn, Raydt, Ann. d. Phys. (4), **30**, 777 (1909).
25. Е. С. Гуревич, Ю. Н. Вахрамеев, Лакокрасочные покрытия для оцинкованных поверхностей, Сборник Цинк и кадмий в технике защиты от коррозии, Госхимиздат, 1941.
26. Е. С. Гуревич, Защита лакокрасочными покрытиями корпусов кораблей от коррозии и обрастания в морской воде, Сборник Проблемы морской коррозии, Изд. АН СССР, 1954.
27. Окраска деталей распылением в электрическом поле. Из опыта Горьковского автомобильного завода, Москва, 1955.
28. А. Я. Дринберг, Е. М. Жирикова, М. А. Настичук, Фосфатирующие и протекторные цинковые антикоррозийные грунтовки, Информационный технический листок № 34, Ленинградский Дом научно-технической пропаганды, 1957.
29. С. В. Якубович, Б. Л. Рубинштейн, Классификация и номенклатура лаков и эмалевых красок «Стандартизация» № 5, стр. 37—44, 1955.
30. А. М. Лукин, А. Я. Дринберг, Техника зарубежной лакокрасочной промышленности, Ленинград, 1938.
31. И. И. Матвеев, Н. Н. Настай, Е. К. Перминова, Е. М. Москвина, Эпоксидные смолы и их применение. Листок новатора № 6, Ленинградский Дом научно-технической пропаганды, 1957.
32. Эванс, Коррозия, пассивность и защита металлов, Металлургиздат, 1941.
33. Г. Я. Гордон, Хлористый винилиден и его сополимеры, Госхимиздат, 1957.

Глава X

ОКРАШИВАНИЕ И ЛАКИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Окрашивание и лакирование древесины, несмотря на общее сходство с окрашиванием металла и других материалов, имеют некоторые особенности в части самого окрашивания, преимущественно же в части подготовки поверхности к окрашиванию.

Эти особенности в значительной мере определяются специфическими свойствами древесины, из которых наиболее важны следующие:

Пористость древесины. В воздушно-сухой древесине поры и полости, заполненные воздухом и отчасти водою, составляют от 50 до 80% общего объема [1].

Наличие пор у древесины улучшает прилипание к ней лакокрасочных покрытий, однако окрашивание и лакирование деревянных изделий без предварительного заполнения пор на поверхности вызывает повышенный расход лаков и красок, а также затрудняет получение равномерных и сплошных покрытий.

Способность древесины поглощать воду как при нахождении на воздухе, так и особенно при погружении в воду. Поглощение воды из воздуха и ее обратная отдача (гигроскопичность древесины) зависят от относительной влажности воздуха и температуры (рис. 49). Характерно, что поглощение и испарение воды вследствие анизотропности древесины происходит неравномерно в различных направлениях. Так, например, в продольном направлении через торцы дерева вода поглощается и испаряется примерно в 4 раза больше, чем в радиальном, и в 2 раза больше, чем в тангенциальном направлении.

Высокая влажность древесины ухудшает высыхание нанесенных на нее лакокрасочных покрытий и их прилипание к поверхности.

Так как повышенная влажность древесины, кроме того, сильно сказывается на качестве изготовленных из нее изделий (растрескивание при высыхании, коробление и др.), то во многих деревообрабатывающих предприятиях установлены определенные нормы влажности применяемой древесины. В мебельной промышленности, например, допускается древесина с влажностью 10—12%,

для оконных переплетов — 10%, для музыкальных инструментов 7—8% [2].

Изменяемость форм и размеров вследствие паропроницаемости древесины. Объем и размеры дерева непрерывно изменяются, то увеличиваясь при набухании, то претерпевая усадку при испарении воды.

Усадка в разных направлениях происходит различно, вызывая при неблагоприятных условиях сушки коробление и растрескивание деревянных досок. Усадка свежесрубленного дерева в продольном или торцевом направлении составляет в среднем около 0,1%, в то время как в радиальном она достигает 5%, а в тангенциальном — до 10%.

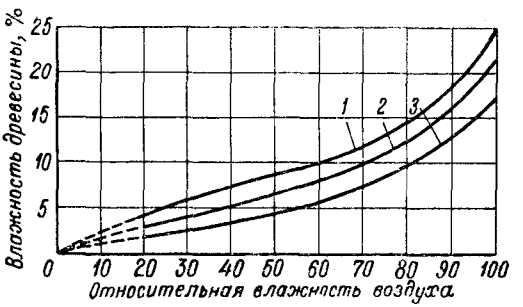


Рис. 49. Зависимость влажности древесины от относительной влажности воздуха:
1 — при 21°, *2* — при 61°, *3* — при 100°

Неравномерность усадки древесины необходимо учитывать не только при изготовлении деревянных изделий, но и при их подготовке к окрашиванию и лакированию.

Относительно невысокая термостойкость древесины. Термическое разложение начинается при температуре около 140°. Эта особенность наряду с наличием пористости позволяет производить горячую сушку нанесенных лакокрасочных покрытий при температурах не выше 70—80°.

Склонность к загниванию, вызываемому различными грибками. Для предохранения дерева от разрушений его обрабатывают химическими веществами, ядовитыми для грибков антисептиками (нафтенат меди, пентахлорфенолят меди, хлористый цинк, креозотовое масло и др.) [3].

Лакокрасочные покрытия в значительной мере защищают дерево от загнивания, но только до тех пор, пока они не повреждены, и изолируют древесину от действия атмосферы.

Другой причиной разрушения древесины часто оказываются жуки-точильщики. Пропитывание медными мылами или феноля-

тами, горячей олифой, разбавленной керосином, и окрашивание изделий, в особенности с торцов, являются серьезными предупредительными мерами против жучков, наряду с проветриванием древесины и чистотой складов и мастерских [4].

Прямое отношение к окрашиванию имеет в ряде случев придание древесине огнезащитных свойств [5]. Не останавливаясь на отдельных приемах снижения горючести древесины, укажем, что применение любых огнезащитных средств должно быть увязано с выбором покрытий.

1. ВИДЫ ПОКРЫТИЙ ПО ДРЕВЕСИНЕ

Покрытия по древесине отличаются большим разнообразием. Различают два основных вида покрытий.

1. Непрозрачное (кроющее) покрытие (окрашивание), называемое в древесиноведении малярной отделкой, закрывает текстуру дерева и поэтому применяется для простых пород — ели, сосны. Оно имеет целью не только создание хорошего внешнего вида, но и защиту от внешних атмосферных влияний, гниения, а также повышение водостойкости.

Такие покрытия используются в вагоностроении [6], судостроении, машиностроении (особенно сельскохозяйственном), строительстве и пр.; при этом применяются пигментированные лакокрасочные материалы — масляные, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые и т. п.

2. Прозрачное покрытие (лакирование и полирование), называемое в древесиноведении столярной отделкой, не закрывает, а наоборот подчеркивает текстуру дерева. Поэтому такие покрытия применяются в основном для отделки дорогих пород дерева с красивой текстурой.

Этими покрытиями пользуются главным образом в мебельной промышленности; для них применяются нитроцеллюлозные и спиртовые лаки и политуры.

Особо следует отметить покрытия, цель которых — имитация поверхности древесины под ценные породы. Техника имитационных отделок одинакова для различной подложки (дерево, металл, картон и пр.) и поэтому рассматривается отдельно в гл. XI.

Из всех видов отделок наиболее распространенным является окрашивание древесины масляными, лако-масляными (эмалевыми), нитроцеллюлозными, перхлорвиниловыми красками. Лакирование и полирование представляют собой более дорогой вид отделки и применяются реже.

Поверхность древесных изделий, подвергающихся окрашиванию или лакированию, должна быть предварительно подготовлена. В зависимости от требуемого качества отделки подготовка

либо ограничивается простыми операциями (сушка, шлифование и грунтование поверхности древесины), либо значительно осложняется пропитыванием различными составами, прокрашиванием древесины («морением») в желательный цвет, заполнением пор и т. п.

Во всех случаях для получения надежных покрытий необходимо, чтобы древесина при 20° имела влажность не выше 10—12%. Поверхность ее должна быть хорошо зачищена, не иметь неровностей, заусениц, вмятин и т. п. Места соединений должны быть плотными, без щелей и зазоров. Вырубленные сучья, засмолы, трещины и выбитые места должны быть заделаны вставками из дерева.

Вследствие пористости древесины грунтовочный слой лакокрасочных материалов в большей или меньшей мере впитывается в нее. Это, с одной стороны, усиливает связь древесины с покрытием, — прилипание последнего увеличивается, повышается водостойкость древесины и загнивание ее уменьшается. С другой стороны, впитывание в древесину сильно увеличивает расход материалов, в особенности спиртовых лаков и нитролаков, вызывает увеличение числа операций и сильно удорожает отделку изделий. Из-за неоднородности древесины впитывание происходит весьма неравномерно по поверхности; в местах, параллельных прохождению трахеидов (удлиненных волокон, являющихся водопроводящими элементами дерева), а именно на их оболочках, впитывание лака или краски незначительно; в промежутках между трахеидами, в особенности в срезах (нормально к оси трахеидов), происходит интенсивное впитывание лака.

По сравнению с распространенными породами лиственной древесины (дуб, клен, ясень, отчасти береза) хвойные породы (сосна, ель) отличаются наибольшей впитывающей способностью. В сосне поры, диаметр которых доходит до 20 *мк*, отличаются наибольшим капиллярным поглощением жидкости. Эта особенность древесины создает определенные преимущества в случае пропитывания ее противогнилостными или другими составами, однако лакирование и полирование вызывают большой расход материалов, особенно спиртовых лаков, нитролаков и искусственных олиф, содержащих большой процент летучих растворителей.

После окрашивания или лакирования материалами, проницаемыми для воды или ее паров, древесина вследствие гигроскопичности быстро поглощает влагу из атмосферы через покрытие. Поглощение влаги связано с набуханием древесины и, следовательно, с увеличением поверхности. При просыхании древесины ее объем снова уменьшается.

В результате такой деформации покрытия трескаются и разрушаются. Поэтому для окрашивания следует применять водонепроницаемые и механически прочные покрытия.

Непрозрачные покрытия. Непрозрачные, или кроющие, покрытия по дереву выполняют как защитные, так и декоративные функции. Области применения их чрезвычайно разнообразны; отсюда и многообразие требований, предъявляемых к их качеству. Для непрозрачных (кроющих) покрытий по дереву могут быть использованы практически все пигментированные лакокрасочные материалы, высыхающие при температуре не выше 70—80°, так как более высокие температуры для сушки дерева недопустимы. Наиболее распространенными непрозрачными покрытиями являются

Покрытия на основе масляных красок и эмалей. Масляные краски и эмали дают прочные атмосферостойкие и водостойкие покрытия с большим сроком службы. Они наносятся на загрунтованную и зашпатлеванную поверхность, причем в зависимости от требований к покрытию шпатлевание производят от одного до трех раз (с понижением вязкости шпатлевки для каждого последующего слоя). Шпатлевку обычно приготовляют на месте работы. Каждый слой шпатлевки шлифуется после высыхания. Количество слоев и необходимость шпатлевки также зависят от требований к покрытию. Нанесение краски производится кистью или распылителем.

Для получения матовой поверхности покрытия применяют краски, в состав которых вводят дополнительное количество сухого пигмента или добавляют минеральный наполнитель.

Типовой процесс окрашивания дерева масляными красками состоит из следующих основных операций:

1) грунтования, сушки;
2) местного шпатлевания, сушки;
3) зачистки по месту сплошного шпатлевания, сушки;
4) шлифования, первой окраски, сушки;
5) второй окраски, флейцования.

Грунтовка — олифа натуральная; шпатлевка — мел плавленый и сухая краска —70 вес. ч., олифа 25 вес. ч., клей костный (6%-ный) — 5 вес. ч.

Состав масляной краски, %

	Желтая	Белая	Синяя
Пигмент	22	42	10
Олифа	12	18	20
Наполнитель	66	40	70

Масляные покрытия отличаются длительностью сушки, недостаточно высоким декоративным эффектом, невысокой теплостойкостью.

Масляно-глифталевые эмали дают прочные водо- и температуроустойчивые покрытия. Их применяют в комбинациях с масляными и наносят как кистью, так и распылителем. Последнее глифталевое покрытие наносится распылителем. Технологический

процесс окрашивания глифталевыми эмалями тот же, что и для масляных красок.

Нитропокрытия. Нитрокраски и нитроэмали, как и масляные, также наносятся на загрунтованную и зашпатлеванную поверхность.

Наиболее прочной является комбинированная подготовка поверхности дерева под нитропокрытия. Она заключается в том, что на загрунтованную глифталевой грунтовкой поверхность наносится при помощи шпателя первая масляно-лаковая шпатлевка. Второе шпатлевание производится нитрошпатлевкой при помощи распылителя. Каждое покрытие шлифуется шкуркой или пемзой. Нанесение нитрокраски или нитроэмали производится распылителем за 2—3 раза.

Нитропокрытия имеют хороший блеск и отличаются водо- и теплоустойчивостью. Большим удобством надо считать быстроту их высыхания. Однако недостаточная тщательность выполнения операций и несоблюдение режима сушки приводят к появлению трещин и дефектов на окрашенной поверхности [7].

Технологический процесс окрашивания деревянных поверхностей нитроэмалями отличается от окрашивания металлических поверхностей лишь подготовительными операциями. Типовой процесс окрашивания нитроэмалями деревянной поверхности состоит из следующих операций:

1) грунтования, сушки;
2) первого местного шпатлевания, сушки;
3) зачистки по месту второго местного шпатлевания, сушки;
4) общего шлифования, первого сплошного шпатлевания (шпателем), сушки;
5) шлифования, второго сплошного шпатлевания (распылителем), сушки;
6) шлифования, выявительного окрашивания (распылением), сушки;
7) исправления дефектов подмазкой, сушки;
8) зачистки по месту первого окрашивания (распылением), сушки;
9) второго окрашивания (распылением), сушки;
10) шлифования, шлифования пастой, протирки полировочной водой.

Нитропокрытия по дереву находят широкое применение в приборостроении и в мебельной промышленности.

Для покрытия по дереву широкое распространение получили также *перхлорвиниловые эмали*, особенно для окрашивания железнодорожных товарных вагонов. Для того чтобы избежать разрушения слоя шпатлевки растворителем, входящим в состав перхлорвиниловой эмали, следует применять хорошо просушенные шпатлевки на тощем подмазочном лаке. Перхлорвиниловые

покрытия дают атмосферостойкие покрытия, не отличающиеся высоким блеском.

Для окрашивания древесины, подверженной действию атмосферы, применение находят также покрытия на основе полусинтетических олиф: масляно-глифталевые олифы, содержащие около 30% полувысыхающих масел (олифа «Оксоль» содержит 55% масла), и олифы для разведения густотертых красок, содержащие 25—30% сильно уплотненных масел и др.

Для окрашивания деревянных поверхностей, эксплуатирующихся внутри помещений (кроме полов), можно широко применять различные *безмасляные олифы* из продуктов окисления керосина или лакового лигроина. Для этих целей пригодны так называемые синтоловые краски [8], изготовляемые на продуктах окисления керосина или лакового бензина (стр. 347). Техника окрашивания дерева этими красками ничем не отличается от окрашивания масляными красками, а олифа в шпатлевке заменяется синтоловой краской.

Большое значение при окрашивании древесины приобретают безмасляные феноло-альдегидные и мочевино-альдегидные покрытия, в которых отверждение смол производится добавкой соляной кислоты, или, если необходимо избежать ржавления железных гвоздей, — фосфорной кислоты. Несмотря на недостатки и резкий запах растворителя мочевино-альдегидных смол (сольвент, бутанол), они рекомендуются для окрашивания и лакирования деревянных стандартных домов, мебели.

Водо-эмульсионные составы с каждым годом приобретают все бóльшее значение для техники покрытий. Эмульсии типа масла в воде М/В не применяются в качестве противокоррозионных покрытий по металлу, но имеют много преимуществ при окрашивании дерева и штукатурки внутри помещений.

Эти преимущества заключаются в возможности не только заменить органический растворитель водой, но и комбинировать в эмульсии самые различные пленкообразователи, например канифоль и казеин, масло и казеин и др. Такие эмульсии по своим свойствам занимают среднее положение между эмульгируемыми компонентами, причем увеличение содержания гидрофобного компонента обычно увеличивает водостойкость покрытий.

Для получения простейших водоразбавляемых эмульсий типа М/В 9,4 вес. ч. животно-плиточного клея разваривают в небольшом количестве воды и смешивают с 9,7 вес. ч. известкового теста. Полученный раствор небольшими порциями прибавляют к раствору 2,2 вес. ч. канифольного лака (50%-ный раствор канифоли) в 29,3 вес. ч. олифы «Оксоль» и тщательно эмульгируют смесь. После получения эмульсии добавляют воду из расчета общего ее содержания — 49,4 вес. ч. Вместо клея можно применять такое же количество казеина. В последнем случае казеин с из-

вестковым тестом нагревают на водяной бане. Жизнедеятельность состава — до 6 суток. Область применения: покрытия внутри помещения по древесине и штукатурке, в том числе для грунтовки и шпатлевки.

На основе стирольно-масляной смолы лакокрасочная промышленность вырабатывает водоразбавляемые эмульсионные краски СТЭМ. В этих красках в качестве стабилизатора применяется казеинат аммония. Эмульсионные краски ЭМА получаются на основе алкидной смолы, модифицированной подсолнечным маслом. Применяются для окраски дерева также и водоразбавляемые краски на основе поливинилацетатной эмульсии.

Канифольно-казеиновая эмульсия изготовляется путем эмульгирования при 50° отдельно приготовленных растворов казеина (*I*) и канифоли (*II*) по рецептам (в вес. ч.).

Раствор I		*Раствор II*	
Казеин кислотный . . .	40	Канифоль	58
Вода	200	Скипидар	116
Аммиак 25%-ный . . .	20		

Раствор *II* вводят в раствор *I* небольшими порциями. Готовая эмульсия может храниться несколько дней. Летом следует прибавлять немного (0,01%) фенола для защиты от загнивания.

Для приготовления шпатлевки на одну часть эмульсии берут две части плавленого или молотого мела.

Для получения краски на одну часть эмульсии берут 1,5 части сухого мела вместе с пигментом.

Для окраски деревянных сооружений второстепенного значения (пакгаузы, сараи, будки, заборы, иногда и дачи) применяются водорастворимые эмульсионные составы или, как их называли раньше, «финские составы», содержащие в качестве пигментов окисно-железные краски — сурик, мумию, охру, к которым добавляют поваренную соль и железный купорос. По-видимому, последние с окислами железа образуют цементообразные нерастворимые соединения, которые прочно связываются с поверхностью дерева. Два рецепта таких составов приведены в табл. 40.

ТАБЛИЦА 40

Водорастворимые эмульсионные составы

Состав эмульсии	Рецепт	
	I, *кг*	*II*, *кг*
Купорос железный . .	0,26	0,52
Соль поваренная . . .	0,26	0,12
Сурик железный или мумия	1,80	0,52
Олифа масляная	0,24	—
Мука ржаная	0,58	0,24
Вода до рабочей вязкости	6 *л*	3,00

Муку заваривают в воде, в полученный клейстер вводят

соль и купорос, после чего тщательно замешивают пигменты. В полученной суспензии эмульгируют олифу. Эти покрытия довольно атмосферостойки.

Специальные требования предъявляются к покрытиям для дощатых полов, подвергающихся сильному механическому истиранию. В этом случае необходимо применять краски и лаки, дающие механически прочные пленки. Полы часто моют и нельзя допускать просачивания воды в доски, так как последние вследствие набухания и сушки будут деформироваться и разрушать покрытия. Поэтому перед окрашиванием необходимо заделать пазы между отдельными досками.

Иногда для получения сплошной поверхности оклеивают пол тканью, причем кромки обивают гвоздями. Применяют, например, дешевую серпянку, которую приклеивают горячей олифой к загрунтованному и отшпатлеванному полу. Приклеенную серпянку снова грунтуют олифой, шпатлюют три раза лаковой шпатлевкой, шлифуют, окрашивают масляной краской за два раза под флейц и, наконец, покрывают масляным лаком (например, лаком 4с, 5с).

Окрашиваемые полы не должны быть зыбкими. Перед окрашиванием новых полов, после годичной выдержки, производят пережимку пола с простружкой провесов, вырубают сучья и засмолы, расшивают щели, загоняют на клею рейки или пробки, прибивают их гвоздями и осаживают головки гвоздей [9]. Перед окрашиванием старых полов тщательно удаляют непрочные участки старой окраски.

При условии хорошего проветривания для полов можно применять нитроглифталевые краски.

Для отделки паркетных полов взамен мастики за границей широко применяются мочевино-формальдегидные лаки с отвердителем — соляной кислотой.

Прозрачные покрытия. Прозрачные покрытия по дереву предусматривают сохранение текстуры древесины. Перед нанесением прозрачных покрытий поверхность древесины в ряде случаев подвергается отбелке либо окрашиванию органическими красителями или специальными химическими средствами. Эти операции имеют целью сообщить древесине цвет имитируемой ценной породы, не закрывая ее естественной текстуры.

Отбелка поверхности древесины придает ей более светлый вид и обесцвечивает темные пятна. Отбелка производится нанесением отбеливающих составов, окисляющих и разрушающих природную пигментацию древесины. К таким окисляющим составам относятся хлорная известь, перекись водорода, щавелевая кислота. Для приготовления отбеливающих составов на 1 *л* воды вводят 150 *г* хлорной извести и 30 *г* соды или 300 *г* 3%-ной перекиси водорода и 30 *г* 25%-ного аммиака или 30 *г* щавелевой кислоты и 20 *г* аммиака.

Если поверхность древесины смолистая, то при невысоких требованиях к отделке ее обессмоливают, протирая специальным составом, содержащим на 1 *л* воды 50 *г* кальцинированной соды и 250 *г* ацетона. Обработку производят травяными щетками, а затем поверхность смывают чистой водой. Сучки вырубают и заменяют пробками на клею.

Окрашивание поверхности древесины на глубину 0,1—0,2 мм производят как прямыми, так и кислотными и основными красителями. Наиболее часто применяют водные растворы, содержащие от 0,03 до 1% прямых (субстантивных) и кислотных красителей. Растворение производят в подогретой до 80° воде.

Примеры.

Для крашения дуба под красное дерево применяют: 4 *г* кислотного хром желтого Н; 21 *г* хромового коричневого К; 0,01 *г* кислотного черного БК; 10 *г* аммиака и 1 *л* воды.

Для крашения березы под красное дерево берут 10 *г* кислотного оранжевого; 3 *г* голубого К; 1 *г* соды кальцинированной и 1 *л* воды.

Для крашения в черный цвет пользуются 50 *г* нигрозина (водорастворимого) и 1 *л* воды.

Для крашения в коричневый цвет (сосна, береза) применяют 15 *г* кислотного хромового коричневого, 10 *мл* уксусной кислоты, 55 *г* алюминиевых квасцов и 5 *л* воды.

Древесина, окрашенная органическими красителями, часто подвергается дополнительной обработке аммиаком. С этой целью влажные изделия помещают в камеру, в которой находятся пары аммиака, и выдерживают там 2—3 часа при нормальной температуре. В результате такой обработки текстура дерева становится более отчетливой и окраска несколько темнеет. Например, древесина, окрашенная прямым желтым 3 или прямым ярко-оранжевым, приобретает цвет красного дерева.

Глубокое (сквозное) окрашивание древесины (морение) производят красильными растворами в автоклавах. Процесс этот включает следующие операции:

1) загрузку изделий в автоклав и эвакуацию воздуха,
2) пропаривание при 105° в течение 30 мин.,
3) спуск давления и подачу раствора красителя,
4) окрашивание при давлении 6—8 *ата* и соответствующей температуре в течение 30—45 мин.,
5) выдерживание окрашенной древесины под разрежением,
6) сушку при 50° в течение 30—70 часов.

Кроме красителей для крашения поверхности древесины широко применяются неорганические протравы и органические бейцы. *

* Бейц представляет собой продукт обработки торфа, бурых углей и т. п. веществ едкой щелочью. Вследствие содержания свободной щелочи при ручном окрашивании древесины бейцем следует соблюдать меры предосторожности.

Неорганические протравы представляют собою 3—4% водные растворы металлических солей [9].

Примеры.

Для получения серого и синевато-серого цвета используются железный купорос, хлорное железо, уксуснокислое железо.

Для желтовато-коричневого цвета применяют хромпик калиевый или натриевый.

Для красновато-коричневого цвета пользуются марганцевокислым калием.

Для черного цвета, стойкого к воде и кислотам, сначала несколько раз наносят раствор, содержащий на 1,5 *л* воды 200 вес. ч. солянокислого анилина, 60 вес. ч. медного купороса, 80 вес. ч. поваренной соли; затем дерево покрывают раствором калиевого хромпика или уксуснокислого железа.

Для коричневого цвета древесину обрабатывают раствором бейца. Окрашивание бейцом может производиться тампоном, кистью или окунанием. Интенсивность окраски зависит от концентрации бейца и числа покрытий.

Подготовка поверхности древесины под прозрачную отделку (лакировку и полировку) должна производиться с большой тщательностью.

Перед заполнением пор поверхность древесины сглаживают на циклевальных, шлифовальных станках или вручную циклей или стеклянной шкуркой. Для удаления мелких ворсинок поверхность слегка смачивают теплой водой и после просушки шлифуют мелкой шкуркой. При высококачественных отделках такая операция производится два раза.

Порозаполнение является исключительно важной операцией для получения гладкой и блестящей поверхности лакированного дерева. В зависимости от тщательности выполнения этой операции находится также и расход лака.

Заполнение пор осуществляют путем втирания специальных мастик и столярных грунтовок (кашицеобразных шпатлевок) в пористую поверхность дерева, причем для нитроцеллюлозных грунтовых материалов излишки мастики удаляют (шпателем или ветошью) сразу же, а для клеевых и масляных — лишь после подсушки в течение 10—20 мин.

Минеральный наполнитель, применяемый для заполнения пор, должен иметь коэффициент рефракции, близкий к связующему, чтобы слой порозаполнителя лессировал, т. е. не затемнял текстуры древесины (например, трепел, тальк).

Примерные рецепты порозаполнителей (столярных грунтовок) приведены в табл. 41.

Минеральные наполнители должны быть высокодисперсными и давать не более 1% остатка на сите с 3200 *отв/см*^{2}.

Нитроцеллюлозный порозаполнитель высыхает в 4—5 мин., вследствие чего работать с ним на больших поверхностях трудно; масляный дает наиболее прочную подготовку, но долго высыхает (12—15 час.); клеевой удобен при обработке больших поверх-

ностей, но несколько уменьшает водостойкость покрытий. Повышение водостойкости достигается использованием 10% казеинового раствора с аммиаком.

ТАБЛИЦА 41

Рецептура порозаполнителей

Состав	Порозаполнитель, г		
	нитроцеллюлозный	клеевой	масляный
Тальк, шпат тяжелый или мел	25	25	80
Охра сухая	2,5	2,5	1,5
Умбра сухая	3,0	3,0	0,5
Клей столярный, 10%-ный раствор	—	25	—
Канифоль, 10%-ный раствор в ацетоне	1,5	—	—
Нитроцеллюлоза, 10%-ный раствор в бутилацетате, ацетоне и спирте	12,5	—	—
Подмазочный масляный лак № 74	—	—	14
Олифа с добавкой 8% сиккатива	—	—	—
Лаковый лигроин	—	—	4

Хорошие результаты при обработке больших поверхностей достигаются применением «шведского» порозаполнителя, состоящего из охры и талька или шпата и окиси хрома и уайт-спирита. Частицы пигмента втираются в поры древесины и закрепляются при последующем лакировании.

При шеллачном полировании нитроцеллюлозного заполнительного грунта необходимо предварительно удалить из шеллака воск, который способствует побелению грунта. Воск можно заменить пластификатором.

При лакировании дерева для заполнения пор применяются также восковые мастики, которые содержат от 30 до 60 ч. воска или церезина и от 40 до 70 вес. ч. лакового керосина или скипидара. Иногда в мастику вводят 5—8% канифоли. Расход такой мастики около 60 *г* на 1 $м^2$ поверхности.

Порозаполнение обычно производят после окрашивания древесины. При этом важно подобрать цвет порозаполнителя в тон окрашенной древесины, чаще всего применяют отмученную пемзу. В отдельных случаях окрашивание проводят после порозаполнения.

Прозрачные покрытия по древесине (кроме полирования) в мебельном производстве разделяют на: покрытие олифой, матовые отделки и лакирование масляными, спиртовыми или нитролаками [10, 11].

Покрытие поверхности древесины натуральной олифой или льняным маслом применяется для высококачественной отделки мебели из древесины хвойных пород после тщательного шлифования. Пропитывание поверхности древесины одним маслом

способствует более четкому выявлению текстуры и потемнению поверхности, последующее покрытие слоем олифы сообщает небольшой блеск и служит защитой.

Масло или олифу наносят подогретыми, причем первые 1—2 слоя в разбавленном виде, вводя в олифу до 30% лакового бензина или скипидара. После просушки поверхность древесины легко шлифуют и затем наносят последнее покрытие. Такая отделка применяется редко. Для дуба этот способ вообще непригоден, так как возможно потемнение покрытия.

Матовые отделки производятся обычно тремя способами [12].

1. Вощение — представляет собою простое и дешевое покрытие дерева восковыми составами.

Растворы воска в летучем растворителе (скипидаре), подкрашенные иногда жирорастворимым красителем, в подогретом виде втирают тампоном из войлока до получения ровной матовой поверхности.

После просушки производится лощение — натирание воскового покрытия сукном вручную или суконной шайбой на электродреле до приобретения ровного полублеска. Для предохранения от пыли восковые покрытия перекрываются 1—2 слоями спиртового лака.

2. Мастикование — отличается тем, что к раствору воска в скипидаре прибавляют канифоль или спиртовый лак, дающие более прочные покрытия. Кроме того, в состав мастик входят поташ (для повышения адгезии) и пигменты.

3. Матирование матолеинами — пастами, приготовленными из спиртовых растворов смол, смешанных с густой олифой. Вследствие трудного нанесения на поверхность этот способ широкого применения не имеет. Применяется также матирующий лак НЦ-49 (ВТУ П-24—56).

Лакирование. Для лакирования древесины обычно употребляют масляные, смоляные (спиртовые) или нитролаки, Лакирование масляными лаками производится по подготовленной, т. е. окрашенной красителями или бейцем или просто тщательно отшлифованной поверхности, после порозаполнения и шлифования порозаполнителя. Лак наносится вручную кистью, тампоном или распылителем. После первого покрытия и просушки поверхность тщательно шлифуют пемзой или шкуркой. Затем наносят второе покрытие, снова сушат, шлифуют и затем наносят третье покрытие. Для усиления блеска покрытие полируют спиртом; для уменьшения блеска его шлифуют тонким порошком пемзы. Масляные лаки дают прочные влагостойкие покрытия с хорошим блеском. Однако в настоящее время, вследствие длительных сроков сушки, этот способ не пользуется распространением и заменен покрытием нитролаками.

Лакирование спиртовыми лаками, благодаря быстроте высы-

хания и возможности осуществления вручную, при отсутствии специального оборудования распространено весьма широко. В отличие от лакирования масляными лаками здесь требуется нанести от 4 до 5 слоев лака, так как содержание пленкообразователя в спиртовых лаках меньше (30—35% по сравнению с 50—60%). Методы покрытий могут быть те же (т. е. кисть и распылитель), хотя наиболее распространен способ нанесения лака тампоном. Распыление спиртовых лаков производят при давлении 2,5—3 *ата* и сопле распылителя с диаметром отверстия 1 *мм* и вязкости лака 2—4° по Энглеру; давление в лаконагнетательном бачке — около 1 *ат*. Прочность и водостойкость покрытий спиртовыми лаками значительно ниже, чем покрытия олифой, масляными лаками или нитролаками. Ввиду этого покрытия спиртовыми лаками применяются лишь для внутренних отделок.

Лакирование нитролаками — наиболее распространенный способ прозрачной отделки древесины на крупных мебельных производствах [13].

Подготовка дерева под нитролаковые покрытия производится нитролаковыми или казеиновыми порозаполнителями либо специальной нитроцеллюлозной грунтовкой, состоящей из нитролака и каолина. Продолжительность высыхания этой грунтовки при 20° менее 1,5 часа.

Лакирование производят распылителем. Давление воздуха в распылителе с соплом 1,5—2 *мм* обычно 3—3,5 *ата* при вязкости мебельного нитролака для первых слоев покрытия 15—20° Э

ТАБЛИЦА 42

Средняя продолжительность сушки

Операции	Срок сушки в часах	
	при 20°	при 45°
Подготовительные		
Порозаполнение масляно-лаковой столярной грунтовкой или сплошное лаковое шпатлевание	20—24	3—4
Порозаполнение клеевыми составами	1—2	—
Восковая мастика на скипидаре	24	—
Порозаполнение нитроматериалами	1	0,5
Бейцовка по белому дереву	1	0,3
Бейцовка по высохшему порозаполнителю	0,2	—
Лакировочные		
Покрытие спиртовым лаком, тампоном	0,25	—
Покрытие спиртовым лаком, распылителем	1—2	—
Покрытие нитролаком, распылителем	1	—
Покрытие масляным лаком	24—48	6

(8—12 сек. по воронке НИИЛКа) и для последних слоев 6—8°. Давление в лаконагнетательном бачке 0,2—0,5 *ата*.

В случае высокой влажности в помещениях, где производят лакирование, в нитролак добавляют амилацетат или бутилацетат — в первые покрытия 5—10%, в последние 10—20%.

Сушку целесообразнее проводить в сушилках при температуре 50—60°; более высокая температура недопустима, так как снижает прочность склейки древесины столярным клеем.

Всего наносится от 2 до 6 слоев нитролака с промежуточным шлифованием шкуркой. Последний слой нитролака отделывают полировочными пастой и водой. Число слоев зависит от требований, предъявляемых к качеству отделки.

Ниже приводится примерная схема технологического процесса отделки древесины нитролаками:

1) увлажнение, сушка;
2) сошлифование ворса, крашение, порозаполнение, сушка;
3) шлифование, первое лакирование, сушка;
4) второе лакирование, сушка.

Составы для крашения древесины

I		II	
Бейц	20 *г*	Ореховая морилка	10 *г*
Краситель «Рубин»	5 »	Коричневый для дерева	1 »
Краситель «Маренго»	5 »	Вода	1 *л*
Вода	1 *л*		

Для лакирования применяют различные мебельные нитролаки № 754 (ГОСТ 4976—49); 757 (ТУ МХП ОШ 245—53); НЦ 312 (ТУ КУ 464—56) и др.

В табл. 42 приведена средняя продолжительность сушки отдельных материалов до проведения последующих операций [10].

В табл. 43 приведена максимальная длительность полного процесса лакирования древесины различными методами [10].

ТАБЛИЦА 43

Длительность процесса лакирования

Отделка	Продолжительность процесса, часы	
	без горячей сушки	с горячей сушкой
Восковая с покрытием спиртовым лаком	6	—
Нитролаком, распылителем	26	6,5
Спиртовым лаком, вручную	27	6,5
Спиртовым лаком, распылителем	28	7,2
Масляным лаком, распылителем	73—86	20
Полирование щеллачной политурой	286	—

2. ПОЛИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Несмотря на большие успехи в отделке древесины нитролаками, даже в случае последующего шлифования и полирования покрытия абразивными полировочными пастами отделка древесины политурами по красоте и художественной ценности занимает более высокое положение. Основными материалами для такой отделки являются шеллачные политуры, образующие на поверхности древесины высококачественные пленки.

Шеллачные политуры представляют собой обычно раствор шеллака 8—16%-ной концентрации в спирте-сырце (89°). Шеллачный лак имеет концентрацию около 30—35% и часто содержит добавку около 5—7% канифоли. Политуры обычно изготовляют на месте их применения.

Шеллачные политуры и лак нельзя хранить в железной таре.

После хранения свыше 6 месяцев шеллачные лаки и политуры при высыхании приобретают отлип. Это происходит вследствие частичной этерификации кислот (входящих в состав смолы) спиртом, в результате чего образуются жидкие пластификаторы.

Повышенная влажность в помещениях, где производят полирование, ведет к побелению покрытия. Побеление в большинстве случаев при высыхании исчезает, но оказывает в дальнейшем влияние на стойкость пленки к влаге.

Технологический процесс отделки мебели полированием шеллачной политурой состоит из следующих операций:

1) смачивания теплой водой для поднятия ворса, сушки 1,0—2,0 часа при 18—20°;

2) шлифования шкуркой № 120—140, вторичного увлажнения водой, сушки не меньше 4 часов при 18—20°;

3) шлифования шкуркой № 140, бейцовки или окрашивания органическими красителями, сушки не менее 2 часов;

4) шлифования шкуркой № 140—180, грунтования, сушки от 2 до 24 часов в зависимости от рода порозаполнителя;

5) шлифования шкуркой № 140—180, первого полирования 12%-ной шеллачной политурой (без масла) с пемзовым порошком, сушки 48 часов;

6) второго полирования 10%-ной шеллачной политурой с вазелиновым маслом и пемзой, сушки 48 часов;

7) третьего полирования 8%-ной шеллачной политурой с вазелиновым маслом с минимальным количеством пемзы; смывания масла и наведения блеска составом из шеллачной политуры с добавкой 50% воды, смывания масла и наведения блеска при помощи полировочной пасты или венской извести.

При высококачественном полировании порозаполнение у крупнопористых пород делают дважды, а нанесение политуры четыре

раза с выдержками после первого и второго полирования не менее 3 суток, а после третьего — не менее 5 суток.

Следует остановиться несколько подробнее на самой технике полирования, которая требует большого мастерства от полировщика. Полирование осуществляется тампоном из ваты диаметром от 3 до 10 *см*, обернутым льняным холстом или марлей. При полировании с порошкообразной пемзой вместо ваты применяют кусок шерстяной материи. Для предохранения от высыхания тампон держат в коробке с крышкой. Тампон должен пропитываться политурой насквозь, однако при нажиме на тампон политура не должна капать на полируемую поверхность. Новое смачивание тампоном производят после того, как на полируемой поверхности появятся заметные следы от тампона («ласы»).

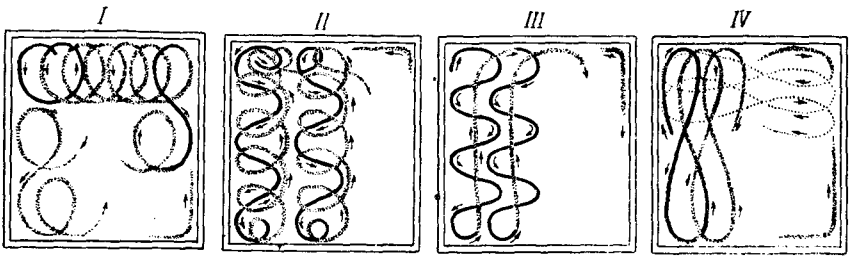


Рис. 50. Схема движения тампона при полировании

На рис. 50 показана одна из схем движения тампона при полировании.

Первое полирование (*I*) производится равномерными круговыми движениями; диаметр кругов — около пяти диаметров тампона. Порошкообразную пемзу добавляют до заполнения пор и появления блеска.

Второе полирование (*II*) состоит в основном из зигзагообразных движений в одном, а затем в противоположном направлении.

Третье полирование (*III*) осуществляется зигзагообразным движением с последующим прямым возвратным движением.

Окончательное полирование (*IV*) производится политурой, разбавленной спиртом, движениями, напоминающими восьмерку.

Особая тщательность полирования требуется при отделке роялей [14], где шеллачная политура наносится на нитролаковую подготовку; помимо шеллачных политур применяется идитольная, а также нитроцеллюлозная политура НЦ-31 (ТУ КУ 468—56).

Для механизации полирования предложены специальные аппараты. Однако они пока еще не получили широкого распространения, так как применимы лишь к горизонтальным плоскостям, не имеющим выступов и впадин.

3. ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ДРЕВЕСИНЫ ПРОЗРАЧНЫМИ ПЛЕНКАМИ

Метод отделки древесины с применением прозрачной пленки разработан Институтом мебели и фанеры (ЦНИИМФ) применительно к фанере. Согласно этому методу, отделочные работы производятся в процессе изготовления самой фанеры из шпона. Отделка может быть как односторонней, так и двусторонней, как с сохранением естественной текстуры дерева, так и декоративной (с рисунком различных расцветок, в том числе и имитирующем текстуру ценных пород древесины).

Фанера, отделанная таким путем, выпускается под названием отделочно-декоративной и предназначается для внутренней отделки помещений, мебели и других работ.

Процесс отделки древесины пленкой слагается из следующих основных операций:

1) изготовления отделочной пленки,

2) подпрессовывания отделочной пленки к изделию,

3) шлифовки и полировки поверхности абразивными материалами (в случае необходимости).

Отделочная пленка представляет собой листовой материал, получаемый путем пропитки мочевино-меламино-формальдегидной смолой (марки ЦНИИМФ ТУ ММП 342—53) специальной бумаги (ГОСТ 1941) и последующей сушки пропитанной бумаги до воздушно-сухого состояния.

Применяемая для пропитки мочевино-меламино-формальдегидная (карбамидная) смола получается на производстве путем конденсации смеси мочевины и меламина с формальдегидом в водной нейтральной среде. Конденсация производится в присутствии уротропина при 70—90° и общей продолжительности около 1 часа.

Пропитка бумаги жидкой смолой (раствором) производится механизированным методом в пропиточной ванне. В ванну заливается смола, смешанная с 0,1—0,3% от ее веса NH_4Cl (последний понижает гигроскопичность пленки) и через нее протягивается из рулона бумага. Пропитанная бумага сушится в сушильной шахте, обогреваемой паровыми калориферами при 60—100°.

Нанесение отделочной пленки на изделие производится методом прессования. При облицовке фанеры пленкой эту операцию совмещают со склеиванием самой фанеры из отдельных слоев шпона. Количество слоев шпона может быть различным, но обычно берется не менее 5.

Шпон промазывается феноло-формальдегидным клеем марки НИИФС-35. Поверх последнего листа шпона накладывается слой отделочной пленки, затем следует слой текстурной бумаги (25 $г/м^2$) и снова слой отделочной прозрачной пленки.

Текстурная бумага, применяемая при декоративной отделке, представляет собой бумагу с рисунком, нанесенным на нее методом офсетной или глубокой печати. Эта бумага может также пропитываться карбамидной смолой и заменять собой прозрачную отделочную пленку. Процесс прессования осуществляется на прессе, снабженном охлаждением до 30° и приспособлением для обогрева до 135°; давление $p = 30$ *ат* передается на прессуемый материал через посредство металлической пластины и листа нержавеющей стали; сторона, примыкающая к материалу, имеет полированную, зеркальную поверхность. Продолжительность прессования 5—20 мин. (в зависимости от слойности фанеры), с последующим охлаждением до 30°.

Лицевая поверхность изделия (фанеры) после прессования легко обрабатывается абразивными материалами и может в случае необходимости быть подвержена дополнительной шлифовке и полировке.

Недостатками их является высокая хрупкость, не допускающая изгиба и других деформаций фанеры. В отдельных случаях имеет место образование сетки на пленке.

4. ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Следует различать огнезащитные покрытия, предохраняющие дерево от воспламенения, которые должны противостоять загоранию древесины при 650—700° в течение 15 мин., и невоспламеняющиеся покрытия, препятствующие распространению пламени по древесине и тлению ее. Огнезащитные краски должны обладать антисептическими свойствами и при действии высоких температур не выделять вредных для человеческого организма газов. Лучшее огнезащитное действие оказывают покрытия, образующие при горении углекислоты пористые и теплоизолирующие слои. Такое действие оказывает введение сульфитного щелока, пирогаллола и резорциновой кислоты.

Для повышения огнезащитных свойств обычных масляных покрытий по дереву в них добавляется асбестовая пыль и бура. Краски изготовляются по следующей примерной рецептуре (в %): олифа льняная — 28, сиккатив — 4, сурик железный — 23,5, асбестовая пыль — 29, бура — 0,5, бензин — 10.

Большое распространение в качестве временных огнезащитных покрытий имеют силикатные покрытия; эти покрытия растрескиваются при высоких температурах и обнажают дерево.

К огнезащитным краскам на основе жидкого стекла добавляются: асбестовый порошок, литопон, каолин, кизельгур, тальк, гель кремневой кислоты, окись цинка, мелкий песок, пемза.

Хлоркаучуковые покрытия относятся к невоспламеняющимся и имеют также широкое распространение. Покрытия на основе

хлоркаучука обладают антисептическими свойствами и стойкостью к химическим реагентам. При высоких температурах они обугливаются без воспламенения. Развивается также применение огнезащитных покрытий на основе мочевино-формальдегидных смол, дициандиамидной смолы и моноаммонийфосфата, этиленденмочевинной смолы с моноаммонийфосфатом.

Следует упомянуть еще об огнезащитных покрытиях на основе хлорпроизводных [15], как например хлорнафталин, хлорпарафин, масляная кислота, известь, гексахлорэтан и каолин. Однако вредные пары хлора, выделяющиеся при горении, значительно снижают ценность этого вида покрытия.

Огнезащитные покрытия необходимо обновлять через определенные промежутки времени. Большинство огнезащитных и невоспламеняющихся покрытий не обладает достаточной водо- и атмосферостойкостью, поэтому для наружных покрытий рекомендуется на слой огнезащитного покрытия наносить слой атмосферостойкой краски или лака [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Никитин, Химия древесины, Гослестехиздат, 1950.
2. В. А. Бирюков, Сушка древесины, стр. 25, Лениздат, 1947.
3. Н. Э. Юргенс, Дерево и его консервирование, ГИЗ, 1930.
4. М. М. Голдин, Руководство по борьбе с домовым грибом, Госстройиздат, 1934.
5. П. С. Прохоров, Огнезащита деревянных конструкций и сооружений, Изд. АН СССР, 1943.
6. Н. И. Васильев, Окраска вагонов, Трансжелдориздат, 1950.
7. Г. Л. Мищенко, Отделка мебели, Росгизместпром, Москва, 1952.
8. Указания по применению безмасляных красок «синтол», готовых к употреблению Изд. Научно-исследовательского института коммунального хозяйства, Ленинград, 1949.
9. Справочник архитектора, **XII**, стр. 162; (В. В. Чернов, А. А. Пеганов, Малярная техника) Изд. Академии Архитектуры, 1946.
10. Д. М. Орлов, Отделка мебели, Гизлегпром, 1939.
11. И. Ф. Воронцов, А. А. Верниковский, Отделка мебели, Гослестехиздат, 1937.
12. Д. М. Орлов, Технология отделки столярных изделий, Трудрезервиздат, 1953.
13. Т. С. Дмитриевская, Отделка мебели нитролаком, Гослесбумиздат, 1951.
14. С. В. Якубович, Бюллетень обмена опытом лакокрасочной промышленности № 6, 77 (1937).
15. Н. З. Нейман, Невоспламеняющиеся материалы в авиации, НКАП, Оборонгиз, 1944.
16. P. Bernhard, Farben u. Lacke № 5, 113, 118 (1953).

Глава XI

ДЕКОРАТИВНЫЕ И ИМИТАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДЕКОРАТИВНОЙ И ИМИТАЦИОННОЙ ОТДЕЛКЕ

Для придания изделиям красивого внешнего вида, например при отделке мебели, электро- и радиоаппаратуры, приборов, инструментов, изделий широкого потребления и т. д., применяются самые разнообразные виды декоративных покрытий.

Имитация под различные ценные породы дерева, мрамор, гранит, украшение различными орнаментами и рисунками находит применение в разнообразных отраслях промышленности.

Для отделки широко применяются специальные лакокрасочные материалы, дающие различного вида декоративные покрытия. К этим материалам относятся: «кристаллаки», «трескающиеся» лаки, эмали «муар», лак «мороз» и др.

Применение декоративных покрытий дает возможность в ряде случаев значительно сократить производственный процесс отделки изделий, а также маскировать мелкие поверхностные дефекты металла.

Сравнительно недавно основным видом декоративных отделочных работ была ручная имитация под ценные породы дерева. Однако такая отделка трудоемка, требует от мастера большого искусства, художественного вкуса и знания природы и текстуры различных пород дерева. Значительная трудоемкость ручного метода имитационной отделки весьма затрудняет применение ее при массовом выпуске изделий, поэтому на практике используются новые более простые и дешевые методы отделки, например при помощи аэрографии или типографской печати.

В отдельных случаях отделочные работы сводятся к украшению окрашиваемой поверхности всякого рода линиями, орнаментами, рисунками декоративного характера и т. д. Наконец, имеют применение также различные виды декоративных покрытий, представляющие собой сочетание гальванических и лакокрасочных покрытий, например покрытие, получившее название «кристаллит» и др.

2. НАНЕСЕНИЕ РИСУНКОВ И ОРНАМЕНТОВ ПО ТРАФАРЕТАМ. ЦИРОВКА

При проведении простейших отделочных работ для нанесения несложных рисунков, орнаментов и т. п. применяются трафареты.

Трафарет, или шаблон, представляет собой лист картона, целлулоида или металла (цинк, алюминий или латунь), в котором вырезаны буквы, орнамент, узор и т. д.

Трафарет накладывается на окрашиваемую поверхность и при помощи специальной кисти или краскораспылителя наносят соответствующие покрытия. Иногда трафарет служит для предохранения отдельных участков, например посадочных мест, деталей от закрашивания.

При нанесении надписей, а также более сложных узоров применяют два трафарета, дополняющих друг друга. Сначала наносят первую часть узора, а затем (после высыхания нанесенной первой части узора) наносят вторую часть узора при помощи второго трафарета. Для многоцветной окраски применяются несколько отдельных трафаретов.

Для нанесения надписей, узоров, полос и т. д. используются также шелкографические матрицы. Они представляют собой деревянные рамки, на которые натянута шелковая сетка. На эту сетку наклеивается калька, имеющая соответствующие вырезы в виде надписи, узора, полос и т. д. Матрица прижимается к поверхности изделия, после чего краска в виде густой пасты наносится широким деревянным шпателем или резинкой с внутренней стороны матрицы. Краска проходит через отверстия шелковой сетки и дает четкую надпись или узор без перемычек.

При работе с трафаретами необходимо следить, чтобы при перестановке трафаретов, а также при накладке дополняющих трафаретов они точно попадали на нужное место. Для этой цели на трафарете делают соответствующие пометки, а также пользуются предварительной разметкой при помощи мела.

К простейшим видам отделочных работ относится нанесение по окрашенной поверхности узких линий обычно поверх двух граничащих участков, окрашенных в различные цвета, а также для декоративной отделки, например, автомобилей, мотоциклов, велосипедов, швейных машин и т. д. Нанесение такого рода узких линий называется цировкой. Лакокрасочная промышленность выпускает следующие марки специальных цировочных красок различных цветов:

Краски масляные цировочные ТУ МХП 278—41

Краски цировочные алкидные ТУ МХП 2142—53

Нитрокраски цировочные ТУ МХП 278—41.

Выбор цировочных красок производится в зависимости от материала, которым предварительно была окрашена поверхность,

так по масляным или лаковым покрытиям цировку производят при помощи масляных или алкидных цировочных красок, по нитроэмалевым — при помощи цировочных нитрокрасок.

Наносятся цировочные краски при помощи специальной цировочной (обводочной) машинки или цировочной кисти (стр. 381).

3. ИМИТАЦИЯ ЦЕННЫХ ПОРОД ДЕРЕВА И КАМНЕЙ

Существует ряд методов, позволяющих при помощи лакокрасочных материалов воспроизводить на металле, дереве, картоне, бумаге и других материалах текстуру ценных пород древесины — ореха, красного дерева, карельской березы, чинары, ясеня и др., а также имитацию камней.

Практическое применение имеют следующие методы имитации: 1) ручной метод, 2) аэрографический, 3) метод печати.

Ручной метод имитации является наиболее старым в технике декоративных отделочных работ. Сущность метода заключается в том, что при помощи кисти, резинок и других инструментов воспроизводят по нанесенному фоновому покрытию текстуру ценной породы дерева или декоративных камней. Ручной метод отличается большой трудоемкостью и требует от исполнителя мастерства.

Технология нанесения имитационных покрытий варьируется в зависимости от того, какие текстуры дерева или камней воспроизводятся.

В качестве примера приводится технология ручной отделки металлической поверхности под дуб [3, 6].

На металлическую поверхность, предварительно загрунтованную, зашпатлеванную и тщательно отшлифованную (согласно общепринятой технологии), наносится основное фоновое покрытие. Для этой цели обычно применяют готовые к употреблению масляные и эмалевые краски на основе золотистой охры, умбры и цинковых белил. Фоновый слой наносится кистью или краскораспылителем и высушивается при нормальной температуре или при температуре не более 70—80°. Далее наносят покрывной слой, который должен быть более темного тона, чем фоновый слой, для чего в краску обычно вводят вместо охры сиену или к охре добавляют умбру. Покрывной слой наносят кистью-ручником тонким слоем. По сырому покрывному слою производят разделку при помощи резиновых гребешков различных размеров. Сначала наносят основные слои, а затем производят выправку крупных слоев при помощи флейца. Последовательные стадии разделки показаны на рис. 51.

После устранения резких границ между фоном и линиями, образующими текстуру, т. е. рассечки этих линий и имитации пористости, покрывной слой подвергают сушке. Для окончатель-

ной отделки наносят тонкий просвечивающий слой, несколько более тонкий, чем покрывной. Эта операция носит название лессировки и должна приблизить к натуре полученную текстуру. Окон-

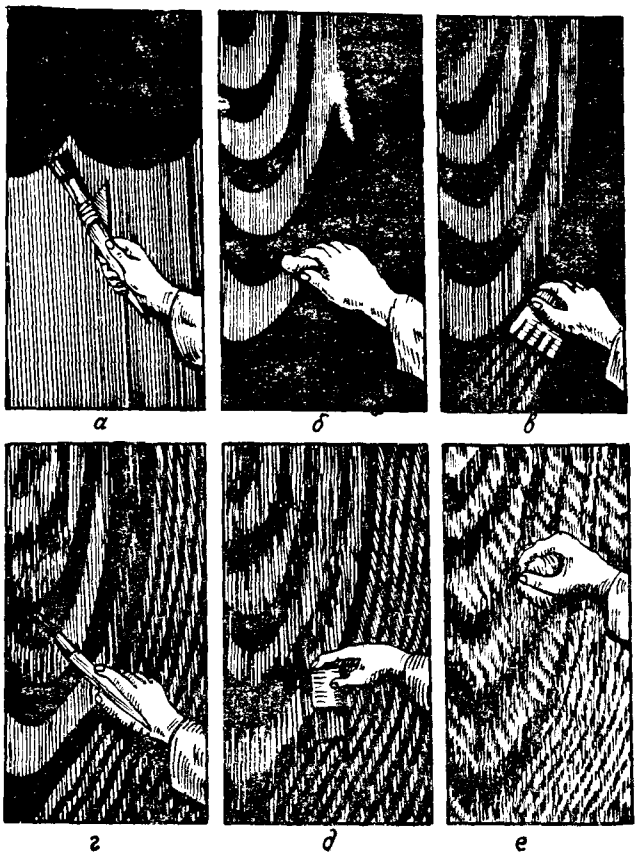


Рис. 51. Последовательные стадии ручной разделки под дуб:
а — нанесение покрывочного слоя; *б* — нанесение рисунка крупных слоев путем удаления при помощи резинки невысохшего покрывочного слоя; *в* — нанесение контура, окаймляющего крупные слои сердцевины при помощи гребня; *г* — выравнивание рисунка крупных слоев с растушевкой каждого слоя филеночными кистями; *д* — создание в рисунке фактора пористости при помощи частых стальных гребней; *е* — окончательная отделка (лессировка и располировка)

чательная отделка производится при помощи светлого масляного лака, например лака 4с и др.

На рис. 52 показан набор стальных и резиновых гребешков для ручной имитационной отделки.

Аэрографический метод имитации. Этот метод нанесения имитационных покрытий, благодаря высокой производительности и

относительной простоты процесса, применяется для отделки мебели и других изделий несложной конфигурации.

Метод основан на применении специального небольшого размера краскораспылителя-аэрографа, имеющего малый диаметр сопла (0,4—0,6 *мм*).

При помощи такого аэрографа по фоновой окраске наносятся основные линии рисунка. В зависимости от скорости перемещения аэрографа, росстояния до окрашиваемой поверхности и дозировки подачи краски на распыление получают тонкие четкие линии или более широкие расплывчатые линии с мягкими переходами и полутонами. При помощи таких линий и полутонов получают элементы текстуры имитируемой породы дерева.

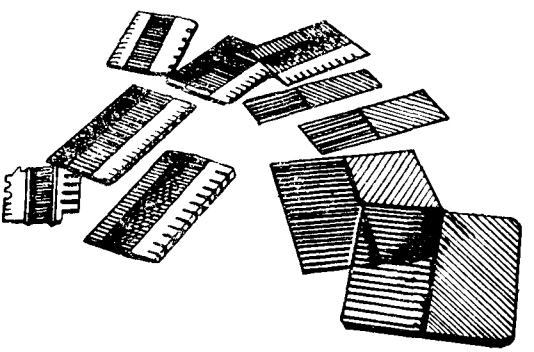


Рис. 52. Набор стальных и резиновых гребешков для ручной имитационной отделки

При аэрографическом методе используют также шаблоны-накладки, благодаря которым рисунок наносится на определенные участки изделий.

Работа с аэрографом требует определенного навыка и художественного вкуса.

Процесс нанесения имитационного покрытия состоит из следующих основных операций: 1) нанесение фонового слоя, 2) нанесение рисунка (линий), 3) наложение оттенков и т. п., 4) нанесение пор [5].

Фоновый грунт наносится после подготовки поверхности масляными эмалями или нитроэмалями. Цвет выбирают, руководствуясь выбранным образцом — оригиналом натуральной древесины. Число слоев обычно не превышает 3. После каждого покрытия следует сушка и шлифование.

Для нанесения рисунка обычно пользуются укрывистыми красками на масляной, смоляномасляной или нитролаковой основе. Краски выбираются в зависимости от примененного грунта. Если грунт выполнен нитроэмалями, применять масляные

краски для нанесения линий не следует. Краски должны иметь вязкость 5—8 сек. по воронке НИИЛКА, дисперсность не выше 5—10 *мк*.

При нанесении тонких линий сопло должно почти касаться окрашиваемой поверхности при скорости перемещения краскораспылителя примерно 1—2 *м/мин*. Ось корпуса краскораспылителя во время работы должна составлять угол в 60—70° по отношению к плоскости отделки.

Для нанесения оттенков используют те же краски, которые были использованы для нанесения линий, либо подбирают другой цвет в зависимости от имитируемой породы. Вязкость краски должна быть немного меньше. Расстояние сопла от окрашиваемой поверхности 150—200 *мм*. Скорость передвижения аэрографа 10—20 *м/мин* при отжатом до отказа курке. Если имитируемая текстура требует нанесения «пор», то это обычно выполняется черными красками на масляной основе. Аэрограф отводят на расстояние 250—300 *мм* от поверхности и быстрым нажатием на курок опыляют поверхность. Далее при помощи сухой мягкой кисти или просто ребром ладони смазывают точечные следы краски, при этом получается подобие «пор».

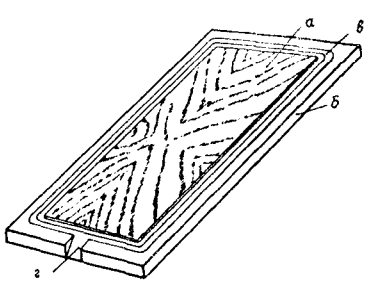


Рис. 53. Клише:

а — рабочая поверхность; *б* — рама; *в* — сборный желоб; *г* — сточный желоб.

Окончательная отделка полученного имитационного покрытия производится при помощи светлых лаков.

Метод печати. Сущность этого метода заключается в нанесении на окрашиваемую поверхность рисунка имитируемой породы дерева или камня при помощи эластичного валика. Принципиально этот метод ничем не отличается от типографского метода глубокой печати [2].

Для имитационной отделки методом печати применяется следующее оборудование: 1) плоское клише, 2) ракельный нож (скребок), 3) печатные валики.

Клише, или печатная форма, представляет собой лист меди или латуни толщиной в 2—3 *мм*, на полированной поверхности которого фотомеханическим путем вытравлен рисунок текстуры древесины, камня и т. д. Клише, получаемое фотографированием оригинала, точно воспроизводит все особенности имитируемого материала. Клише обычно крепится к деревянной раме, имеющей канавки и слив для стока краски (рис. 53).

Ракельный нож служит для удаления избытка краски с клише перед прокатыванием по клише печатным валиком. Ракельный

нож состоит из двух стальных пластин, наложенных одна на другую. Одна из них называется рабочей, заточена на фаску под углом в 15° и предназначена для удаления излишков краски с клише. Другая пластина является опорной и предназначена для поддержания рабочей пластины.

Обе пластины закреплены в оправе болтами или заклепками (рис. 54).

Печатные валики служат для переноса рисунка текстуры с клише на фоновое покрытие. Печатные валики выполняются различной конструкции, размеров и форм в зависимости от выполняемой работы. Рабочая часть печатных валиков выполнена из так называемой вальцмассы, состоящей из желатина и глицерина. Размеры валиков устанавливаются в зависимости от рабочей поверхности клише, но не более 250—300 *мм* в диаметре при длине валика до 500 *мм*.

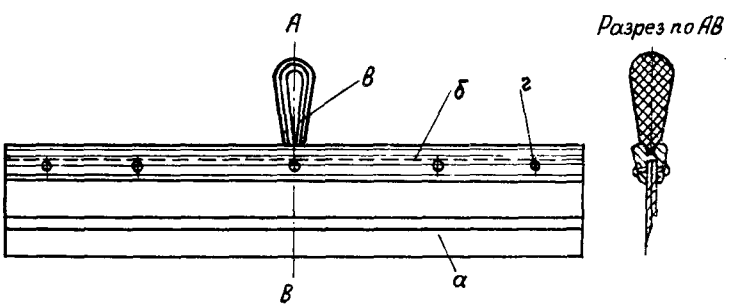


Рис. 54. Ракельный нож:
а — лезвие; *б* — оправка; *в* — ручка; *г* — заклепка

Применяются также штампы в виде деревянного пресс-папье, оклеенного вальцмассой (рис. 55).

В зависимости от времени года применяется следующая рецептура для изготовления вальцмассы.

Составные части	Для летнего времени, %	Для зимнего времени, %	Для осеннего и весеннего времени, %
Глицерин	30—35	60—55	50
Желатин	70—65	40—45	50

В качестве антисептика в указанные массы при варке добавляется фенол или β-нафтол в количестве 0,5—1%. Варка желатиновой массы производится следующим образом: желатин измельчают и в течение 40—50 мин. замачивают в холодной воде. Варку производят в котле, снабженном мешалкой и водяной обогреваемой рубашкой. Сначала заполняют рубашку водой и вклю-

чают пар, одновременно заливают в котел глицерин. При 70—80° загружают небольшими порциями набухший желатин. После полного растворения желатина включают на некоторое время мешалку. Далее мешалку выключают, дают массе отстояться и выливают ее на отливочный стол для формования и остывания.

Полученная масса носит название первичной, она содержит воду и является непрочной. Для обезвоживания первичной массы ее нарезают на небольшие куски и подвергают сушке в течение 3—4 суток при 20—25°.

Просушенные куски первичной массы загружают в варочный котел и варят в течение 2—3 часов. Расплавленной массе дают отстояться в течение 20—30 мин., снимают черпаком пену и отливают ее на гладкую поверхность — стекло.

Раскрой отлитой пластины производится при помощи острого тонкого ножа. Наклейка отлитой пластины на деревянные валики или штампы должна производиться ровно, без перекосов, при помощи столярного клея или нагреванием нелицевой стороны пластины пламенем паяльной лампы. Срезанные кромки заравниваются гладкой стороной металлического нагретого бруска. Ширина стыка вальцмассы должна быть в пределах 15—20 *мм*. *

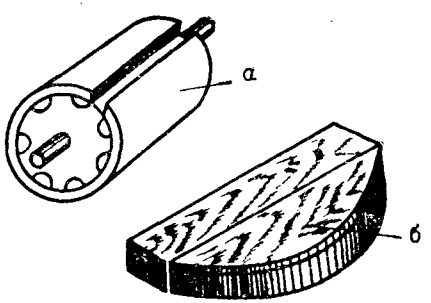


Рис. 55. Печатные валики и штампы: *а* — валик; *б* — штамп

Техника имитационной отделки методом печати состоит из следующих операций: 1) нанесение краски на клише, 2) перенесение рисунка с клише на валик, 3) печатание — накатка рисунка на изделие, 4) ретуширование дефектов накатки и окончательная отделка.

В качестве лакокрасочных материалов для нанесения текстуры с клише на фоновую поверхность применяются специальные пасты для имитации под орех, красное дерево и птичий глаз, выпускаемые по ТУ МХП 1410—48. Для этой же цели можно применять тонкорастертые художественные масляные краски в тюбиках. Вязкость краски должна быть около 4 мин. по воронке НИИЛКа. В случае необходимости пасту разбавляют скипидаром или уайт-спиритом.

На промытое уайт-спиритом и растворителем № 646 и протертое насухо клише деревянным шпателем наносят на верхнюю

* В Ленинградском отделении Лакокраспокрытие разработан метод изготовления бесшовного желатинового валика.

кромку клише около 125—150 *г* красочной пасты. После этого берут ракель в обе руки так, чтобы рабочая пластина была обращена к себе, а опорная — наружу, накладывают острую кромку на верхнюю часть клише под углом 25—30° и протягивают ракель на себя. Эту операцию повторяют до тех пор, пока краска равномерно не покроет все углубления вытравленного рисунка. Затем рисунок переносят с клише на валик. Эту операцию проводят прокаткой валика по поверхности клише. Прокатку можно производить вдоль клише или поперек за один проход.

Валик нужно осторожно наложить на клише так, чтобы стык слоя вальцмассы был обращен к работающему. При легком нажиме на рукоятки прокатывают валик от себя, не допуская скольжения, проскальзывания и уклонения в сторону. После этого плавно снимают валик и осматривают полученный оттиск под некоторым углом. Оттиск не должен иметь смазанных мест и пятен. При обнаружении дефектов валик протирают мягкой ветошью, смоченной бензином, и повторяют всю операцию снова.

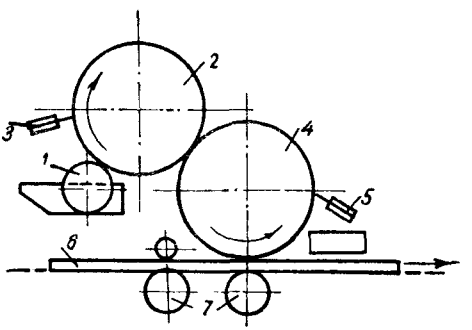


Рис. 56. Схема станка для нанесения рисунка на плоские изделия

Детали, на которые наносится рисунок при помощи печатного валика, должны быть заблаговременно подготовлены, т. е. загрунтованы, зашпатлеваны, отшлифованы, и иметь хорошо высушенное фоновое покрытие. Фоновое покрытие в зависимости от имитируемой породы должно иметь соответствующий колер. Для грунтового слоя и фонового покрытия можно применять лакокрасочные покрытия на масляной, глифталевой и нитроцеллюлозной основе.

На глифталевой основе вырабатываются грунты (ТУ МХП 263—48) для имитации под ореховое дерево, красное дерево, птичий глаз и карельскую березу. Нитрогрунты для имитации (ТУ КУ 171—50) помимо этих цветов выпускаются также под полисандру, чинару и ясен.

После каждого проката валик должен быть протерт мягкой ветошью, смоченной в уайт-спирите, для удаления краски, а затем протерт насухо. Для устранения мелких недостатков, например отдельных точечных пропусков в стыковых соединениях и т. д., производят ретуширование полученного слоя при помощи небольших кисточек и печатной краски.

Для нанесения имитационных покрытий применяют также

специальные станки, служащие как для перенесения рисунка с клише на желатиновые валики, так и для нанесения рисунка на изделие. Схема подобного станка приведена на рис. 56. Краска при помощи валика *1* наносится на цилиндрическое клише *2*. Избыток краски снимается ракелем *3*. Желатиновый валик *4* передает изображение на изделие *6*, передвигаемое при помощи транспортирующих валиков *7*. Специальный ракель *5* служит для удаления остатков краски. Подобное устройство применяется для нанесения рисунка на плоские изделия — фанерные, облицовочные плиты. Технологический процесс имитационной отделки поверхности металла под красное дерево, орех или другую породу древесины состоит из следующих отдельных операций:

1) подготовка поверхности металла к нанесению покрытий по обычной технологии, нанесения грунта 138 для черных металлов или грунта АЛГ-5 для легких металлов и цинка, сушки при 100—110° в течение 0,5—1,0 часа;

2) шпатлевания всей поверхности шпатлевкой ЛШ-1, с последующей сушкой при 100—110° в течение 30—40 мин.;

3) шкуровки шпатлеванной поверхности водостойкой наждачной бумагой зернистостью 140—180, с последующей обдувкой сжатым воздухом, нанесения краскораспылителем первого слоя глифталевой имитационной фоновой грунтовки при рабочей вязкости 22—25 сек. по воронке ВЗ-4, сушки при 100—110° в течение 30 мин.;

4) второго шпатлевания шпатлевкой ЛШ-1, с последующей сушкой в течение 30—40 мин. при 100—110°, шлифовки поверхности водостойкой наждачной бумагой зернистостью 180—220, нанесения второго слоя имитационной фоновой глифталевой грунтовки с последующей горячей сушкой;

5) шлифовки всей поверхности наждачной бумагой зернистости 220—280, нанесения на клише имитационной пасты, предварительно разведенной чистым ксилолом, снятия избытка пасты с поверхности клише ракельным ножом, перенесения рисунка текстуры клише на желатиновый валик, перенесения рисунка текстуры с валика на подготовленное изделие, сушки рисунка текстуры при 70—80° в течение 30 мин.;

6) нанесения 2—3 слоев бесцветного защитного нитролака, с промежуточной сушкой каждого слоя в течение 30—40 мин. при 18—25°;

7) шлифовки нитролакового покрытия водостойкой шлифовальной бумагой зернистости 280—320, полировки нитролаковой пленки полировочной водой при помощи цигейки.

В качестве защитного лака пригодны лаки на нитро- и на нитроглифталевой основе, например № 930 (ТУ МХП 270—41), лак № 754 (ГОСТ 4576—49) и др. Вязкость лака 22—25 сек. по воронке ВЗ-4. В случае неудачного отпечатка рисунка сразу же

после нанесения отпечаток смывается с фонового покрытия ксилолом или уайт-спиритом, и после высыхания растворителя рисунок наносится повторно.

Если от имитируемой поверхности не требуется зеркального блеска, полировка нитролакового покрытия не производится.

При нанесении имитационных покрытий по дереву применяются имитационные фоновые нитрогрунты и нитрошпатлевки.

4. РАЗДЕЛКА НАБРЫЗГОМ, ТОРЦЕВАНИЕ, ЗОЛОЧЕНИЕ И БРОНЗИРОВКА

Разделка набрызгом заключается в нанесении на окрашенную поверхность отдельных брызг краски, отличающейся по цвету от основного фона. Для получения необходимого декоративного эфекта должное внимание следует уделять правильному

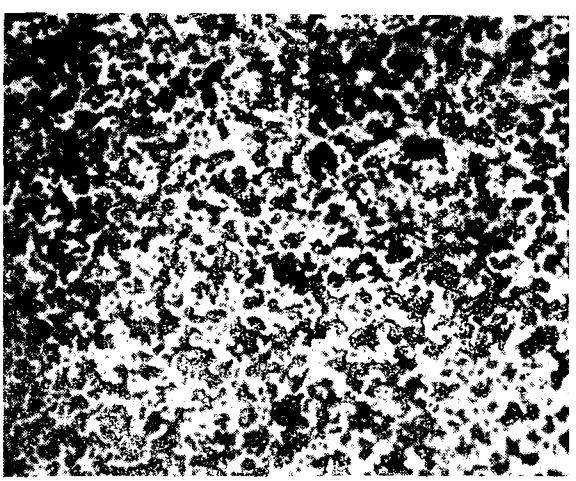


Рис. 57. Внешний вид покрытия, получаемого „набрызгом"

подбору колера набрызгов. Колера должны гармонировать как между собою, так и с общим фоном. Обычно по светлому фону наносят брызги более темного цвета. Применяется также и многоцветный набрызг. При этом способе разделки можно варьировать также величину брызг.

Набрызг наиболее просто и быстро можно производить при помощи краскораспылителя. Для этой цели необходимо уменьшить давление воздуха и производить кратковременное нажатие на курок. Внешний вид покрытия, получаемого по этому способу, показан на рис. 57.

При ручном методе набирают краску на кисть, подносят ее к окрашенной поверхности и слегка ударяют кистью о палку, которую держат в левой руке.

Существуют также специальные устройства для набрызга, выполненные в виде узкой ванночки длиной 20 *см*, в которую наливают готовую колерную краску. В ванне помещается вращающаяся цилиндрическая щетка, которая производит набрызг.

Торцевание производится с целью получения поверхности изделия с текстурой, напоминающей гусиную кожу. Способ заключается в том, что нанесенное покрытие на основе масляной эмали в начальной стадии сушки обрабатывают частыми короткими ударами специальной торцовочной кистью, в результате чего на поверхности остаются небольшие бугорки. Такая обработка маскирует дефекты механической обработки изделия и дает приятную для глаза текстуру.

Выпускаются специальные торцовочная эмаль черная № 1506, бежевая № 1508 и зеленая № 1511.

Непосредственно перед нанесением покрытия эмаль фильтруют через сетку, имеющую 1200 *отв/см*^{2}. Вязкость эмалей должна быть 30—35 сек. по воронке НИИЛКа (сопло № 7). В случае необходимости эмаль разбавляют ксилолом, сольвентом, уайт-спиритом или скипидаром. Эмаль, разбавленную до необходимой вязкости, подогревают до 60—70° в сушильном шкафу, обогреваемом паровым змеевиком или паровой рубашкой, и выдерживают при этой температуре не менее 1 часа. После подогрева эмаль охлаждают до 18—23°.

Подготовку и грунтование изделий производят обычным способом. По загрунтованной поверхности щетинной кистью № 12—16 равномерным слоем наносят торцовочную эмаль, спустя 7—10 минут после нанесения эмали поверхность ее торцуют при помощи специальной торцовочной кисти, изготовленной из хребтовой щетины. Если образующиеся при этом бугорки пропадают — это указывает, что торцовка начата преждевременно, если краска тянется за кистью, то время для торцовки упущено.

После окончания торцовки покрытие высушивается при 18—23° в течение 3—4 часов и только после этого можно изделие подвергнуть сушке при 80—100° в течение 2—3 часов.

Золочение производится путем оклеивания особым образом подготовленной поверхности тончайшими листиками золота (до 0,01 микрона). Наряду с настоящим золотом применяют и поддельное золото (поталь).

Различают масляное (морданное) золочение, при котором золотая пленка наклеивается при помощи специального масляного лака, называемого лак-мордан, и клеевое золочение (на полименте). Клеевое золочение применяется только для деревянных и гипсовых изделий, не подвергающихся атмосферным воздей-

ствиям. Масляное золочение может быть применено к любой поверхности. Весьма ответственной частью работы является подготовка поверхности под золочение. При золочении поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям, необходимо нанесение атмосфероустойчивых лакокрасочных покрытий.

В качестве грунта обычно используется свинцовый сурик на натуральной олифе, грунт 138 и др. Для выравнивания поверхности используются лаковые шпатлевки. На зашпатлеванную и тщательно зашлифованную поверхность наносится атмосфероустойчивый лак, например янтарный, пигментированный золотистой охрой. Далее на высохший слой наносится очень тонкий слой лака-мордан (ВТУ КУ 287—52) и на отлип производится наложение золота. Лакокрасочное покрытие должно иметь гладкую и блестящую поверхность, так как лишь в этом случае изделие приобретает вид настоящего металлического золотого изделия.

Весь процесс масляного золочения состоит из следующих операций: 1) подготовки поверхности металла (удаление ржавчины, грязи, жира), 2) нанесения грунта, 3) заделки лаковой подмазкой отдельных дефектов, 4) 2—4-кратного шпатлевания с последующим шлифованием каждого слоя после высыхания, 5) нанесения грунта по шпатлевке, 6) нанесения атмосфероустойчивого лака, пигментированного золотистой охрой, 7) нанесения лака-мордан, 8) снятия ватным тампоном излишка лака-мордан, 9) наложения листиков золота на отлип после частичного высыхания лака-мордан, 10) закрепления золота и снятия излишков золота [4].

Под *бронзировкой* понимают нанесение на поверхность изделий металлических порошков — меди, бронзы или алюминия. Бронзировка обычно производится путем нанесения лаков, пигментированных бронзовыми порошками. Эти порошки вводят в лаки непосредственно перед окраской. В качестве лака применяются различные тощие масляно-смоляные лаки, например лак № 8, нитролаки, лаки на алкидных и других смолах.

Применяется также бронзировка на «отлип», т. е. нанесение порошков на поверхность частично высохшего лака (например, лака № 4с). В этом случае бронзовый порошок наносят при помощи сухой мягкой кисти или ватного тампона.

Можно также наносить на липкую поверхность металлические порошки при помощи краскораспылителя. В этом случае порошки разводятся на спирте или бензине. В процессе распыления жидкости быстро испаряются и оставляют металлический порошок, прочно сцепляющийся с липкой поверхностью не совсем высохшего лака.

После высыхания лака удаляют излишек порошка бронзы. Для окончательной отделки поверхности покрывают бесцветным лаком при помощи краскораспылителя.

5. ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ: КРИСТАЛЛАКИ, «МУАР»; ТРЕСКАЮЩИЕСЯ КРАСКИ; ПОКРЫТИЕ «КРИСТАЛЛИТ»

Кристаллаки. Декоративное покрытие, напоминающее кристаллы льда на оконных стеклах, может быть получено при применении лаков с добавкой органических соединений, кристаллизующихся при испарении растворителя. В качестве подобных органических соединений применяется фталевый ангидрид, *п*-дихлорбензол, мочевина, салициловая кислота, нафталин и др. Эти

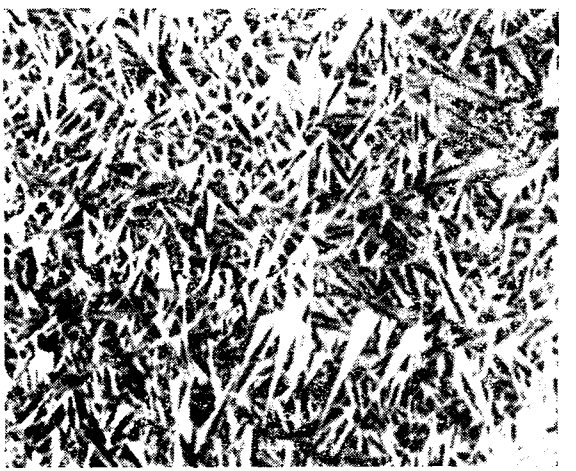


Рис. 58. Покрытие на основе кристаллака

лаки, известные под названием кристаллаков, не получили широкого практического применения. Внешний вид покрытия на основе такого лака показан на рис. 58.

Для получения декоративной отделки широко применяется масляный лак № 331 «мороз», представляющий собой раствор в органическом растворителе эфира гарпиуса в смеси с тунговым и высыхающими маслами (сырых и препарированных) с добавлением сиккатива.

При высушивании в определенных условиях лак «мороз» дает декоративное «кристаллическое» покрытие, обладающее невысокой механической прочностью; с течением времени происходит потускнение узора.

Нанесение лака производится на предварительно окрашенные поверхности. Для окраски можно применять эмалевые краски различных цветов. Предпочтительно применять масляно-глифталевые эмали горячей сушки.

Лак «мороз» в случае необходимости доводят до вязкости 5—7 сек. по воронке НИИЛК при помощи уайт-спирита и обычно наносят на поверхность краскораспылителем равномерным слоем без подтеков и наплывов. При кистевом способе трудно получить равномерную толщину покрытия.

При нанесении толстых слоев лаковой пленки получаются более крупные узоры кристалла. Величина узоров сочетается с размером окрашиваемых деталей.

Основной операцией получения декоративного покрытия является проявление кристаллического узора в специальной сушильной камере. У пода камеры устанавливаются керосиновые или газовые горелки для создания атмосферы, насыщенной продуктами неполного сгорания углерода. Температура в камере 55—65°. Принудительная вентиляция в камере не делается.

Изделия на специальных подвесках или сетчатых противнях устанавливаются в камере с таким расчетом, чтобы продукты сгорания могли равномерно омывать окрашенную поверхность.

Процесс выявления рисунка продолжается около 25 минут и зависит от толщины пленки, расположения изделия по отношению к горелкам и т. д.

При неполном выявлении рисунка покрытия получаются глянцевыми, и наоборот, при излишней продолжительности выявления рисунки получаются матовыми, белесоватыми.

После выявления рисунка изделия извлекаются из камеры и подвергаются сушке при обыкновенной температуре в течение 24—36 часов.

Если после выявления рисунка обнаруживаются какие-либо дефекты, то лак можно смыть бензином, пока пленка еще сырая, и нанести его снова. Нужно обратить внимание на влажность воздуха в помещении, в котором производят окраску и проявление лака. Влажность свыше 65% допускать не следует, так как при высокой влажности покрытие получается чрезмерно матовым.

Морщинистые краски «муар». Эти краски представляют собой смесь пигментов, затертых на глифталевой разводке с добавлением уплотненного тунгового масла, сиккатива и растворителя.

При определенном режиме сушки они дают морщинистый узор, напоминающий по внешнему виду тисненую кожу. Образование рисунка обусловливается наличием в эмали тунгового масла. Пленка высохшей эмали отличается эластичностью, атмосфероустойчивостью и длительным сроком службы. Эмали «муар» нашли применение для декоративной отделки лабораторного оборудования, инструментов, приборов, настольных ламп, радиоаппаратуры, счетных и пишущих машин и т. д.

Эмали «муар» изготовляются различных цветов (ТУ МХП 4234—54, 1702—49 и 1742—48). Эмали следует разводить кси-

лолом, уайт-спиритом, сольвент-нафтой. Скипидар употреблять не следует, так как он способствует хорошему розливу эмали и замедляет образование морщин. Фактура покрытия, т. е. размер рисунка (мелкой, средней и крупной), зависит от вязкости эмали и толщины наносимого слоя. Получение равномерного рисунка может быть достигнуто только при нанесении эмали краскораспылителем.

ТАБЛИЦА 44

Технические характеристики и режим сушки для эмалей «муар»

Показатели	Марки эмалей «муар»			
	№ 25 черная	№ 23 темно-серая	№ 9 коричневая № 16 синяя № 21 красная	№ 4 бежевая № 10 защитная № 13 зеленая № 15 голубая № 24 серая
Вязкость по воронке ВЗ-4 при 18—20°, сек			—	—
для мелкого рисунка	40—48	40—48	—	—
для среднего рисунка	70—80	70—80	67—75	65—75
для крупного рисунка	100—110	100—120	100—120	100—120
Расход эмали, *г/м²*				
для мелкого рисунка	170—180	170—180	—	—
для среднего рисунка	190—200	190—200	170—180	170—180
для крупного рисунка	210—230	210—230	190—210	190—210
Время, необходимое для проявления рисунка в термостате при температуре 80 ± 5°, мин.	25—40	25—40	25—40	25—40
Сушка покрытия после проявления рисунка				
Температура, °С	160—170	150—160	90—100	75—80
Время сушки, часы . .	2	3	14—17	12—15

Окраска кистью или окунанием не дает возможности получить равномерный рисунок. Трудно получить также равномерный рисунок на деталях со сложной конфигурацией.

Эмали «муар» наносятся как по грунту, так и без грунта. Цвет грунта целесообразно подбирать под цвет эмали муар. Допускается нанесение эмалей непосредственно по металлу изделия. Подготовку поверхности под окраску в большинстве случаев можно ограничить устранением с поверхности только крупных дефектов, например заусениц, выбоин и т. д., без тщательной шпатлевки, так как мелкие дефекты хорошо скрываются образующимся морщинистым рисунком.

Сразу же после нанесения муаровые покрытия подвергают сушке. Сушка производится в сушильных камерах или термостатах в две стадии при строгом соблюдении температурного режима. Сначала проявляют рисунок, после чего покрытие подвергают окончательной сушке при повышенной температуре.

Если при соблюдении соответствующего режима пленки эмали не образуют узора, то в эмаль следует добавить 5—6% сиккатива № 64. Для декоративной отделки приборов, подвергающихся влиянию температуры от +60 до —60°, применяются термостойкие эмали муар марок 9Т — коричневая, 10Т — защитная и 29Т — шаровая.

Технические характеристики и режим сушки эмалей муар приведены в табл. 44.

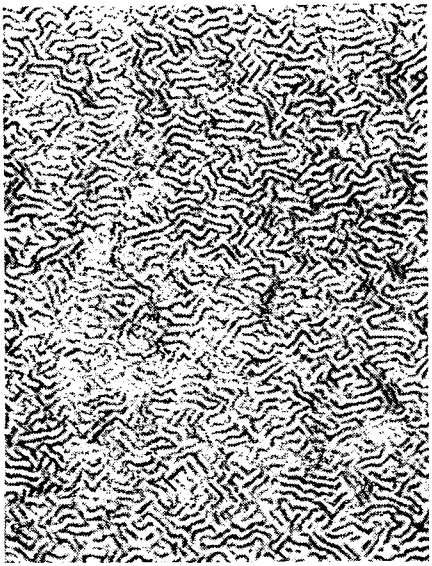
Трескающиеся краски. Для декоративной отделки применяются так называемые трескающиеся краски, создающие на поверхности изделия имитацию крокодиловой кожи [7].

Выпускаемые по ТУ МХП 719—41 трескающиеся черные нитрокраски содержат летучие растворители, значительное количество пигментов и малое количество нитроклетчатки. Отсутствие в краске пластификатора и быстрое испарение растворителя обусловливают очень большую и быструю усадку красочной пленки, в результате чего она трескается, образуя ломаные линии разрыва. При растрескивании и усадке красочного слоя обнажается подслой. Применяя в качестве подслоя под трескающуюся эмаль нитроэмали различных цветов (НКО, ДМ, ДМО и др.), можно получить различные цветные композиции.

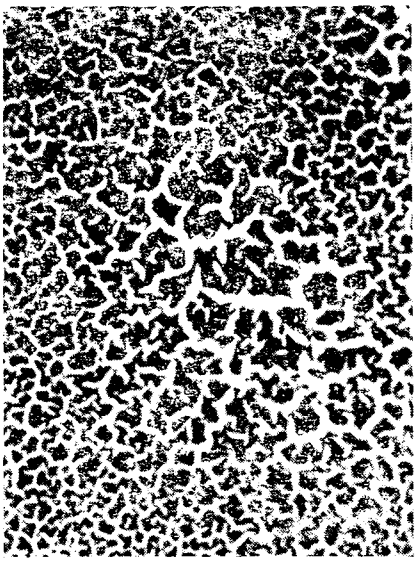
Нанесение трескающейся краски производится на подготовленную, загрунтованную, окрашенную поверхность деталей. Рабочая вязкость краски колеблется в пределах 20—60 сек. по ВЗ-4. Для получения мелкого узора следует применять более разбавленную краску и наоборот.

Разбавление краски до требуемой вязкости производят растворителем РДВ или ацетоном непосредственно перед нанесением краски. Краски наносятся краскораспылителем при давлении 1,5—2 *ата* равномерным слоем без наплывов и потеков. Расстояние между краскораспылителем и окрашиваемым изделием должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы избежать высыхания краски до попадания ее на поверхность изделия. Необходимо также следить, чтобы краска наносилась на хорошо просушенную подложку. После полного высыхания трескающегося лака примерно через 30—40 минут изделие покрывают каким-либо бесцветным нитролаком (АВ-4 и т. д.) или цветной нитроэмалью для получения однотонного узора.

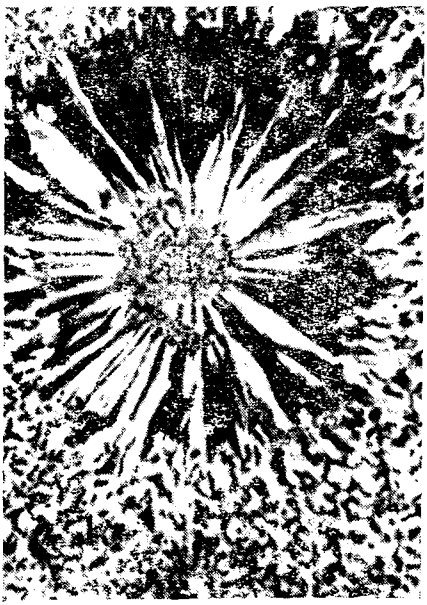
Покрытие «кристаллит» представляет собою сочетание гальванического и лакокрасочного покрытия. Изделия сначала подвергаются гальваническому лужению, после чего сплавле-



а



б



в

Рис. 59. Внешний вид некоторых декоративных покрытий:

а — муар; *б* — трескающиеся покрытия; *в* — кристаллит

нием выявляется кристаллический рисунок. Путем нанесения прозрачных цветных лакокрасочных покрытий получают эффектное декоративное покрытие различных цветов и оттенков [8].

Для гальванического лужения можно применять как кислые, так и щелочные электролиты. Толщина слоя покрытия должна быть примерно 2—3 *мк*.

Сплавление полученных тонких гальванических покрытий производят в электропечах при 300—400°. Длительность процесса сплавления зависит от веса изделий и колеблется от 2 до 30 мин. Нужно следить, чтобы во время сплавления оловянное покрытие не окислилось. Цвет покрытия при сплавлении становится соломенно-желтым.

Дальнейший процесс обработки сводится к охлаждению изделия, при этом происходит кристаллизация сплавленного покрытия. Проявление кристаллического узора на сплавленных оловянных покрытиях может быть также произведено травлением в 4—5% растворе соляной кислоты при комнатной температуре. Для этого изделие погружают примерно на 8—10 минут в указанный раствор до выявления четкого рисунка.

Более яркий и рельефный узор получается при электролитической катодной обработке оплавленного покрытия в электролите, содержащем 50 *г/л* сернокислого олова, 50 *г/л* серной кислоты и 50—80 *г/л* сернистого натрия. Плотность тока 0,1—0,3 *а/дм*^{2}, продолжительность обработки 5—7 минут.

После получения рисунка на поверхность деталей наносят прозрачные (окрашенные или бесцветные) лаки, например на нитроцеллюлозной основе. Покрытия, получаемые по этому методу, отличаются высоким декоративным эффектом и применяются для отделки электромеханических приборов, настольных ламп и т. д.

На рис. 59 изображен внешний вид текстуры покрытия «муар», трескающимися эмалями и «кристаллит».

6. ПОКРЫТИЕ «ПОД ЧЕКАНКУ» (МОЛОТКОВОЕ)

На покрытиях «муар», «мороз» и др. легко скапливается пыль, и они с трудом поддаются очистке. Гладкие декоративные покрытия, не имеющие указанных недостатков и позволяющие маскировать мелкие поверхностные дефекты металла, могут быть получены на основе некоторых пленкообразующих веществ, алюминиевой пудры, минеральных и органических пигментов.

Покрытие по внешнему виду напоминает характерные узоры, получаемые при проведении металлических чеканных работ. Указанный эффект достигается при применении невсплывающей алюминиевой пудры, которая под действием поверхностного натяжения собирается в отдельных участках и придает покрытию своеобразную сетевидную структуру (рис. 60).

Вторым непременным условием для получения декоративного эффекта является применение пленкообразующих основ, обладающих повышенным поверхностным натяжением.

Алюминиевая пудра получается путем размола в шаровых мельницах алюминиевого порошка в присутствии уайт-спирита и жирных кислот — стеариновой или олеиновой.

В процессе размола шарообразные частицы алюминия приобретают форму очень тонких чешуек. Перед началом размола содержание окислов составляет около 0,2%. В процессе размола

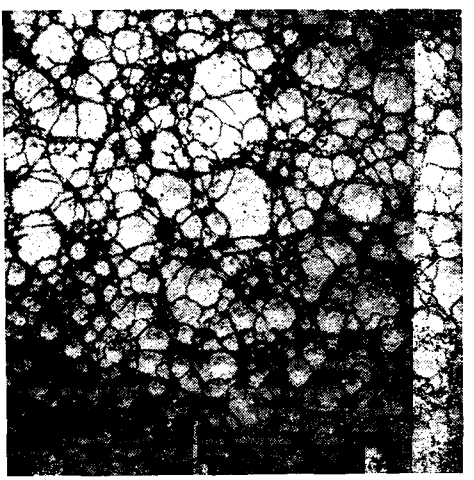


Рис. 60. Имитация „под чеканку"

происходит увеличение поверхности, алюминий окисляется и в то же время поглощает из раствора жирные кислоты.

В конечном итоге алюминиевые чешуйки содержат до 4—5% окислов и до 0,5—3,0% жирных кислот. Характер жировой пленки на поверхности алюминиевой пудры определяет, будет ли пигмент всплывающим или невсплывающим.

Олеиновая кислота дает невсплывающий пигмент, а стеариновая — всплывающий. Невсплывающий пигмент может быть получен также при обработке всплывающей алюминиевой пудры свинцовым, кальциевым или цинковым мылом или активным полярным растворителем.

При применении только одной алюминиевой пудры покрытие имеет серебристо-серый цвет. Для усиления металлического эффекта и получения зеленого, синего, золотистого и других цветов вводятся в краску минеральные и органические пигменты. В качестве последних применяются фталоцианиновые пигментные красители. Ярко-красный, оранжевый, желтый, а также белый

и черные цвета не могут быть получены. В табл. 45 приведена рецептура цветных паст.

ТАБЛИЦА 45

Рецептура цветных паст
(в вес. %)

Составные части	Зеленая	Синяя	Золотистая
Пигмент зеленый фталоцианиновый	20	—	—
Пигмент голубой фталоцианиновый	—	20,1	—
Желтая окись железа (золотистая)	—	—	19,8
Алкидная смола (55%-ный раствор)	53	52,2	41,5
Ксилол	27	27,7	38,7

В качестве лаковой основы применяются: 1) стиролизованные масляные алкидные лаки, 2) глифталевые или пентафталевые смолы с добавлением мочевино-, меламино-формальдегидных смол и др. Хорошие результаты дает применение алкидно-стирольного лака 395-I (ТУ КУ-307—56) или лака УВЛ-3 (ТУ КУ-425—55).* Для усиления декоративного эффекта в краску вводят кремне-органические смолы. Вязкость готовой краски должна быть в пределах 60—70 секунд по воронке ВЗ-4 при 18—20°. В качестве растворителя применяется ксилол, а также небольшое количество бутилового спирта. Полезно добавлять незначительные количества метилизобутилкетона или циклогексанона.

Примерная рецептура краски для получения покрытия «под чеканку» приведена в табл. 46.

ТАБЛИЦА 46

Рецептура краски для покрытия «под чеканку» (в вес. %)

Составные части	Зеленая	Синяя	Золотистая	Серебристо-серая
Алюминиевая пудра невсплывающая	7,4	7,4	5,7	8,2
Цветная паста (соответствующего цвета)	9,9	9,9	30,5	—
Лак УВЛ-3 или лак 395-1	82,7	82,7	63,8	91,8

Краска наносится при помощи краскораспылителя. Сначала наносится тонкий слой краски, а затем после непродолжительной сушки (20—30 мин.) на не полностью высохший слой наносят

* Рецептура покрытий «под чеканку» разработана Б. Л. Агранат, Е. С. Гуревичем, И. А. Жолондзь и др.

второй, более толстый слой. Декоративный эффект может быть усилен набрызгиванием растворителя по еще невысохшему слою краски. В зависимости от примененного пленкообразующего вещества окончательная сушка покрытия производится при нормальной температуре или при 100—120°.

7. ОТДЕЛКА ВСПЛЫВАЮЩИМИ КРАСКАМИ. ОТДЕЛКА ПОД ЗАМШУ ИЛИ СУКНО. ДЕКАЛЬКОМАНИЯ

Отделка при помощи всплывающих красок. Процесс получения декоративных многокрасочных узоров, напоминающих мрамор или ценные породы камней, по способу так называемой *плавающей пленки* состоит из следующих операций. На поверхность воды, налитой в какой-либо сосуд, набрызгивают в различных комбинациях капли жидких эмалевых красок двух или более цветов. При этом краски растекаются по поверхности воды и образуют пленку, имеющую разнообразные узоры.

Предварительно подготовленную и загрунтованную поверхность изделия погружают на короткое время или приводят в соприкосновение с плавающей на воде красочной пленкой и таким образом переводят ее на изделие. Во время перевода пленки на изделие необходимо следить, чтобы между изделием и поверхностью воды не оставался воздух. Сушка окрашенных по этому методу изделий производится при нормальной или повышенной температуре. После высыхания красочного слоя производится нанесение бесцветного лака. Метод пригоден для изделий, имеющих несложную конфигурацию.

В качестве грунта обычно применяется глифталевый грунт № 138. Для фонового покрытия пригодны нитроэмали марок ДМ, ДМО, НКО и др.

И. А. Жолондзь (Л. О. «Лакокраспокрытие») рекомендует для получения «плавающей пленки» пользоваться художественными густотертыми красками с добавкой масляных лаков № 5 или № 6, предварительно разведенными равной смесью скипидара и авиационного бензина. Вязкость полученной разведенной краски должна быть 15—17 сек. по воронке ВЗ-4. Фоновое покрытие может быть однотонным или выполнено из отдельных пятен и полос различного цвета и формы.

Отделка под замшу, плюш или сукно. Этот вид отделки известен также под названием фетрование. Сущность метода заключается в нанесении на невысохшую пленкообразующую основу мелких однородных текстильных волоконцев, которые, удерживаясь на поверхности, после высыхания основы дают имитацию сукна, плюша или замши. Покрытия не обладают высокой прочностью и обычно используются для отделки внутренних полостей оптических приборов, футляров, игрушек и т. п.

В качестве текстильных волоконцев так называемого кнопа могут быть использованы шерстяные очесы, а также другие короткие волоконца хлопка, искусственного шелка и т. п. В качестве грунта обычно используется специальный глифталевый грунт «под серое сукно» (ТУ МХП 263—48).

Технологический процесс отделки состоит из следующих операций: на загрунтованную и высушенную поверхность изделия наносят при помощи краскораспылителя пленкообразующую основу в виде лака или эмали такого же цвета, как и текстильный порошок. В качестве пленкообразующей основы применяется поливинилацетатная эмульсия, различные эластичные лаки на глифталевых или других смолах. Можно применять также нитролаки и нитроэмали, но в этом случае должны применяться высококипящие растворители, чтобы высыхание происходило медленно.

После частичного высыхания слой нанесенного связующего становится вязким и клейким и на него наносят текстильный порошок распылением при помощи специального распылителя или просеиванием через сито. Нанесение порошка производят также в электростатическом поле. В последнем случае можно получить покрытие, по внешнему виду напоминающее плюш.

После нанесения текстильного порошка изделие подвергается сушке при нормальной температуре или при нагревании до 60—80°. После высыхания покрытия излишки и неприставшие волоконца удаляют при помощи щетки.

Декалькомания. Этот метод осуществляется по принципу детских переводных картинок и находит применение в машиностроении, приборостроении, а также при изготовлении различных товаров широкого потребления [1].

При помощи декалькомании на металлическую или другую поверхность наносят надписи, фабричные знаки, шкалы, орнаменты, различные художественные изображения, текстуры ценных пород дерева и т. д.

Для осуществления этого метода на специальной бумаге, покрытой клеевым слоем, литографским путем изготовляют однокрасочные или многокрасочные отпечатки, так называемые «калькомы». Если такой отпечаток увлажнить водой и прижать к поверхности изделия, то красочная пленка благодаря размягчению клеевого слоя отделяется от бумаги и приклеивается к изделию. При изготовлении типографским путем отпечатков изображение наносится в обратном зеркальном порядке. Для получения надлежащей фоновой подложки при изготовлении отпечатков на бумагу наносится сплошной красочный слой.

Процесс перевода изображения с бумаги на изделие сводится к следующему: на лицевую сторону калькомы, а также на поверхность изделия наносится тонкий слой быстросохнущего

масляно-смоляного лака. После частичного высыхания лака (имеющего отлип) калькому накладывают на изделие и плотно прижимают тампоном, а затем прикатывают резиновым валиком, следя за тем, чтобы не было морщин. Затем калькому смачивают при помощи губки водой и осторожно отделяют бумагу-основу от изображения, закрепленного на лаковой основе.

Остатки клея на изображении осторожно удаляют при помощи тампона. После естественной или искусственной сушки на поверхность всего изделия или только на переведенное изображение наносится слой прозрачного лака.

Калькóма может быть также получена с прямым (читаемым) изображением, и в этом случае изображение переносится по методу сдвига. При сдвижной декалькомании сначала сдвигают, а затем совсем снимают отпечатанное лакокрасочное изображение с увлажненной калькомы. Отделенная от бумаги красочная пленка тотчас же накладывается на сухую поверхность изделия. Наносить на изделие предварительно лак не следует, так как приклеивание происходит за счет имеющегося на красочной пленке декстринового слоя. Кроме того, эта же красочная пленка имеет поверхностный лаковый слой, поэтому дополнительная защита лаком необязательна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Воробьев, Переводные изображения. Искусство, 1952.
2. А. А. Латышев, Имитация древесины методом глубокой печати. КОГИЗ, 1951.
3. Г. А. Мищенко, Отделка мебели, Госгизместпром, 1952.
4. А. С. Николаев, Работы позолотчика, Гос. Архитектурное издательство, 1949.
5. А. Е. Суржаненко, Малярные и альфрейные работы, Трудрезервиздат, 1956.
6. А. Я. Рево, Малярные и альфрейные работы, Изд. Строительные материалы, 1940.
7. Г. В. Филаретов, Е. В. Сережников, Антикоррозионные и декоративные покрытия металлов, КОГИЗ, 1952.
8. А. П. Эйчис, Декоративные покрытия металлов, Машгиз, Киев, 1955.
9. Paint Oil and Chemical Review 119, № 14 и № 15 (1956).
10. Н. В. Одноралов, Декоративная отделка металлических изделий широкого потребления, Росгизместпром, 1954.

Глава XII

ОКРАШИВАНИЕ И ЛАКИРОВАНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ОКРАШИВАНИЕ И ЛАКИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ

Окрашивание и лакирование ткани, кожи, бумаги и других материалов, имеющих волокнистое строение, значительно отличается от покрытий по металлу.

Благодаря пористости поверхности, лаки и краски, нанесенные на волокнистый материал, проникают в него на значительную глубину и склеивают между собой отдельные нити и волокна, из которых состоят эти нити.

На рис. 61 приведена схема покрытия на поверхности волокнистого материала.

Учитывая проникновение лакокрасочных материалов внутрь основы, лакокрасочные покрытия по волокнистому материалу, в отличие от покрытий по металлу, не могут рассматриваться как поверхностные покрытия. Однако, как и при покрытиях по металлу, сцепление лаковой пленки с покрываемой основой будет зависеть от величины удельной поверхности, смачиваемой лакокрасочным материалом.

Эта поверхность состоит из «наружной», видимой поверхности ткани или кожи и «внутренней» поверхности, т. е. смоченных волокон. Чем глубже проникает лак (или краска) в волокнистый материал, тем меньшее значение будет иметь величина «наружной» видимой поверхности этого материала по сравнению с величиной «внутренней» поверхности всех волокон и нитей, смоченных лаком.

Величина поверхности, смачиваемой лакокрасочными материалами, определяется глубиной пропитки волокнистого материала и зависит от следующих основных факторов:

1. Плотности упаковки волокон в волокнистом материале: чем плотнее упаковка, тем хуже пропитка.

2. Смачивающей способности лакокрасочных материалов; чем меньше поверхностное натяжение на границе лак — поверхность волокна, тем глубже пропитка.

3. Вязкости лакокрасочных материалов. С уменьшением вязкости лака или краски увеличивается глубина пропитки. Поскольку с повышением температуры вязкость падает, подогретые лаки лучше пропитывают ткань.

4. Скорости высыхания лакокрасочных материалов. Глубина пропитки будет увеличиваться с уменьшением скорости высыхания. Скоросохнущий лак может перейти в твердую фазу раньше, чем будет пропитана значительная часть волокнистого материала.

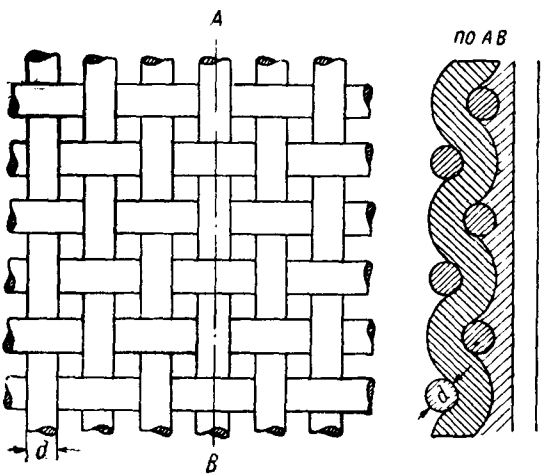


Рис. 61. Схема покрытия на ткани (полотне), диаметр основы и утка (d) одинаковы

Прилипание лаковой (красочной) пленки обусловлено глубиной пропитки, а адгезионные свойства самого лака часто имеют второстепенное значение. Действительно, видимая на поверхности часть пленки неразрывно связана (силами когезии) с той частью пленки, которая пропитывает ткань.

Чрезвычайно сложное переплетение нитей, волокон и высохшей пленки при достаточно глубокой пропитке затрудняет отрыв впитанной в ткань части пленки от волокон. При отрыве пленки от ткани происходит разрыв по пленке и вместо величины, связанной в случае металла с адгезией, здесь по существу определяется когезия лаковой пленки. При плохом пропитывании пленка легко отдирается от ткани, так как находящиеся на поверхности ткани ворсинки и волокна недостаточно прочны и легко отрываются вместе с пленкой.

Окрашивание и лакирование волокнистых материалов находит широкое применение в электротехнической промышленности

для пропитки обмоток различных электрических машин и проводов с хлопчатобумажной оплеткой, в самолетостроении — для покрытия конструктивных элементов самолетов, в кожевенной промышленности — для окрашивания кожи, а также в ряде других производств, например в производстве клеенки и гранитоля, в печатном производстве — при окрашивании бумаги и т. п.

Ввиду ограниченности объема, а также вследствие специального характера печатного дела и производства клеенки, в настоящей главе рассматриваются лишь основные сведения об окрашивании и лакировании тканей и кожи.

Покрытия по тканям на самолетах. В самолетостроении различают два основных вида покрытий по тканям: покрытия по ткани, натянутой на конструктивные элементы самолетов, и покрытия по ткани, приклеенной к поверхности фанеры или металла.

Покрытия по полотну, натянутому на конструктивные элементы самолетов, производятся с целью:

1) увеличения натяжения полотна и обеспечения постоянства этого натяжения при любых климатических условиях;

2) увеличения прочности полотна и уменьшения при этом до минимума остаточной деформации при внезапных толчках;

3) обеспечения воздухонепроницаемости и водостойкости, а также бензо- и маслостойкости полотна;

4) создания гладкой поверхности, способствующей наименьшему трению воздуха, а следовательно и наилучшей обтекаемости самолета.

Покрытия по тканям, приклеенным к поверхности металла, производятся с целью улучшения обтекаемости; при покрытиях по ткани, приклеенной к фанере, достигается также увеличение прочности конструктивных элементов самолета [1].

Первые грунтовые слои аэролаков, наносимые всегда жесткой щеткой или кистью, пропитывают ткань; последующие слои уже образуют заметную поверхностную пленку. В результате склейки лаком волокон и нитей прочность ткани после лакирования возрастает на 50—150%. Высокая прочность и натяжение ткани делают лакированное аэрополотно уже совершенно иным материалом с конструктивной точки зрения, чем полотно нелакированное.

Аэролаки для грунтовочных и промежуточных слоев покрытия, как это известно из курса технологии пленкообразующих веществ, представляют собою растворы нитроцеллюлозы средней вязкости в смеси летучих растворителей и не содержат смол и пластификаторов, например аэролак первого покрытия А1Н (ГОСТ 2699—44) [2].

Аэролаки должны хорошо наноситься кистью, иметь удовлетворительный розлив, высыхать при 20° в течение получаса для

первого слоя. С увеличением числа слоев высыхание замедляется. Необходимо нанести от 3 до 4 слоев аэролака. При этом толщина покрытия доходит до 150 *мк* и более, а привес до 60% от веса льняной ткани и до 40% от веса перкаля [3].

Специфическим свойством аэролаков является их способность натягивать ткань вследствие усадки ткани и пленки. После нанесения первого пропитывающего слоя не наблюдается [4] значительной усадки полотна. Только после 3 или 4 покрытия усадка достигает значительной величины (>1%).

На усадку влияет в первую очередь вязкость лака. Чем выше вязкость, тем больше усадка. Любой прием, приводящий к увеличению вязкости, будь то увеличение концентрации, применение менее деполимеризованной нитроцеллюлозы или увеличение вязкости за счет подбора растворителей, — во всех случаях приводит к увеличению усадки [3].

На рис. 62 показана зависимость усадки от концентрации лака, содержащего в одном случае вязкую нитроцеллюлозу (*1*), а в другом — низковязкую (*2*). В первом случае усадка выше, так как релаксация пленки (гл. 1), обусловливающая усадку, растет с размером молекул.

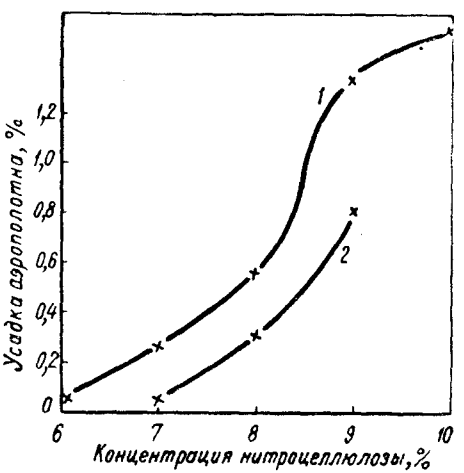


Рис. 62. Зависимость усадки лакированного аэрополотна от вязкости и концентрации лака:

1 — вязкие; *2* — низковязкие

Падение вязкости, в частности наблюдающееся при хранении лаков и деструкции (деполимеризации) нитроцеллюлозы, приводит к падению усадки.

На усадку ткани влияние оказывает также летучесть растворителей, содержащихся в аэролаках. Чем выше упругость пара, тем больше усадка. Пластификаторы и смолы, снижающие упругость пара, снижают и усадку. Последняя уменьшается также во влажных помещениях. Если считать усадку при 60% относительной влажности за 1, то для приведения усадки, полученной при 90% влажности к нормальной, ее величину следует умножить на коэффициент около 2 [3].

Если назначение аэролаков заключается в увеличении натяжения и прочности ткани путем пропитывания, а следовательно

склеивания волокон и нитей, то назначение аэроэмалей иное. Они наносятся по аэролаковой пропитке и служат для придания самолету необходимого цвета, а также защитой от разрушающего действия атмосферных влияний. Нитроэмали не увеличивают прочности ткани и ее усадки.

В табл. 47 приведены характеристики некоторых аэроэмалей [2], наносимых распылением.

ТАБЛИЦА 47

Характеристика аэроэмалей

Технические показатели	Аэроэмаль		
	АМТ-7 (п) голубая	АМТ-4 (п) зеленая	АП (п) алюминиевая
Вязкость при 20° по вискозиметру ФЭ36 № 2	12—16	12—16	12—16
Расход при двукратном покрытии, $г/м^2$	550	480	300
Сухой остаток, % не более	34	36	27
Усадка ткани	Показатели, достигнутые лакированием, не должны понижаться. Пленка аэроэмали не должна растрескиваться до момента разрыва ткани на машине Шоппера		
Прирост прочности ткани			
Растяжение пленки			
Время высыхания при 18—23°, мин.	60	60	60

Нитроэмали должны хорошо наноситься распылением и иметь хороший розлив. Покрытия должны быть устойчивы к действию минерального масла и горючего. При нанесении кистью применяются более вязкие лаки (30—60 сек.).

Технологический процесс покрытия аэрополотна состоит из следующих основных операций:

1) оклеивания мест крепления полотна лентами на аэролаке, нанесения аэролака на ленты, сушки;

2) нанесения первого грунтовочного слоя аэролака при помощи кисти или щетки, сушки при температуре не выше 45°;

3) нанесения трех слоев аэролака кистями или распылителем (продолжительность промежуточных сушек должна постепенно возрастать);

4) легкого шлифования лакированного аэрополотна, нанесения первого слоя аэроэмали распылителем, сушки;

5) нанесения второго слоя аэроэмали распылителем, сушки.

Иногда производится промежуточное шлифование и окончательное полирование.

Основной недостаток нитроцеллюлозных аэролаков — их горючесть [5]. Наиболее эффективными заменителями этих лаков, обеспечивающими пониженную горючесть, являются этилцеллюлозные, ацетилцеллюлозные и ацетобутиратцеллюлозные лаки. Этилцеллюлозные эмали второго покрытия различных цветов вырабатываются лакокрасочной промышленностью по ТУ МХП 4365—55.

Наряду с применением малогорючих эфиров целлюлозы, с целью снижения горючести покрытий предлагались многочисленные способы предварительного пропитывания самой ткани различными неорганическими слоями — «антипиренами» [6], например диаммонийфосфатом, бурой, вольфрамовокислым натрием и др. Однако гигроскопичность этих веществ и воздействие на прочность полотна являются препятствием для практического их использования.

Кроме неорганических солей, пытались применять высокохлорированные низкомолекулярные органические соединения (полихлордифенил, полихлорфенантрен и др.) для пропитывания или в качестве пластификаторов и высокомолекулярные (например, поливинилхлорид) в качестве пленкообразователя для покрытий. Все эти соединения, однако, снижают усадку аэрополотна.

Пропитывание обмоток для электрооборудования. Надежность работы электрооборудования, в частности электрических машин, в значительной мере определяется качеством изоляции проводов и обмоток. Изоляционные свойства обмоток, в свою очередь, зависят от качества пропитывания и лакирования их изоляционными лаками и компаундами. Пропитывание обмоток определяет устойчивость их к действию тепла, влаги, химических реагентов и механических усилий [7]. Особенно важна теплостойкость пропитывающего материала.

Пропитыванию подвергаются уже готовые обмотки, при этом лак впитывается в волокнистые и пористые изоляционные материалы — хлопчатобумажную и стеклянную пряжу, ткань, ленты, изоляционную бумагу, картон и др. В результате пропитывания гигроскопические и нетеплостойкие материалы меняют свои свойства: резко повышаются влагостойкость, теплостойкость, теплопроводность, пробивная прочность, механическая прочность [8].

Причина повышения влагостойкости не нуждается в пояснении. Устойчивость тканей к нагреванию повышается из-за того, что лаковая пленка изолирует целлюлозу ткани от непосредственного действия кислорода воздуха, являющегося причиной окислительной деструкции целлюлозы при повышенных температурах. Окислительная деструкция ведет к снижению среднего молекулярного веса целлюлозы, а следовательно, и к падению

прочности на разрыв тканей, лент и других волокнистых материалов.

Так, например, через 100 суток выдержки непропитанных тканей при 100° механическая прочность падает в два раза, а при 150° это происходит примерно через двое суток [9]. По этой причине непропитанные обмотки можно применять только при температурах не выше 80°.

После обычного пропитывания допустима эксплуатация обмоток при 100—105°. Термостойкая изоляция позволяет поднять температуру эксплуатации до 150—200°.

Пропитывание повышает пробивную прочность, примерно, в десять раз [9].

Материал	До пропитывания		После пропитывания	
	толщина, *мм*	пробивная прочность, *кв/мм*	толщина, *мм*	пробивная прочность, *кв/мм*
Хлопчатобумажная ткань	0,13—0,18	4—5	0,20—0,25	30—40
Стеклянная ткань .	0,1	4—5	0,20—0,30	40—50

Пропитывание тканей повышает механическую прочность обмоток до 10—25%. Это происходит за счет склеивания волокон и нитей. В отдельных случаях прочность на разрыв повышается более, чем на 50% по сравнению с непропитанной тканью.

Пленки лаков, применяемых для пропитки, должны обладать высокими диэлектрическими свойствами при повышенных температурах, а также быть стойкими к воздействию температуры, влаги и различным химическим реагентам. Кроме того, покрытия не должны оказывать вредного действия на медь и изоляцию.

Большинство пропиточных лаков состоит из сплавов полимеризованных масел с высокоплавкими битумами, содержащих небольшое количество сиккатива и растворителя. Широко применяются пропиточные лаки №№ 447, 458 и 460 с сушкой при 120—140°. Для этой же цели служит глифталевый лак Гф-95 (бывш. № 1154), имеющий повышенную маслостойкость (применяется для трансформаторов), и ряд других глифталевых, масляно-битумных и масляных лаков.

Глифталево-масляный лак с высокой жирностью (Г-3 ВЭИ-1229) применяется для покрытий, эксплуатирующихся при высокой температуре. Теплостойкость этого лака при 105° около 600 час.

Особой теплостойкостью отличаются покрытия на основе кремнеорганических лаков «ЭФ» (ВТУ МХП 2300—53), которые обеспечивают возможность эксплуатации машин при высоких температурах (выше 200°). Кремнеорганические изоляционные лаки обладают высокими электроизоляционными свойствами, а также

хорошей водостойкостью. Широкому применению их в промышленности мешают трудности, связанные с сушкой. Эти покрытия сушатся при температуре порядка 180—200°.

Для ремонтных работ, при которых трудно осуществить горячую сушку, применяется битумно-масляный лак холодной сушки № 316.

Для пропитывания обмоток применяются, кроме того, так называемые компаунды — твердые сплавы битумов, смол и масел, которыми пользуются в расплавленном состоянии при 140—160°. Они должны содержать минимальное количество летучих растворителей, так как испарение последних приводит к образованию пор. Наиболее приемлемы с этой точки зрения компаунды, не содержащие растворителей [10]. Однако битумные компаунды способны вновь размягчаться при нагревании, что ограничивает область их применения.

Качество пропитанных обмоток повышается при их последующем лакировании. Создавая дополнительную защиту обмотки от наружных механических повреждений и повышая масло- и водостойкость, лакирование обеспечивает получение гладкой поверхности, на которой не задерживаются пыль, влага и масло.

Для лакирования применяются различные «покровные» лаки и эмали воздушной сушки: например битумно-масляный БТ-99 (бывш. № 462-п), глифталевые эмали СВД (серая) и КВД (красная); горячей сушки: глифталевая эмаль СПД и различные обмазочные пасты-компаунды на основе битумно-масляных, глифталевых и эфироцеллюлозных пленкообразователей и минеральных наполнителей (мелковолокнистый асбест, тальк, цемент).

Технология пропитывания. Пропитывание обмоток производится по следующей технологической схеме:

1) предварительная сушка обмоток; 2) пропитка; 3) сушка после пропитки.

Волокнистые материалы весьма гигроскопичны и при хранении поглощают влагу. В отдельных случаях содержание влаги может достигать 80%. Наличие влаги в обмотке снижает электроизоляционные свойства и затрудняет пропитку. Поэтому перед пропитыванием обмотки подвергают предварительному высушиванию.

Допустимый процент остаточной влаги зависит от требований, предъявляемых к готовой обмотке.

Сопротивление волокнистых материалов R изменяется в зависимости от влажности H экспоненциально по уравнению

$$\lg R = a - b \cdot \lg H$$

где a и b коэффициенты, зависящие от рода волокна и формы изделий.

Установлено, что при влажности от 0 до 6% пробивное напряжение мало меняется; при более высокой влажности величина пробивного напряжения резко понижается.

Для высоковольтных трансформаторов, аппаратов и машин требуется тщательная сушка обмоток с целью возможно более полного удаления влаги. Обмотки низковольтных машин и аппаратов могут подвергаться менее тщательной сушке. Например, для целлюлозной изоляции достаточна сушка до содержания 6—7% влаги. Температура предварительной сушки при нормальном давлении не должна превышать для органических волокнистых веществ 130°, для асбеста — 300°. Применение разрежения позволяет снизить эти температуры.

При сушке, имеющей целью снижение влажности до 6—7%, температуру сушки ограничивают 110—180°, так как дальнейшее повышение ее ускоряет термическую и окислительную деструкцию органических волокнистых материалов. Деструкция вызывает падение прочности в среднем в два раза при каждом повышении температуры на 10°. Однако учитывая, что при повышении температуры сокращается продолжительность и тем самым повышается производительность сушки, применение повышенных температур надо признать желательным.

В табл. 48 приведены допустимые температуры сушки для различных изоляционных материалов (9).

ТАБЛИЦА 48

Температура сушки изоляционных материалов

Изоляция	Температура сушки, °С		Наивысшая допустимая температура, °С
	при нормальном давлении	при разрежении	
Хлопчатобумажная и шелковая . .	110—120	80—110	130—140
Эмалевая, для проводов (ПЭ и ПЭЛ)	110—120	80—110	130—140
Поливинилформалевая	120—130	80—110	150
Класс В	130—150	120—130	160—170
Класс ВС	140—180	—	170—180

Процесс сушки состоит из следующих операций:

1) подготовки — обдувки обмоток сжатым воздухом, опаливания ворса газовым пламенем,

2) загрузки обмоток в нагретые сушилки,

3) сушки.

При режиме, предусматривающем разрежение, производится предварительный прогрев обмоток (1—2 часа) при нормальном давлении; затем, по достижении рабочей температуры, в автоклаве создают разрежение до 700 *мм* рт. ст.; при сушке в усло-

виях нормального давления после загрузки обмоток включают вентилятор; после удаления основного количества влаги вентилятор работает на рекуперацию. Продолжительность сушки зависит от типа обмоток и составляет обычно 2—8 часов; для крупных статоров, роторов, якорей — до 18 часов, высоковольтных трансформаторов — до 48 часов и более.

Пропитывание обмоток осуществляется обычно одним из следующих способов:

Пропитывание подогретым лаком. Обмотки погружают в лак, предварительно подогрев их до 60—70°, — это обусловливает подогрев лака, проникающего в изоляцию, и снижение его вязкости, вследствие чего происходит более глубокое пропитывание.

Недостаток способа — длительность процесса и невозможность полного проникания лака в поры.

Пропитывание под разрежением. Этот способ применяется при пользовании вязкими лаками и при пропитывании многовитковых обмоток.

Обмотки предварительно подвергают выдержке в специальном котле под разрежением 700—750 *мм* рт. ст. с целью удаления воздуха из пор изоляции. Затем в котел засасывается лак в таком количестве, чтобы покрыть все обмотки. После этого в котел впускают воздух для создания атмосферного давления и сливают лак из котла, а по стекании лака выгружают обмотки.

Пропитывание под давлением. Предварительно высушенные обмотки помещают в автоклав и заполняют его лаком. Затем в автоклаве создают избыточное давление 5—7 *ат;* через 5—10 мин. его снижают до атмосферного (на 3—5 мин.) и вновь повышают. Через 3—5 циклов достигается весьма глубокое пропитывание. Тогда лак сливают из автоклава.

Комбинированное пропитывание обмоток предусматривает: предварительное разрежение до 700—750 *мм* рт. ст., пропитывание при нормальном, а затем при повышенном давлении (до 7 *ат*); когда пропиточный котел с находящимися в нем обмотками заполнен лаком, давление в нем повышают до атмосферного, а затем на 2—3 часа до 7—8 *ат*, или циклически согласно предыдущему повторяют чередующийся режим 3—5 раз. После этого лак удаляют из котла, обмотки выгружают.

После окончания пропитывания указанными способами обмотки помещают над ванной, чтобы стек избыток лака. Не лакируемые поверхности (валы, коллекторы и т. п.) протирают. Затем обмотки выдерживают на воздухе около 30 мин. и подвергают сушке.

Влагостойкость обмоток повышается с увеличением числа пропитываний.

На рис. 63 показана зависимость относительной влагостойкости от числа пропитываний.

При многократном пропитывании целесообразно проводить первое пропитывание в более жидких лаках (2—5° Э при 20°), содержащих 20—30% пленкообразователей, а последующие — в более вязких лаках (до 5—8° Э при 50°), содержащих до 50% пленкообразователей.

Для обмоток машин и аппаратов, работающих при влажности до 60—70%, рекомендуется [9] двукратное пропитывание, при влажности до 80% — трехкратное и при весьма высокой влажности и действии химических реагентов — четырехкратное.

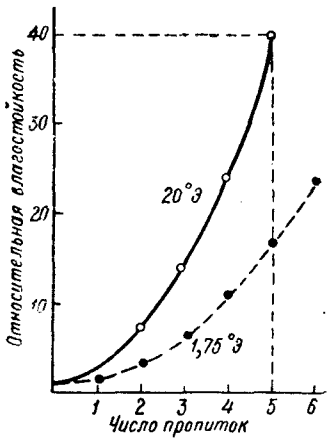


Рис. 63. Зависимость относительной влагостойкости от числа пропитываний

Для обмоток, намотанных из проводов с эмалевой изоляцией (ПЭЛ), следует избегать длительных режимов пропитывания, так как растворители лака, в особенности ароматические, вызывают набухание, а иногда и разрушение эмалевого слоя.

Наиболее быстро пропитывание протекает при комбинированном режиме, который в этих случаях и следует применять.

На эмалированные провода сильно действуют феноло-альдегидные лаки, применение которых в этом случае недопустимо.

Сушка после пропитывания. Сушка обмоток после пропитывания производится в два периода. В первый период происходит испарение растворителей лака, поэтому температуру целесообразно поднимать не выше 90°. Во второй период сушки для осуществления химических превращений требуется более высокая температура. При этом, как указано выше, повышение температуры сушки увеличивает термическую деструкцию целлюлозной изоляции, но приводит к сокращению продолжительности сушки.

Применяются два режима сушки: с принудительной циркуляцией воздуха и при разрежении. В случае сушки при разрежении необходима досушка при циркуляции воздуха, так как отсутствие воздуха замедляет процесс. Уменьшение содержания кислорода замедляет пленкообразование, но качество покрытия при этом получается лучше.

Лакирование и окрашивание обмоток. Лакирование или окрашивание высушенных после пропитывания обмоток производится с целью получения на обмотке сплошной пленки толщиной не менее 0,05—0,1 *мм*. Часто приходится повторять лакирование

несколько раз, так как однократное лакирование не обеспечивает сплошного беспористого покрытия.

Нанесение лака (эмали) осуществляется разными способами (кисть, распыление, окунание), при этом выбор способа зависит от лакируемого объекта. Для мелких обмоток приемлемо окунание, для больших — распыление.

После лакирования производится сушка обмоток в печи или на воздухе, в зависимости от типа примененного лака (табл. 49).

ТАБЛИЦА 49

Способы и режим лакирования

Объекты	Способ лакирования	Наименование лака (эмали)	Температура сушки, °С	Продолжительность сушки, часы
Статоры машин переменного тока, нормального исполнения	Распыление	БТ-99, СВД, КВД	15—25	6—24
Якори и роторы нормального исполнения	То же	БТ-99, СПД	80—100	4—8
Статоры переменного тока с влагостойкой изоляцией	Окунание	460	120—140	4—12
Якори и роторы с влагостойкой изоляцией	То же	460	120—140	6—18
Катушки аппаратов . .	Распыление	БТ-99, СВД, КВД и др.	15—25	4—24

2. ОКРАШИВАНИЕ И ЛАКИРОВАНИЕ КОЖИ

Кожа подвергается различным видам цветной отделки: окрашиванию эфироцеллюлозными, полиметакрилатными, перхлорвиниловыми и другими смоляными или казеиновыми красками и крашению органическими красителями. К технологии лакокрасочных покрытий отношение имеет только первый вид отделки.

В процессе обработки, отделки и эксплуатации кожа подвергается растяжению, интенсивным механическим воздействиям, в связи с чем к покрытиям по коже предъявляются особенно высокие требования в смысле их прочности.

Покрытия по коже должны удовлетворять следующим, сформулированным В. Н. Елисеевой [10а] физико-химическим свойствам:

1) удлинению, достаточному для сохранения покрытия при максимальном, практически необходимом растяжении кожи,

2) модулю упругости, характеризующему твердость покрытия,

3) устойчивости к повторным деформациям растяжения, сокращения и изгиба,

4) упругости, обеспечивающей возвращение покрытия к первоначальному состоянию после прекращения действия деформирующей силы,

5) устойчивости к атмосферным воздействиям и старению,

6) устойчивости к трению на сухой и мокрой коже,

7) высокой адгезии,

8) паро- и воздухопроницаемости, обусловливающим гигиенические свойства кожи.

Прочность окраски находится в прямой связи с механической прочностью самой пленки, растяжимостью, эластичностью, твердостью и ее прилипанием к коже, что, в свою очередь, зависит как от смачивания и адгезии, так и от глубины пропитывания кожи грунтовой краской.

Жидкая грунтовая краска или лак смачивают как поверхность кожи, так и стенки капилляров и пор кожи. При этом глубина проникания в последние находится в прямой зависимости, с одной стороны, от вязкости и поверхностного натяжения краски и лака на поверхности волокон кожи, а, с другой стороны, от степени очистки поверхности и «раскрытия» пор лицевой поверхности кожи в результате ее обработки перед окрашиванием. Чем глубже в поры кожи попадает лак и чем лучше смачивает он поверхность пор, тем прочнее все покрытие в целом.

Окрашивание эфироцеллюлозными красками. Эфироцеллюлозные краски находят широкое применение при окрашивании кожи в различные цвета. Для окрашивания кожи выпускаются специальные краски. Учитывая гидрофильность кожи, в составе краски необходимо иметь достаточное количество гидрофильных растворителей. Из последних применяются моноэтиловый эфир этиленгликоля (целлозольв), циклогексанон, бутиловый спирт и др. Высококипящие гидрофобные растворители не обеспечивают нужного смачивания.

При хорошем смачивании краски могут содержать меньшее количество низкомолекулярных смол, вводимых обыкновенно с целью улучшения прилипания.

Во всех случаях необходимо стремиться к получению возможно более тонкого покрытия. Толстое покрытие придает коже вид клеенки и его легко можно оторвать от поверхности; в тонких же покрытиях оторвать лаковую пленку значительно труднее.

Однако ограничиться тонкими покрытиями можно только в тех случаях, когда не поврежден лицевой слой кожи и последняя была предварительно подвергнута крашению в необходимый цвет. Для получения качественных покрытий поверхность кожи, предназначенной для окрашивания, должна быть тщательно подготовлена. Поверхность кожи не должна содержать веществ, мешающих смачиванию, избытка жира, спирто- и жирорастворимых красителей, аппретуры, водорастворимых солей и различных

загрязнений. Кожа должна иметь нормальную влажность, так как при применении эфироцеллюлозных красок избыток влаги может вызывать выпадение пленкообразователя.

Поверхность кожи должна обладать хорошей впитывающей способностью, поэтому недопустимо до окрашивания придавать коже глянец, в особенности посредством альбумина и казеина, так как нельзя обеспечить хорошего прилипания нитролаков по белковому грунту, который закрывает поры кожи.

Для удаления с поверхности кожи жира, грязи и других посторонних веществ и раскрытия пор кожи рекомендуется обезжиривать кожу смесью ацетона с водой или другими гидрофильными растворителями; после обезжиривания прилипание красочной пленки увеличивается с 74—570 до 188—654 *г/см*^{2} [11].

Обезжиривание поверхности и увеличение прилипания достигаются также при протирании кожи гидрофильной смесью, состоящей из 200 *мл* этил- и метилацетата, 50 *мл* аммиака (25%-ного), 250 *мл* ацетона, 50 *мл* молочной кислоты и 1000 *мл* воды.

Протертые кожи должны подвергаться грунтованию не позже, чем через полчаса — час после протирания, так как с течением времени эффект от протирания проходит.

Пропитывание поверхности кожи растворами пластификаторов в растворителях. Этот способ имеет то преимущество перед предыдущим, что длительность хранения кожи до окрашивания влияет в меньшей степени на качество ткани.

Втирание в лицевую поверхность кожи весьма разбавленного нитролака или краски, т. е. ручное грунтование. Для этого покровную нитрокраску или лак рекомендуется разбавлять смесью, состоящей из 100—120% (от веса краски) этилового спирта, 50—70% бутилацетата или целлозольва, 2—4% дибутилфталата и 3—5% касторового масла с таким расчетом, чтобы сухой остаток после разбавления составлял 3—7% [12]. Особенно хорошо в поры кожи проникает лак, содержащий целлозольв. Нитролак дает лучшие результаты, так как содержащиеся в нитрокраске частички пигмента, более крупные, чем поры кожи, препятствуют проникновению лака в поры.

Для разбавления нитроцеллюлозного глянцлака с целью его применения при грунтовании кожи путем втирания [12] рекомендуются составы (в в. ч. на 100 в. ч. лака), приведенные в табл. 50.

Улучшение прилипания достигается также обработкой нитролаков водными эмульсиями. Для этой цели в эмульгаторном аппарате к лаку, например марки ДЭ 1-36, добавляют при 25° тонкой струей 50% воды, содержащей 0,5—1 *г/л* ализаринового масла. После эмульгирования вязкость нитролака повышается с 24 до 48 сек. (по шариковому способу). Эмульсию втирают в кожу небольшими порциями кругообразными движениями, тщательно и досуха, в противном случае могут появиться пятна.

ТАБЛИЦА 50

Состав для разбавления нитроцеллюлозного лака

Материалы	Цвет		
	серый	беж	красный
Трикрезилфосфат	7—8	5	3
Спирт-ректификат	160	160	150
Бутил- или амилацетат	50	45	40

Протирание ведется круглыми щетками с мягкой и короткой щетиной. Эта операция может быть механизирована путем применения полировочной машины, снабженной щеточным кругом.

Кожи покрывают краской в хорошо растянутом состоянии, для чего после протирания их еще во влажном состоянии набивают на рамы. Для окрашивания кожи должны быть рассортированы по размеру, виду и плотности лицевой поверхности.

Применяемые для окрашивания кожи покровные краски (экстра) должны удовлетворять условиям, приведенным в табл. 51.

ТАБЛИЦА 51

Характеристика покровных красок

Свойства	Белая № 142	Желтая	Коричневая	Красная	Черная КЧ 36	Нитролак КБ-36
Вязкость в сек. по ФЭ (сопло № 2) при 20°	100—300	100—300	100—300	100—300	15—45	100—300
Сухой остаток, %, не менее . . .	19	20	21	19	10	14
Укрывистость *г/м²*, не более . . .	80	75	20	50	30	—
Прочность на разрыв, *кг/мм²* . .	1,25	1,25	1,25	1,25	—	—
Удлинение при разрыве, % . .	45—50	45—50	45—50	45—50	—	—

В табл. 52 приведены примерные рецепты покровных нитрокрасок.

Для разведения до рабочей вязкости в 7—7,5 сек. в краски добавляют около 150% растворителя КР-36, представляющего собой смесь бутилацетата и бутанола, или КРЭ-36, состоящей из смеси бутанола и этилового спирта. В краске рабочей вязкости сухой остаток должен быть в пределах 9—9,5%.

В зависимости от тягучести кожи регулируют пластичность нитрокрасок путем добавки пластификатора. Для одежных кож прибавляют до 10% от веса краски, для обувных — до 2%. Пластификатор растворяют в том же растворителе, который предназначен для разбавления красок.

ТАБЛИЦА 52

Рецептура покровных нитрокрасок

Цвет	Пигмент	Концентрация коллоксилина, %	Количество (в весовых частях на одну часть сухого веса коллоксилина)				
			пигмента	резиновой смолы	дибутилфталата	касторового масла	камфоры
Белый	Титановые белила .	6—7	0,8	0,2	0,2	1,0	0,5
Желтый	Крон свинцовый желтый (высокодисперсный)	6—7	1,0	0,2	0,2	1,0	0,5
Красный	Пигмент алый толуидиновый	6—7	0,8	0,2	0,2	1,0	0,5
Коричневый	Марс	6—7	1,1	0,2			
Черный	Сажа	6—7	0,4	0,2	0,2	1,6	0,5

При окрашивании тонких сортов кожи рекомендуется применять распылители, отрегулированные на винтообразную форму факела. Это обеспечивает большую производительность и дает равномерное покрытие. Ось распылителя должна быть перпендикулярна к поверхности кожи. Расстояние от сопла распылителя до кожи должно быть постоянным, например при давлении 3 *ат* 0,4—0,5 *м*.

Кожу сначала покрывают вертикальными рядами, затем по мокрому горизонтальными и еще раз вертикальными рядами.

Приготовленный раствор краски перед заливкой в красконагнетательный бак фильтруют через сито с 4900 *отв/см²*.

Расход краски зависит от ее кроющей способности: наименьший — для черных кож, подвергнутых предварительно барабанному крашению (2—8 *г/м²*), наибольший — для белых кож (~94 *г/м²*).

Сушка кож, окрашенных нитрокрасками, производится в камере при 30—35°.

Весьма эффективна сушка инфракрасными лучами (рефлекторная). На установке, снабженной лампами ВЭИ [12] 250 *вт* 127 *в* с рефлектором внутри колбы при температуре поверхности кожи 35—75°, сушка первого покрытия продолжается 0,5 мин., второго — 0,5 мин. и третьего — 1 мин. Процесс сушки следует

проводить в сушильной камере при интенсивной вытяжке паров растворителей из зоны их образования. Цоколи ламп должны находиться вне сушильного пространства.

Для повышения блеска окрашенную кожу перекрывают посредством распылителя разбавленным глянцлаком. Не рекомендуется перекрывать кожу аппретурами, содержащими альбумин или казеин, так как такая аппретура не будет прочной.

Из числа наиболее часто встречающихся при окрашивании дефектов следует указать на побеление пленки. Причиной побеления является высокая влажность помещения (или кожи), большое содержание воды в спирте или, наконец, неудачный подбор растворителей. Пробная выкраска должна иметь однородный цвет, без пятен и крупинок и после лощения хорошо блестеть.

Иногда кожи после лощения «бронзят». Это является результатом неудачного подбора пигментов или смешения красок; путем протирания поверхности льняным маслом или добавлением целлозольва иногда удается избавиться от этого дефекта.

Для окраски кожи и обуви применяются также покрытия на основе акриловых [13] и перхлорвиниловых смол [14]. Акриловые эмульсионные краски дают эластичные прочные покрытия для кожи, обладающие хорошей адгезионной способностью. Краски имеют следующий состав: 12 ч. эмульсионного полимера акрилового латекса с пигментами, предварительно затертыми на казеиновом растворе (выпускается заводами в виде концентрата), и 7,5 ч. 22%-ной эмульсии монтанового воска.

Окрашивание водными красками. К водным краскам для кожи обычно относятся различные казеиновые краски и аппретуры, изготовленные на основе растворов альбумина, крови и казеина.

Эти материалы имеют преимущества перед эфироцеллюлозными красками в отношении дешевизны отделки, нетоксичности растворителя, пожарной безопасности, прекрасного внешнего вида, сохранения пор кожи, а следовательно, ее воздухопроницаемости. Кроме того, прилипаемость казеиновых красок выше, чем нитроцеллюлозных. Недостатком казеиновых красок является слабая водостойкость, вследствие чего они применяются для окрашивания только тех видов кожи, к которым не предъявляют высоких требований по водостойкости.

При изготовлении рабочего раствора пастообразные казеиновые краски разбавляют теплой водой в отношении от 1 : 1 до 1 : 3 и более; если краска плохо смешивается с водой, добавляют до 1% от веса краски 25%-ного аммиака.

При разведении сухих казеиновых красок на 1 *л* теплой воды берут 50—100 *г* краски, которую сначала смачивают в 5-кратном количестве воды и оставляют набухать на 12 часов. При плохом растворении добавляют 50 *см*^{3} аммиака и смесь нагревают до 75°.

Перед применением краски в нее добавляют блескообразователь (10%-ный раствор шеллака или альбумина в количестве 10% или же 10% крови, или 15% молока). Добавление яичного альбумина несколько повышает водостойкость. Общее количество блескообразователя не должно превышать 3% (на сухой вес). Иногда добавляют в краску свежие пленкообразователи в количестве 1—3%, так как казеин, содержащийся в краске, стареет при хранении [15]. Кроме того, в краску добавляют пластификатор — до 3% глицерина или до 6% ализаринового масла. При этом пластификатор, особенно глицерин, не следует применять в больших количествах, так как это снижает водостойкость.

Готовую к употреблению краску приготовляют на однодневный расход. Затем ее фильтруют через сито и подгоняют нужный цвет; плотность краски доводят до 3—3,5° по Боме (уд. вес 1,025—1,028). Готовый рабочий раствор содержит на 1 *л* воды: краски в пасте (30% сухого остатка) 100 *г*, 10%-ного раствора казеина 15 *г*, светлого кровяного альбумина (10%-ного) 14 *г*, ализаринового масла 3 *г*, глицерина 2 *г*. Расход краски на 100 $см^2$ кожи (в пасте для белых и светлых красок) 5—12 *г*, сухих красок 1—2 *г*.

Кожа перед окрашиванием должна быть подготовлена и рассортирована так же, как перед окрашиванием нитрокрасками. Неудачно окрашенные кожи смывают раствором, содержащим 50 ч. аммиака и 200 ч. спирта в 1 *л* воды.

Технологический процесс окрашивания кожи водными красками состоит из следующих операций:

1) промывания лица кожи, шлифования бахтармы (оборотной стороны кожи), грунтования с тщательным втиранием плюшевой щеткой, подсушки;

2) нанесения первого слоя краски (распылением), подсушки;

3) нанесения второго слоя краски (распылением), сушки при 30—40° в течение 24—48 часов с хорошим обменом воздуха;

4) лощения, отсортировки неравномерно окрашенных кож на повторное окрашивание, нанесения первого слоя закрепительной аппретуры (распылением), подсушки;

5) нанесения второго слоя аппретуры (распылением), сушки;

6) лощения, прессования при давлении 50 *ата* и температуре 70—75°.

Первое покрытие — грунтовку — наносят обыкновенно на еще влажную после барабанного крашения кожу плюшевой щеткой, а последующие покрытия на сухую кожу путем распыления. Кожи, как и при применении нитрокрасок, натягивают на рамы.

Плюшевая щетка представляет собой деревянную колодку овальной формы, обтянутую резиной, затем войлоком и, наконец, плюшем с длинным ворсом. Такую щетку можно заменить ворсистой перчаткой.

Грунтовку следует наносить с минимальным расходом краски и тщательно, досуха, сильно втирать в кожу. Дальнейшие покрытия наносят распылителем при давлении воздуха до 6 *ат*.

Для кожи с плотным лицом, плохо впитывающим раствор, краску необходимо сильно разбавлять (до 1—1,5° по Боме). Хорошо впитывающая кожа окрашивается более концентрированными и вязкими растворами краски.

Для повышения водостойкости казеиновые покрытия подвергают задубливанию формалином, хромпиком или наносят различные закрепительные аппретуры. Наиболее распространено применение аппретуры, состоящей из крови и формалина. Однако окраска при этом становится более жесткой, хрупкой и несколько теряет свою прочность. Если кожу не перекрывают аппретурой, то непосредственно в краску добавляют около 5% формалина. Однако непосредственное добавление формалина в краску грубит кожу; кроме того, быстро повышается вязкость краски, и последняя желатинируется.

Аппретуру следует изготовлять перед употреблением из дефибрированной крови рогатого скота, законсервированной 0,25% фенола. На 1 *л* воды берут 400 ч. крови и 60 ч. формалина. Эта аппретура может быть заменена 5%- или 10%-ным раствором казеина или альбумина, содержащих около 4 *г/л* формалина.

Задубливание происходит при нормальной температуре. В задубливающие аппретуры в ряде случаев добавляют водные щелочные растворы шеллака, каучуковый латекс, восковые эмульсии и др. Например, на 1 *л* воды вводят 33,4 ч. казеина, 33,4 ч. шеллака (в виде аммиачного раствора), 6,6 ч. глицерина, 6,6 ч. льняного масла, 10,0 ч. формалина.

Применяют также бесшеллачные аппретуры, содержащие на 1 *л* воды (в вес. ч.): 10%-ного раствора казеина — 300, 10%-ного раствора альбумина — 200; ализаринового масла — 10, красителя для подцветки — 2.

Перечисленные аппретуры улучшают водостойкость казеиновых красок, однако надежной водостойкости, характерной для нитрокрасок, достигнуть не удается.

Дефектами, являющимися причинами брака при окрашивании, считаются: осыпание пленки (необходимо увеличить количество пластификатора или уменьшить количество формалина и толщину покрытия и улучшить обезжиривание), тусклый цвет пленки (необходимо либо снизить температуру сушки, либо заменить краски), оттенок бронзы на поверхности, неровности поверхности (плохое растворение и фильтрация краски или неудачная рецептура).

Лакирование. Лакирование кожи производится с целью создания на лицевой поверхности кожи сплошной, хорошо видимой лаковой пленки с устойчивым блеском. Лакированная кожа изго-

товляется различных цветов в зависимости от цвета, в который она была окрашена до лакирования.

Лакирование производится по предварительно подцвеченной и грунтованной поверхности кожи. Наиболее часто применяются масляные грунтовки «подцветки» и лаки, однако значительное распространение имеют также эфироцеллюлозные грунтовки и лаки, особенно при изготовлении галантерейной лакированной кожи.

На рис. 64 показан [16] поперечный разрез лакированной с бахтармы кожи (опойка), на котором видно расположение слоя

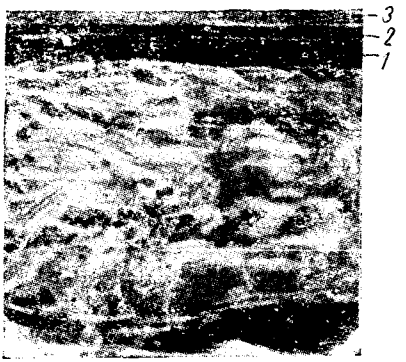


Рис. 64. Поперечный разрез краснодубного опойка, лакированного с бахтармы

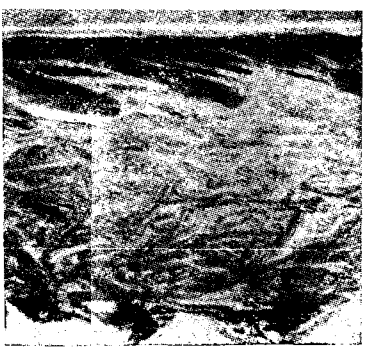


Рис. 65. Поперечный разрез хромлака (опойка)

грунта *1* (толщина 60—80 *мк*), подцветки *2* (толщина 30—40 *мк*) и лака *3* (толщина 30—100 *мк*). Общая толщина пленки достигает 180—200 *мк*, т. е. около $^1/_5$ всей толщины лакированной кожи. На рис. 65 (разрез хромлака) отсутствует слой подцветки, черный грунт сливается с окрашенным лицевым слоем кожи.

От масляных грунтовок, применяемых для лакирования лицевой стороны кож, требуется хорошее пропитывание; наоборот, для кож со снятым лицом (спилок) и для кож, лакируемых с бахтармы, т. е. для весьма рыхлых и пористых поверхностей, требуются грунтовки, не впитывающиеся глубоко в кожу. Грунтовка в этих случаях, проникая чрезмерно глубоко в кожу, может склеивать волокна ее внутренних слоев и после высыхания сообщает коже жесткость, а иногда и ломкость. Назначение грунтовки — создать своеобразную искусственную лицевую поверхность кожи, прочно связанную со всей кожей и заменяющую естественную лицевую поверхность. Высохший слой грунтовки должен хорошо шлифоваться и давать ровную, гладкую поверхность. Грунты для «нелицевой» кожи должны изготовляться на маслах наиболее

высокой степени полимеризации. Обычно применяется масло, подвергнутое полимеризации почти до желатинирования, дающее при пробе пальцем длинные нити.

Для ускорения сушки обычно применяются сиккативы на основе линолеатов Pb + Fe или Pb + Mn. Готовая грунтовка содержит до 30% бензина. Для предупреждения испарения последнего и образования пленок при хранении грунтовку рекомендуется заливать водой. Кроме масляных грунтовок, применяют также грунтовки с добавлением каучука.

В нитроцеллюлозных грунтовках для повышения прилипания и пластичности применяется значительное количество невысыхающих глифталевых смол на основе касторового масла (резилы).

В табл. 53 приведены рецепты нитрорезиловых грунтов [11].

ТАБЛИЦА 53

Нитрорезиловые грунты

Состав грунтов	Для свиных кож	Для выметки	Для козлиных кож
Мастика нитроцеллюлозная 22%-ная, *кг*	4,0	4,0	4,0
Резиловая смола, *кг*	3,2	3,2	3,2
Растворитель (бутилацетат и бутиловый спирт), *кг*	5,5	7,0	8,5
Вязкость грунтов по Энглеру при 20° (диаметр отверстия вискозиметра 5 *мм*)	40—45	35—40	20—30

Грунтование этими составами производится путем их втирания щетками или циклей один раз. Сушка происходит при нормальной температуре в течение 15—20 мин., что представляет большое преимущество по сравнению с масляными грунтами. Рекомендуются также нитрорезиловые лаки для лакирования некоторых сортов кожи. Наибольшее распространение имеют нитроглифталевые грунты [13], содержащие смолу следующего состава (в вес. ч.): масло касторовое — 100, фталевый ангидрид — 40, глицерин — 33.

Масляные лаки для кожи представляют собою растворы сильно полимеризованных масел; в качестве растворителя в этом случае обычно применяется скипидар или лаковый керосин в количестве до 60% с добавкой 3—5% амил- или бутилацетата.

Подцветки изготовляются из готового лака с добавлением 10—30% минеральных пигментов и красителей, главным образом сажи, жженой кости, индулина, нигрозина — для черного лака; марса и кронов — для коричневых лаков.

Технология лакирования кожи состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

1. Заделка пороков. После сортировки имеющиеся в коже прорезы заклеивают с бахтармы бумагой посредством столярного клея. Кожи с небольшими пороками подвергаются заделке, которая заключается в зачистке пемзой, грунтовании поврежденных участков и последующей сушке при 35—40°.

2. Нанесение грунта. Перед нанесением грунта кожа при помощи крючков натягивается на рамы, изготовленные из деревянных реек. Натяжение производится таким образом, чтобы кожа по всей своей поверхности не соприкасалась с рамами.

После натяжения на рамы лицевую поверхность кожи обезжиривают, обрабатывая ее 5—8%-ным раствором молочной или масляной кислоты, протирают влажной тряпкой для удаления пыли и наносят грунт.

Грунтование кож, в зависимости от состава и вязкости применяемых материалов, а также от состояния лицевой поверхности производится при помощи: 1) круглой коротковолосной щетинной щетки для вязких грунтов; 2) длинноволосной мягкой кисти для мало вязких грунтов; 3) природной губки для мало вязких грунтов; 4) цикли или шпателя в случае применения весьма вязких, студнеобразных грунтов для спилка и кож с рыхлым лицевым слоем; 5) распылителя в случае применения грунтовок, содержащих эфиры целлюлозы. Во всех случаях предпочтительны способы, при которых происходит втирание грунтовки в кожу. Грунтовку наносят, равномерно распределяя ее по коже и втирая продольными и поперечными штрихами. Для механизации процесса втирания можно приспособить шлифовальную машину, на диск которой необходимо закрепить щетку.

3. Сушка загрунтованных кож. Высушивание грунта производится в сушилках на горизонтально загруженных рамах по ступенчатому режиму: 5 часов при 25—30°, затем 3—4 часа при 35° и 12—20 часов при 45°.

4. Шлифование. После высушивания производится сортировка загрунтованных кож. Затем, в зависимости от состояния поверхности, кожи слегка шлифуют пемзой и грунтуют вторично (для спилка с целью создания искусственного лица) или же шлифуют тщательно и передают на лакирование. Особое внимание обращают на устранение «сыпи», которая получается при наличии плохо фильтрованных грунтов и может испортить вид лакированной кожи. После шлифования кожи тщательно очищают от пыли влажной тряпкой. Второй грунт делают обычно меньшей вязкости, чем первый, и наносят более мягкой щеткой.

В ряде случаев взамен второго грунта практикуется нанесение подцветки, осуществляемое либо мягкой кистью, либо

распылителем. Подцветка, как и второй грунт, соприкасается с воздухом лишь с одной стороны, поэтому сохнет дольше (при 25—45° в течение 10—18 часов).

После высушивания второго грунта или подцветки производится повторное шлифование.

5. Покрытие лаком. Протертые влажными тряпками кожи более тщательно расправляют на рамах и покрывают тонким слоем разбавленного лака одним из следующих способов:

а) тонкой щетинной или барсучьей кистью (№ 25 или 26) или флейцем: перед лакированием кисть необходимо прочесать гребешком для удаления плохо закрепленных волосков, промыть в теплой воде с мылом и хорошо высушить:

б) шпателем или рукой, стремясь оставить на коже слой минимальной толщины;

в) распылителем.

Последний способ, применяемый в промышленности, дает наилучшие результаты.

6. Сушка и вызревание лакированных кож. Сушка производится на рамах в горизонтальном положении при ступенчатом температурном режиме: 30—35°, 40—45° и 50—55°. Липкость покрытия исчезает в течение 20—25 часов, однако после этого кожи оставляют в сушилке при 30—35° еще на сутки. Высушенные кожи для вызревания (окончательной досушки) переносят в специальное помещение, хорошо освещенное солнечным светом или «ультрафиолетовыми» лампами, где они хранятся при нормальной температуре.

7. Полировка. После «вызревания» лакированная кожа снимается с рам, сортируется и подвергается полировке замшей или фланелью.

Все работы, связанные с лакировкой кожи, должны производиться в чистом помещении при нормальной температуре и влажности.

Основной недостаток масляных лаковых кож — быстрое старение покрытия, приводящее к хрупкости лицевой поверхности. Более долговечные покрытия получаются на основе лаков из полибутилметакрилата или сополимеров метакриловой кислоты.

Качество лакированной кожи определяется в основном по мягкости, блеску, однородности покрытия; отсутствию «сыпи», бугорков и липкости при нажиме пальцем. Большое влияние на качество кож оказывает толщина лакового покрытия (табл. 54). Чем тоньше пленки, тем выше ценится кожа [16].

Из табл. 54 видно, что нитроцеллюлозные покрытия намного толще масляных, что уменьшает ценность нитролаковой кожи.

Из физико-механических показателей важное значение имеют: относительное удлинение, прочность на разрыв и нагрузка при

ТАБЛИЦА 54

Средняя толщина грунта и лаковой пленки

Кожа	Сорт	Толщина	
		грунтовый лак	лаковый слой
Масляный лак (шевро)	Первый	65	88
То же	Третий	95	102
Масляный лак (хром)	Первый	67	78
То же	Третий	83	114
Нитролак (черный опоек)	Первый	116	110

появлении складок или трещин на коже, а также скорость изменения этих показателей при старении.

Кроме того, большое значение имеет гигроскопичность и водостойкость кож.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. П. Бердинский и М. А. Кузнецов, Руководство по производству деревянных самолетов. Оборонгиз, 1945.

2. Стандарты и технические условия на лакокрасочные материалы, вып. 1. стр. 5 Нитроцеллюлозные лаки и эмали авиационные, вып. 5, стр. 5—17. Оборонгиз, 1946

3. А. Я. Дринберг, Технология целлюлозных лаков, т. II, стр. 327. Химтеорет, 1934.

4 А. Я Дринберг, ЖПХ. V, I, 77 (1931).

5. И. В Андреев, Информационный сборник ВИАМ, вып. 10, стр. 5. ОНТИ, Главная редакция химической литературы, 1936.

6. А. З. Нейман, Невоспламеняющиеся материалы в авиации, стр. 106 и 121. Оборонгиз, 1944.

7. Штегер, Технология электроизолирующих материалов. Энергоиздат, 1934.

8. М. М. Михайлов. Электроматериаловедение. Госэнергоиздат, 1953 Н. П. Богородецкий В. В. Частиков и Б. М. Тареев, Электротехнический материал. Госэнергоиздат, 1955.

9. В. И. Калитвянский, Сушка и пропитка обмоток, Центральное бюро информаций, Министерство электропромышленности, 1948.

10. Электрическая изоляция, Сборник материалов, вып. 1. Энергоиздат, 1937.

10а. В. Н. Елисеева, Теоретические основы и практические методы покрывного крашения и лакирования кож, стр. 37. Гизлегпром, 1954.

11. В. Е. Атовмян, В. И. Елисеева. Производство лаковых кож. Гизлегпром.

12. А. Е. Шапиро, Нитроцеллюлозные и водные краски. Гизлегпром, 1948.

13. А. Б. Коган, Окраска кожаных и резиновых изделий. Росгизместпромиздат, Москва, 1953.

14 В С. Киселев, Перхлорвиниловые клеи, Журн. Легкая промышленность, май, 1950.

15. С. П. Зельдин, Казеиновые краски и их применение в промышленности. Гизлегпром, 1940.

16. А. А. Пчелин, Лакирование кожи. Гизлегпром, 1937.

17. К. Киттель, Целлюлозные лаки, Госхимиздат, 1957.

Глава XIII

ОКРАШИВАНИЕ ШТУКАТУРКИ И БЕТОНА

Для отделки зданий и сооружений, придания им законченного архитектурного вида, а также для защиты от воздействия атмосферы и снижения тепло- и звукопроводности с давних пор широко используется штукатурка, получаемая на основе раствора минеральных вяжущих веществ и наполнителей.

Штукатурку обычно наносят на кирпич, бетон, дерево и камень. Штукатурные работы внутри помещений чаще всего выполняются по кирпичу и дереву. Окрашивание штукатурки связано обычно с декоративно-художественными требованиями и может быть прочным только в том случае, когда прочна сама штукатурка.

Прочность штукатурки зависит от: 1) качества основы, на которую наносится штукатурка, 2) качества материалов, использованных для изготовления штукатурки, — извести и наполнителей; 3) метода приготовления растворов, 4) метода нанесения штукатурки и от условия ее эксплуатации.

Основным материалом для штукатурки является известь — кипелка или пушонка. В качестве наполнителя применяется чаще всего песок.

Процесс приготовления штукатурки заключается в следующем: известь гасят в воде, в результате чего образуется известковое тесто. После выдержки теста в последнее добавляют наполнитель — песок обычно в соотношении 1 : 2, 1 : 3 (по объему) при влажности известкового теста 55—65%.

Перемешивание раствора производится в растворомешалке в течение 20 минут. Тщательно перемешиваемый известковый раствор наносят на объект, подлежащий оштукатуриванию.

Основные факторы, оказывающие влияние на качество окраски, — щелочность и влажность штукатурного слоя.

Щелочность штукатурного слоя может вызвать химическое изменение и вследствие этого разрушение покрытия; влажность, в свою очередь, может ухудшить прочность прилипания красочного слоя. При высыхании известковой штукатурки щелочность ее по мере карбонизации уменьшается; в бетонной штукатурке ще-

лочность практически всегда остается. Иногда в штукатурный слой переходят влажность и щелочи или соли, содержащиеся в кладке стены или перекрытии, на которые нанесена штукатурка.

Окрашивание оштукатуренных объектов лучше всего производить после высыхания штукатурки. Однако вследствие длительности этого процесса часто приходится производить окрашивание и до высыхания штукатурки. В этом случае необходимо применять краски, устойчивые к действию щелочности и влажности, и такие вещества, которые при высыхании образуют пористые и водопроницаемые пленки, не препятствующие выходу влаги и доступу воздуха.

1. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ШТУКАТУРКИ К ОКРАШИВАНИЮ

Очистка. Качество окрашивания по штукатурке в значительной степени определяется тщательностью предварительной подготовки поверхности. Подготовка поверхности зачастую является решающим фактором как в отношении внешнего вида, так и долговечности окраски.

В зависимости от ее состояния, а также от состава наносимого покрытия, применяются различные методы подготовки поверхности, включающие очистку, грунтование, шпатлевание.

Свежая штукатурка для уничтожения неровностей и щелей и для придания ей однородной фактуры должна быть тщательно выровнена при помощи лещади, кирпича, пемзы или дисковых аппаратов с гибким валом.

Подготовка ранее окрашенной поверхности заключается в очистке ее от старой краски.

Тщательная подготовка поверхности требует снятия всего старого красочного слоя и загрязнений. Для снятия старой масляной краски применяют пламенный, механический, а также химический методы. Пламенный метод заключается в обработке поверхности паяльной лампой, при этом старый красочный слой размягчается и его сразу же снимают шпателем или скребком. При химическом способе удаления старой масляной краски на поверхность наносят при помощи шпателя пасту, содержащую едкую щелочь. Для получения такой пасты 0,5 *кг* известкового теста и 0,5 *кг* мела смешивают с 20%-ным раствором каустической соды в количестве, необходимом для получения пастообразного состояния. Нанесенную на поверхность старой краски пасту оставляют на 1—1,5 часа, после чего пасту снимают вместе с краской при помощи шпателя. Очищенную поверхность промывают сначала от избытка щелочи водою, а затем нейтрализуют слабым кислотным раствором и окончательно водой (при помощи кисти).

Из числа наиболее эффективных способов снятия старой масляной краски следует отметить применение пескоструйных аппаратов [2].

Производить окрашивание можно только по прочной штукатурке, — все непрочные участки должны быть предварительно отремонтированы. Пыль и копоть, накопившиеся на поверхности фасада в период просушки штукатурного слоя, следует смывать водой.

Ржавые пятна на поверхности штукатурки снимают следующим образом: прежде всего пятно промывают водой, затем наносят грунтовку на основе медного купороса (для водных красок). Загрунтованную поверхность просушивают и покрывают жидкими цинковыми белилами [3].

Грунтование. После ремонта и очистки поверхность штукатурки, как правило, имеет различную впитывающую способность, в результате чего окраска получается неравномерной. Для обеспечения одинаковой впитывающей способности производится грунтование поверхности известковыми или другими составами.

Выбор грунтовочного состава производится в зависимости от назначения его (окрашивание фасада, внутри помещения и т. п.) и от типа применяемого лицевого покрытия.

Шпатлевание. При высококачественном окрашивании после очистки, сглаживания и грунтования поверхности требуется производить еще и шпатлевание — заделку оставшихся трещин и выбоин, чтобы получить ровную сплошную поверхность.

В некоторых случаях, например при применении казеиновых красок, шпатлевание, придавая красивый внешний вид покрытию, может отрицательно повлиять на его долговечность. Поэтому для каждого покрытия следует применять соответствующую шпатлевку (составы шпатлевок см. ниже).

Все виды шпатлевок должны обладать хорошим прилипанием, иметь однородный состав, легко наноситься шпателем, при высыхании не давать большой усадки и не образовывать трещин.

2. ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

Выбор материала для окрашивания штукатурки зависит от способа изготовления штукатурного слоя и его состояния к моменту нанесения краски.

Для покрытий по штукатурке чаще всего применяются известковые, клеевые, казеиново-эмульсионные и силикатные (на жидком стекле) краски; по свежей штукатурке применимы только известковые краски.

Краски на жидком стекле следует применять только после того, как штукатурка несколько затвердеет, так как при окраши-

вании мокрой штукатурки часто замечается образование вуали. На известковой штукатурке образуется при этом силикат кальция, на бетонной — двукальциевый силикат. Самая прочная окраска с жидким стеклом получается на свежей, содержащей примесь цемента, известковой штукатурке; наоборот, на штукатурках, в состав которых входит гипс, без соответственной предварительной обработки никогда не получаются удовлетворительные покрытия.

Окрашивание казеиновыми красками производят только после испарения большей части воды, по истечении 8—14 дней.

Лепную работу следует покрывать казеиновой окраской только после полного высыхания, предварительно покрыв ее поверхность мыльным раствором. Применение эмульсионных связующих веществ для окрашивания свежей штукатурки допускается лишь при условии отсутствия в них омыляемых масел. В этом случае эмульсионные покрытия зачастую отличаются бо́льшей прочностью, чем при окрашивании по старой штукатурке.

Клеевые краски во избежание опасности загнивания следует наносить только по истечении 3—4 недель, когда штукатурка станет воздушно-сухой.

Получение прочных покрытий по свежей штукатурке, как уже было указано, совершенно невозможно при применении масляных и лаковых связующих, даже если они сами по себе и не разрушаются щелочами. Образующаяся лаково-масляная пленка не дает прочного сцепления с влажной основой или легко отслаивается влагой, выделяющейся из более глубоких слоев штукатурки. По этим же причинам даже такие устойчивые связующие вещества, как целлюлозные лаки, нельзя наносить на штукатурку до полного удаления влаги и карбонизации штукатурки. Трудности применения масляных и других прочных красок для покрытий по свежей штукатурке заставили искать способы ускорения сушки и карбонизации штукатурки. Однако искусственная сушка не дает полного удаления влаги, так как при этом верхний слой высыхает и карбонизуется очень быстро, а в слоях, находящихся под ним, остается еще много влаги, которая будет постепенно воздействовать на покрытие.

Следует иметь в виду, что влага выделяется также по мере карбонизации и затвердевания верхнего слоя, — это затрудняет удаление влаги из нижних слоев.

Карбонизация верхнего слоя штукатурки обработкой углекислотой, углекислым алюминием мало эффективна.

Более успешным способом нейтрализации является обработка штукатурного слоя солями кремнефтористоводородной кислоты, так называемое «флюатирование». Эти соли (флюаты) образуют со свободной известью и растворимыми калиевыми солями устойчивый калиевый силикат и нерастворимый нейтральный

безводный фтористый кальций. Такая обработка, кроме того, способствует затвердеванию штукатурки.

Для свежей цементной и известковой штукатурки лучше применять раствор флюата магния (крепостью 10—20° по Боме), но можно пользоваться также флюатами цинка и алюминия. Флюатирование следует повторять один или два раза через промежуток времени от 12 до 24 часов, чтобы нейтрализовать щелочи как можно полнее. До нанесения краски оштукатуренная поверхность должна быть тщательно вымыта.

Для нейтрализации гипсовой штукатурки, наоборот, применяют слабокислый, так называемый гипсовый флюат, представляющий собой борнофтористое соединение. Последний является настолько сильным нейтрализатором, что масляная краска может быть быстро нанесена на флюатированную гипсовую штукатурку.

Вообще рекомендуется приступать к нейтрализации только тогда, когда штукатурка и лежащая под ней каменная кладка или бетон потеряют большую часть содержащейся в ней воды. В противном случае выделяющаяся влага может увлечь за собой на поверхность находящуюся под изолированным слоем щелочь, что нарушит нейтрализацию.

Масляное покрытие может быть предохранено от вредного влияния щелочных составных частей подслоя применением изолирующих грунтовок, состоящих из различных смол и противодействующих омылению масла. Эти грунтовки можно наносить в жидком виде на свежую, но все же высохшую штукатурку.

В качестве щелочеустойчивого слоя применяются также лаки из хлорированного каучука (если они содержат щелочестойкие смягчители).

Наряду с пленкообразующей основой большое значение для окрашивания щелочных штукатурок имеет выбор пигментов. Основным требованием к пигментам в этом случае является их щелочестойкость. Следует иметь в виду, что очень часто краски, которые вполне удовлетворительны для известковых растворов, не годятся для цементных штукатурок. Как известно, последние схватываются медленно и выделение щелочей происходит постепенно.

Поскольку в этом случае краски находятся в периоде схватывания значительно дольше, чем на известковой штукатурке, то разрушительное действие щелочей на пигменты проявляется более интенсивно — изменяется цвет, появляются пятна, полосы и вуали.

При окрашивании фасадов следует принимать во внимание также разрушающее действие света и выбирать пигменты не только щелочеустойчивые, но и обладающие устойчивостью к свету.

Как наиболее устойчивые пигменты рекомендуются главным образом земляные: охра, умбра, мумия, сурик, а также некоторые

искусственные минеральные пигменты: окись хрома, искусственные окиси и гидраты окисей железа, двуокись титана, литопоны и специальные сорта ультрамаринов (кроме светлых сортов синего сульфатного ультрамарина, который не годится для покрасок по свежей штукатурке).

Органические пигменты не обладают такой щелочеустойчивостью, как минеральные, однако некоторые из них, например ганзейская желтая, литолевая прочная оранжевая, пигментная розовая, пигментная зеленая, вполне могут применяться даже для покрытий по свежей штукатурке.

3. ИЗВЕСТКОВАЯ ОКРАСКА

Для известковой окраски применяются составы на основе извести $Ca(OH)_2$, минеральных пигмента и наполнителя, превращающиеся в нерастворимое состояние в результате карбонизации извести.

Свойства известковых красочных составов зависят от природы применяемой извести, а также от метода ее обработки. Отличительной чертой правильно нанесенных известковых покрытий является высокая атмосфероустойчивость.

Исходным продуктом служит известь — продукт обжига известняка. Известняк различных месторождений существенно отличается по химическому составу, что, в свою очередь, влияет на состав извести и известковых красок.

Известь, применяющуюся для изготовления как красочных, так и штукатурных составов, можно классифицировать по следующим признакам.

Известь воздушная — продукт обжига известняка (ГОСТ 1174—41). *Негашеная воздушная известь* бывает в двух видах: кипелка молотая и кипелка кусковая. Гашеная известь — также в двух видах: гидратная (пушонка), легкий порошкообразный продукт гашения кипелки при недостатке воды, и тестопродукт гашения кипелки с избытком воды.

По составу воздушная известь разделяется на маломагнезиальную, содержащую не более 5% окиси магния, и магнезиальную, содержащую более 5% окиси магния.

Известь гидравлическая — продукты обжига мергелистых известняков, содержащих 6—20% глинистых примесей (ОСТ 2644). Состав ее: 70—90% окиси кальция и окиси магния, 10—30% кремневой кислоты, 1—5% примесей. Цвет желтоватый, бурый или серый. Применяется в двух видах: негашеная в кусках, продукт обжига известняка, и гашеная в порошке (пушонка) — продукт гашения при недостатке воды.

По скорости твердения и механической прочности различают сильно гидравлическую и слабо гидравлическую известь.

Составы на воздушной извести служат главным образом для окрашивания свежеоштукатуренных поверхностей как на фасадах, так и внутри помещения.

Красочные составы на гидравлической извести образуют более тонкую склеивающую пленку между зернами пигмента, что обеспечивает высокую механическую прочность [1].

Составами этого типа окрашивают обычно бетонные конструкции (гидростанции, набережные, бани, прачечные и т. п.).

Отвердевание известковых растворов происходит в две стадии. Вначале испаряется вода и увеличивается взаимная связь отдельных частиц. В дальнейшем происходит карбонизация известковых растворов под действием углекислоты воздуха

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O + 27000 \text{ ккал}$$

Выделяется вода и образуется не растворимый в воде устойчивый карбонат кальция. При этом полнота реакции и структура карбоната определяют свойства красочного покрытия.

При смешивании известковых растворов с песком одни частицы гидрата окиси извести располагаются по поверхности зерен песка вследствие адсорбции, другие частицы заполняют промежутки между зернами песка или пигмента. Углекислота из воздуха диффундирует в известковую суспензию, переводя гидрат извести в карбонат, причем прочность всей системы определяется прочностью сцепления карбоната с зернами песка или пигмента. Карбонизация происходит [1] весьма неравномерно. Слои более карбонизированных частиц перемешиваются со слоями мало карбонизованной извести.

Карбонизация начинается с поверхности. Образующийся плотный слой карбоната кальция на некоторое время задерживает карбонизацию внутренних слоев. Со временем в этом плотном слое происходят изменения, образуются поры, через которые углекислота проникает внутрь, и карбонизация начинается в более глубоких слоях. Чем меньше агрегация частиц извести, чем лучше известь перемешана с минеральным наполнителем или пигментом, тем более равномерно происходит карбонизация и образование кристаллических сростков с зернами наполнителя и пигмента.

Наиболее прочные окраски получаются при хорошо дезагрегированной извести. Для этой цели чистые по химическому составу известняки следует обжигать, а затем гасить способами, позволяющими уменьшить до минимума агрегирование зерен, даже за счет пластичности извести. Хорошие результаты дают гидравлические извести, у которых элементарные частицы извести адсорбируются и ориентируются вокруг силикатных включений, обладающих сильно развитой поверхностью, вследствие чего уменьшается агрегирование известковых частиц друг с другом.

Для окраски фасадов рекомендуются известковые краски на высококачественной извести (например, для Ленинграда — угловской), приготовленной на хорошо устоявшемся известковом тесте или на только что загашенной «горячей» извести. Известь пушонка, как медленно схватывающаяся, для наружных окрасок менее приемлема.

Окрашивание известковыми красками лучше всего производить по чистой, хорошо подготовленной, т. е. ровной, однородной и увлажненной поверхности штукатурки.

Если окрашивание поверхности за один раз не дает желаемого результата, то наносят второй слой. При окрашивании за два раза необходимо, чтобы краски для второго слоя имели более вязкую рабочую консистенцию, чем краски для первого слоя.

Краску перед нанесением следует пропускать через сито с 900 *отв/см*^{2}.

Наиболее распространенные рецепты известковых красочных составов (в килограммах на 10 *л* готовой краски) приведены в табл. 55.

ТАБЛИЦА 55

Рецептура известковых красочных составов

Материал	Составы на воздушной извести			Составы на гидравлической извести	
	I	II	III	I	II
Известковое тесто (с содержанием 50% воды) . . .	2,5—3,0	—	—	—	—
Известь-кипелка	—	1,2—1,5	1,2—1,5	—	—
Известь гидравлическая пушонка	—	—	—	2,5	2,5
«Мыло» известковое (паста) *	—	—	—	2,5—5,12	—
Соль поваренная	0,1	0,1	—	0,1	—
Пигмент, не более	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6
Олифа натуральная	—	—	0,06—0,12	—	—
Песок кварцевый, пропущенный через сито с 400 *отв/см*^{2}	—	—	—	—	2,5
Микроасбест	—	—	—	—	0,8

* «Мыло» приготовляется гашением воздушной извести-кипелки с добавкой натуральной олифы в момент гашения из расчета на 10 *л* состава извести воздушной (кипелки)—3,3 *кг* и олифы натуральной — 0,2 *кг*.

Содержание пигмента колеблется в пределах от 10 до 20% от веса извести.

Для окрашивания неоштукатуренных кирпичных стен рекомендуются известково-церезитовые покрытия следующего состава (в вес. ч.):

Известь-пушонка	100	Краска земляная	10—30
Церезит	45—75	Песок мелкий	600—750
Олифа	4—6	Вода	200—300

Перед окрашиванием кирпичной поверхности последняя должна быть очищена и промыта.

Нанесение грунтовки перед окрашиванием, как уже указывалось, имеет целью создать одинаковую впитывающую способность поверхности. Перед окрашиванием отремонтированной штукатурки, отдельные участки которой имеют различную впитывающую способность, поверхность должна быть предварительно загрунтована. При окрашивании новой ровной и однородной штукатурки в грунтовании нет необходимости.

Грунтование производится жидким известковым молоком, приготовленным по одному из следующих рецептов (из расчета на 10 *л* состава):

I

Известковое тесто	2,5 *кг*
Соль поваренная	50—100 *г*

Известковое тесто разводят пятикратным количеством воды, к раствору добавляют поваренную соль, разведенную отдельно. Добавление соли приводит к изменению условий образования кристаллов карбоната кальция, — образуются более крупные кристаллы, что обусловливает повышение прочности всего слоя. После добавления остального количества воды (до 10 *л*) состав процеживают сквозь сито с 1200 *отв/см*^{2}.

II

Известковое тесто	2,5 *кг*
Глинозем сернокислый технический	200 *г*

Известковое тесто разводят 5 *л* воды. Глинозем растворяют в 1 *л* воды. Полученный раствор разбавляют 4 *л* воды и при постоянном размешивании его вливают в раствор извести. Перед употреблением состав процеживают сквозь сито с 1200 *отв/см*^{2}.

III

Известь-кипелка	1,2 —2,0 *кг*
Мыло хозяйственное твердое	0,15 —0,2 *кг*
Олифа	0,025—0,030 *кг*

Известь гасят тройным количеством воды, раствор мыла и олифы вводят постепенно во время гашения.

Окрашивание штукатурки известковыми красками производят также методом фрески, который заключается в том, что сухие

пигменты разводят чистой или известковой водой (в отношении 1 : 3) и полученную суспензию наносят на свежую штукатурку. Происходит карбонизация извести штукатурки, причем цементируются также и частицы пигмента. Закрепление пигмента идет в течение 4—6 часов.

Качество фресковой окраски находится в прямой зависимости от подготовки поверхности.

Исследования [1] показали, что поверхность должна быть шероховатой, так как по гладкой поверхности краски стекают и затрудняют работу. Лучшие закрепления происходят на грунтовках, сделанных с примесью силикатов (зеленая глина). Для фресковых окрасок пригодны все щелоче- и светоустойчивые пигменты. Однако некоторые из них, как например ультрамарин, а также некоторые земляные краски типа болотных руд плохо закрепляются на сырой поверхности. Такие пигменты требуют применения цветных подгрунтовок из других пигментов (охра и др.).

Большое значение в технике известковой окраски имеет тонкость помола пигмента и консистенция краски. В результате многочисленных исследований установлено, что наиболее прочные покрытия дает применение пигментов с высокой дисперсностью, тогда как покрытия с пигментами грубого помола вызывают меление.

Технологический процесс окрашивания известковыми красками состоит из следующих операций:

при окрашивании новых штукатурных поверхностей

1) расшивка трещин и их подмазка штукатурным раствором,
2) сглаживание поверхности лещадью,
3) смачивание поверхности водой до влажного состояния штукатурки,
4) окрашивание краскопультом составами на извести-кипелке за два раза;

при окрашивании старых штукатурных поверхностей

1) расшивка трещин и их подмазка штукатурным раствором,
2) очистка поверхности скребками от старой краски,
3) промывка водой и увлажнение поверхности,
4) грунтование,
5) окрашивание за два раза известковыми составами.

Расход материалов (в *кг*) на окрашивание 10 $м^2$ поверхности за два раза приведен в табл. 56 (стр. 334).

Для определения необходимой рабочей консистенции известкового состава достаточно убедиться в том, что извлеченная из него деревянная мешалка окрашена без просветов. Консистенция состава определяется также следующей пробой — капля известкового состава должна стекать с вертикально поставленного стекла на 3—4 *см*. Стекание на большее расстояние означает, что

состав имеет жидкую консистенцию и, наоборот, при меньшем расстоянии — более густую консистенцию.

ТАБЛИЦА 56

Расход материалов при известковой окраске

Материал	Составы на воздушной извести		Составы на гидравлической извести	
	I	II	I	II
Известь воздушная кипелка	2,0	2,0	—	—
Известь гидравлическая пушонка	—	—	2,0	2,0
Пигмент	0,4	0,4	0,48	0,48
Олифа натуральная . .	—	0,16	0,036—0,072	—
Соль поваренная . . .	0,12	—	0,08	—
Песок	—	—	—	2
Микроасбест	—	—	—	0,64

Известковые составы наносятся как кистью, так и распылителем.

Основными дефектами известковых покрытий являются меление и шелушение.

Меление происходит наиболее часто при избытке пигмента в краске либо в случае применения недоброкачественной извести.

Шелушение известковой окраски может наблюдаться в случае ее нанесения на сухую грунтовку, в особенности в сильно натопленном помещении. Шелушение может наблюдаться также при окрашивании толстого слоя старой краски.

4. ЦЕМЕНТНАЯ ОКРАСКА

Цементные краски представляют собою красочные составы на основе портланд-цемента или смесей последнего с известью с добавлением минеральных наполнителей, ускорителей и гидрофобных веществ. В качестве связующего служат белый и серый портланд-цементы. Естественно, что при применении белого цемента можно получать белые и светлые тона красок; серый же цемент может применяться в тех случаях, когда светлый цвет окрашенной поверхности не имеет особенного значения.

Цементные краски предназначаются для покрытий по бетону и кирпичу как внутри помещений, так и для наружных окрасок. Для поверхностей, содержащих растворимые сульфаты, разъедающие цемент, такие краски непригодны, потому что в этом случае нарушается сцепление частиц краски между собой, выражающееся в появлении хлопьевидных налетов и осыпании кра-

ски. Цементные краски следует наносить на хорошо высушенную поверхность толстым слоем в 2—3 *мм*, что возможно лишь при высокой концентрации сухого остатка в краске, для чего применяют пастообразные краски.

При соблюдении этих условий цементные краски отличаются большой долговечностью (до 5—10 лет). Исследования показали, что на горизонтальных поверхностях эти краски менее долговечны, чем на вертикальных; шероховатая поверхность лучше удерживает краску, чем гладкая.

Подобно известковым краскам, цементные краски нельзя наносить на поверхность, ранее окрашенную масляной краской. Увлажнение поверхности перед окрашиванием препятствует слишком быстрому всасыванию воды из краски, и затвердевание идет более правильно. Поэтому рекомендуется смачивать поверхность водой при помощи кисти, следя, однако, за тем, чтобы не было излишка воды, могущего дать неблагоприятные результаты.

В табл. 57 приведены рецепты краски (в вес. ч.) на основе портланд-цемента.

ТАБЛИЦА 57

Рецептура цементных красок

Материал	Состав	
	I	II
Портланд-цемент	65—80	13
Гашеная известь	10—25	30
Стеарат кальция или алюминия . .	0,5—1	—
Хлористый кальций или натрий . .	3—5	2
Окись титана или сернистый цинк .	3—5	5

Добавление извести в состав цементных красок улучшает пластичность покрытия, однако большие количества извести (рецепт II) уменьшают прочность покрытия.

В составы, предназначенные для окрашивания фасадов, рекомендуется вводить гидрофобные вещества, что способствует получению чистых, ярких тонов. Из таких веществ применяются чаще всего стеараты кальция или алюминия. Для постепенного и более равномерного затвердевания добавляют хлористый кальций или натрий.

Для цементных красок применяют минеральные щелочеустойчивые пигменты и в некоторых случаях — песок.

Приготовление цементных красок по приведенным рецептам производится путем смешивания сухих компонентов в шаровой мельнице. Хлористый кальций вследствие его гигроскопичности

рекомендуется размалывать отдельно вместе с наполнителем и уже в размолотом виде добавлять к цементу. Воду добавлять к полученной сухой смеси в два приема: сначала берут количество воды, нужное для приготовления пасты; после тщательного растирания полученную пасту разбавляют водой до рабочей консистенции.

Для окрашивания фасадов по штукатурке и бетону рекомендуются также цементно-церезитовые краски следующего состава (в вес. ч.):

Портланд-цемент	100
Церезит	10—20
Олифа натуральная	5—10
Пигмент сухой	5—30
Вода	250—300

Эти краски приготовляются следующим образом: церезит перемешивают с олифой и разбавляют водой, затем при непрерывном размешивании вводят пигмент. Когда раствор становится однородным, к нему добавляют портланд-цемент.

Цементные краски обычно наносят двумя слоями с интервалом в 1—2 дня для просушки. Первый слой краски должен иметь более жидкую консистенцию, чем второй. Для шероховатой и пористой поверхности краску следует разбавлять. Во время окрашивания для нормального затвердевания рекомендуется время от времени добавлять небольшие количества воды. Окрашивание производится грубой маховой кистью или специально приспособленным краскопультом.

Красочные цементные составы пригодны только в течение нескольких часов, после чего начинается затвердевание цемента. Во время дождя или в жаркую солнечную погоду производить окрашивание не следует.

Поливка окрашенной поверхности струей воды в течение двух дней после окрашивания оказывает благоприятное действие на процесс затвердевания цемента.

Недостатки цементных красок — появление белого налета вскоре после окрашивания. Это происходит в результате образования тонкого слоя карбоната кальция.

Поскольку белый налет — явление очень частое и бороться с ним весьма затруднительно, рекомендуется применять цементные краски только белых или светлых тонов.

5. СИЛИКАТНАЯ ОКРАСКА

Силикатные красочные составы, подобно известковым, относятся к группе минеральных красок и представляют собою тонкорастертую суспензию щелочестойких минеральных пигментов и наполнителей в жидком стекле.

Жидкое стекло применяется для изготовления красок еще с прошлого столетия. Получается оно сплавлением чистого кварцевого песка с содой или поташом; растворяется в воде в любых соотношениях.

Соотношение между SiO_2 и Na_2O или SiO_2 и K_2O в жидком стекле называется силикатным модулем; его величина колеблется в пределах 1,5—3,5.

Повышение силикатного модуля или, иными словами, уменьшение содержания щелочи в жидком стекле улучшает его качество. Попытки использовать в виде связующего для красочных составов натриевое жидкое стекло, имеющее низкий модуль (около 1,5), не дали благоприятных результатов, так как покрытия получались неустойчивыми и на окрашенной поверхности появлялись высолы углекислого натрия в виде белых налетов.

Исследования показали, что качественные силикатные краски получаются только при применении калийного жидкого стекла с модулем не ниже 2,5 и добавлениями активных кремнийсодержащих минеральных веществ, как, например, тонкий кварцевый песок, силикагель и т. п.

Силикатные краски, как и известковые, не требуют предварительного шпатлевания и наносятся непосредственно на кирпичные, штукатурные, бетонные, а также цементные поверхности.

Затвердевание красок на основе жидкого стекла происходит в результате химического взаимодействия между силикатом натрия, кремнекислотой и окислами поливалентных металлов (ZnO, CaO и др.), образуя прочное минеральное покрытие с фактурой, напоминающей поверхность камня.

Калиевые силикатные краски имеют некоторые преимущества перед известковыми красками для покрытия фасадов. Они обладают устойчивостью к атмосферным воздействиям и хорошо прилипают к бетону. Не теряя механической прочности, силикатные краски допускают введение в состав большего количества пигментов по сравнению с известковыми, что дает возможность расширения гаммы цветов и приготовления их насыщенных тонов. Само собой разумеется, что пигменты для силикатных красок применяются только щелочеустойчивые.

К положительным свойствам силикатных окрасок следует отнести также их незначительную запыляемость, ввиду чего применение их рекомендуется для окрашивания фасадов зданий в промышленных центрах и мало озелененных городах. Фасады, окрашенные силикатными красками, можно периодически обмывать водой, причем прочность покрытия при этом не нарушается. Устойчивость силикатных красок к воздействию воды позволяет с успехом применять их для окрашивания поверхностей,

находящихся в постоянном соприкосновении с водой (бассейны для плавания, парковые фонтаны и др.).

Нанесение силикатных красок на новые, механически прочные поверхности производится без предварительного грунтования; поверхность должна быть предварительно смочена водой. Старая, прежде окрашенная штукатурка, должна быть очищена от краски, а после просушки загрунтована раствором калийного жидкого стекла уд. веса 1,1287, что соответствует крепости 16—18° по Боме; обычно производится небольшая добавка мела для подцветки.

Лаборатория отделочных работ Академии архитектуры рекомендует следующий рецепт силикатных красок, рассчитанный (в *кг*) на 10 *л* состава (для окраски 50 $м^2$):

Мел	2,5
Песок тонкомолотый (сито с 10 000 *отв/см*^{2})	2,5
Тальк технический (сито с 3600 *отв/см*^{2})	1,25
Белила цинковые сухие	0,60
Пигмент (для светлых цветов)	0,60
Калийное жидкое стекло (модуль 2,5; уд. вес 1,1398—1,1763)	7,5

Приготовление краски по этому рецепту производится путем замеса сухих компонентов состава с калийным жидким стеклом, после чего смесь тонко перетирается на дисковых или вальцовых краскотерках.

Нанесение силикатных красок производится за 2—3 раза как ручным, так и механическим путем. При работе кистью окрашивание первый раз производят краской с меньшей вязкостью, чем второй раз.

Окрашивание при помощи краскопультов производится более жидким составом.

Для практической проверки качества силикатных красок следует обязательно проводить пробу на стене. Кроме того, применяют ускоренный метод испытания качества силикатных красок путем окрашивания пяти сторон красного кирпича. После высыхания краски кирпич смачивают (до насыщения) водой и устанавливают на неокрашенную сторону для воздушной сушки. Появление через 1—2 дня белых налетов или отмеливание краски указывает на ее недоброкачественность.

Силикатная краска вскоре после нанесения может быть смыта водой; высохшая же краска, как уже было указано, переходит в нерастворимое состояние, поэтому сразу же после окрашивания необходимо тщательно промыть инструменты, которые в противном случае придут в негодность. Необходимо также защищать оконные стекла от попадания брызг.

Окрашивание не следует производить при солнечной погоде.

6. КЛЕЕВАЯ ОКРАСКА

Клеевые краски представляют собою суспензию мела и пигментов в водном клеевом растворе. Они имеют чрезвычайно широкое распространение, благодаря доступности материалов и несложной технике применения, и используются, главным образом, для отделки оштукатуренных поверхностей в сухих помещениях, не подвергающихся резкому изменению температуры. Эти краски не обладают достаточной механической прочностью и устойчивостью к действию влаги.

Окрашивание клеевыми красками производится непосредственно на оштукатуренной поверхности, а также на предварительно зашпатлеванной поверхности штукатурки.

Технологический процесс окрашивания по шпатлеванной поверхности состоит из следующих операций:

1) расшивки трещин и сглаживания поверхности лещадью,
2) первого местного грунтования,
3) подмазки выбоин и трещин,
4) первого сплошного шпатлевания,
5) шлифования,
6) второго сплошного шпатлевания,
7) шлифования,
8) первого сплошного грунтования,
9) второго сплошного грунтования,
10) окрашивания.

Для грунтования поверхности под клеевую окраску применяются специальные грунтовочные составы, которые должны удовлетворять следующим требованиям: 1) хорошо заполнять поры поверхности, 2) хорошо прилипать как к плотным, так и к пористым участкам поверхности, 3) создавать равномерную впитываемость клеевого покрытия, 4) легко наноситься кистью на поверхность, не давая в то же самое время затеков, 5) не осыпаться после высыхания, 6) химически реагировать со штукатуркой и красочным слоем.

Под клеевую окраску применяются несколько видов грунтов: купоросный медный, купоросный цинковый, квасцовый, клеевой, «известковый мыловар». Наиболее распространенным является грунт на медном купоросе. В помещениях с повышенной влажностью рекомендуется «известковый мыловар».

В табл. 58 приведены рецепты (в *кг*) основных грунтов под клеевые покрытия.

Для купоросных грунтов сперва приготовляют раствор смеси клея и мыла в воде. В полученную смесь постепенно при размешивании добавляют заранее приготовленный раствор купороса в 2—3 *л* воды. После охлаждения состава добавляют мел в следующей пропорции: для первого грунтования на 10 *л* состава —

3 *кг* мела, для второго — 6 *кг* мела. Для улучшения смачивания рекомендуется добавка 0,1 *кг* керосина.

ТАБЛИЦА 58

Основные грунты под клеевые покрытия

Материал	Купоросная медная			Купоросная цинковая или клеевая	Клеевая		Известковая (мыловар)		
	I	II	III		I	II	I	II	III
Клей плиточный .	0,3	0,25	0,2	0,25	0,3	0,1	—	—	—
Купорос медный .	0,32	0,2	0,2	—	—	—	—	—	0,8
Купорос цинковый или квасцы	—	—	—	0,2—0,3	—	—	—	—	—
Мыло хозяйственное, твердое . .	0,01	0,02	0,1	0,25	—	—	0,1	0,2	1,5
Мел	2,9	3,3	4,0	3,0	5,4	6,25	—	—	—
Олифа	—	0,1	—	—	—	—	—	0,3	—
Вода	6,4	6,0	5,5	—	4,3	3,65	7,0	7,5	8,0
Известь-пушонка	—	—	—	—	—	—	2,85	2,0	0,3

Готовый грунт процеживают сквозь медную сетку. Хранить его следует в деревянной посуде. Грунт годен к употреблению в течение 5 суток.

Мыло в грунтах является эмульгатором, а также реагирует с известью. В результате реакции двойного обмена получается нерастворимое кальциевое мыло и едкий натр:

$$Ca(OH)_2 + 2RCOONa = Ca(RCOO)_2 + 2NaOH.$$

Известковое мыло заполняет поры штукатурки и, будучи нерастворимым в воде, препятствует впитыванию в штукатурку краски, что обеспечивает равномерность красочного слоя по всей поверхности и предохраняет от появления матовых пятен.

В случае купоросного грунта реакция происходит между мылом и медным купоросом

$$CuSO_4 + 2RCOONa = Cu(RCOO)_2 + Na_2SO_4$$

или образуется CuOHRCOO и $NaHSO_4$.

Кроме того, может происходить реакция

$$CuSO_4 + Ca(OH)_2 = Cu(OH)_2 + CaSO_4$$

Медный или цинковый купорос, а также квасцы одновременно действуют на животный клей как грунтовки, так и краски, задубливая его, в результате чего повышается механическая прочность и водостойкость покрытия.

Известковые грунты приготовляют путем гашения извести водой в количестве согласно рецепту, причем мыло и олифу вводят в раствор в процессе гашения. Если в состав грунта вхо-

дит клей, то мыло и олифу смешивают с раствором клея и этот эмульгированный клеевой раствор вводят в уже гашеную известь.

Шпатлевочные составы под клеевые покрытия имеют целью создать ровную, гладкую и однородную поверхность для получения покрытий высокого качества. Основными требованиями к ним являются пластичность и легкость нанесения. Шпатлевочные составы приготовляют в купоросном или квасцовом грунте (10 *л*) с добавлением 10%-ного клеевого раствора (1,5 *л*); мел добавляют до рабочей консистенции. Добавка небольшого количества олифы повышает пластичность состава. Клеевые шпатлевки часто применяют для подготовки под масляную окраску внутренних помещений. Применение их в этих случаях весьма рентабельно, так как дает значительную экономию олифы.

Основным связующим материалом для клеевой краски (выполняющим роль связующего) служит клей. Из наиболее употребительных клеев следует упомянуть костяной и мездровый, представляющие собой, как известно, животные белки — глутины.

Клей, применяемый для клеевых красок, должен обладать следующими свойствами:

1) содержание влаги в твердом клее не более 17%;

2) вязкость по Энглеру 17,25%-ного раствора мездрового клея при 40° 2—4,6; 15%-ного раствора костяного клея при 30° 18—20;

3) реакция 5%-ного раствора клея — от слабокислой до нейтральной;

4) плитки клея должны быть блестящими, просвечивающими, гладкими и однородными;

5) дробленый клей должен проходить через сито с 4 *отв/см*^{2}.

Кроме того, раствор клея не должен содержать плесени и иметь гнилостного запаха. Пригодность раствора 3—5 суток.

Приготовление клеевой краски осуществляется путем предварительного замачивания клея в небольшом количестве воды, после чего при нагревании получается клеевой раствор. Пигмент предварительно замачивают водою, а затем в него вводят клеевой раствор. Приготовленные краски проверяют на недоклей и переклей. Проверка осуществляется путем пробной покраски на бумаге, картоне или стене. После высыхания производится осмотр и наблюдение поверхности. Недоклеенные краски — мелят, переклеенные — дают блеск. Переклеенные краски недопустимы в работе; недоклеенные могут применяться для окраски потолков и стен выше панелей.

Готовую краску пропускают через сито с 1600 *отв/см*^{2}.

В табл. 59 приведены примерные составы клеевых красок (в вес. ч.).

ТАБЛИЦА 59

Состав клеевых красок

Состав	Цвет краски					
	желтый	песочный	розовый	бирюзовый	темно-голубой	оливковый
Раствор клея (25%-ный)	7,75	8,21	7,64	7,31	7,69	8,65
Мел	35,14	—	35,89	24,39	15,38	—
Охра	4,67	36,23	—	—	—	33,65
Ультрамарин	—	4,83	—	4,39	25,64	4,80
Сажа	—	2,41	—	—	—	
Мумия светлая	—	—	5,12	—	—	—
Зелень	—	—	—	14,01	—	4,80
Вода	52,44	48,32	51,35	49,90	51,29	48,10

На обыкновенную клеевую окраску 10 $м^2$ штукатурной поверхности за один раз расходуется: 1,6 *кг* мела, 0,05 *кг* клея плиточного и примерно 0,17—0,2 *кг* пигмента.

Для получения качественных покрасок необходимо следить за соблюдением рецептуры красочных составов, так как избыток или недостаток того или иного материала может привести к неблагоприятным результатам. Нанесение краски на плохо подготовленную поверхность штукатурки дает непрочное, легко соскабливающееся покрытие или вызывает впитывание (прожухлость), причиной которых является плохое качество грунтовки. Клеевые покраски часто загнивают, особенно если для изготовления краски использован разложившийся клей. Для устранения этого дефекта в краску рекомендуется добавлять 0,05% фенола.

7. КАЗЕИНОВАЯ ОКРАСКА

Для окраски фасадов по штукатурке, бетону и кирпичу, а также для внутренней отделки помещения применяются различные красочные составы на основе казеина.

При правильном пользовании казеиновыми красками можно получать прочные матовые покрытия. Применение казеиновых красок требует тщательной подготовки поверхности. Нанесение этих красок на механически непрочную поверхность нецелесообразно, так как прочная казеиновая пленка «оттягивает» ослабевшую штукатурку или старую краску и вместе с ними отваливается от поверхности. Если казеиновое покрытие наносят на новую штукатурку, то подготовка поверхности заключается только в сглаживании ее лещадью, расшивке трещин и подмазке оставшихся выбоин и трещин.

Нанесение казеиновых покрытий на старую штукатурку требует, как уже было отмечено, особо тщательной подготовки,

включающей удаление старой краски и ремонт штукатурки, после чего производится заделка трещин и выбоин специальным шпатлевочным составом. Крупные трещины сначала заделывают известковым раствором с последующей просушкой, а затем шпатлеванием заделанных мест.

Шпатлевочный состав для подготовки поверхности под казеиновую окраску:

Казеиновая (готовая) сухая краска белая	3 ч. (объемн.)
Вода холодная	1—1,2 ч.
Мел молотый сеяный	1—2 ч.
Олифа	4—5% от веса сухой краски
Мыло жидкое	8—10%

Расход шпатлевки — до 1 *кг* на 1 $м^2$ поверхности за два раза. Состав пригоден в течение 10—15 часов.

Казеиновая шпатлевка пригодна также для клеевых и масляных окрасок; она не требует предварительного грунтования штукатурки олифой и не закупоривает пор штукатурки, что дает возможность наносить ее на не вполне просохшую штукатурку. Для подмазки трещин и выбоин применяется шпатлевка более густой консистенции.

На высохшую прошпатлеванную поверхность наносят грунтовочный слой — разбавленную казеиновую краску.

При окрашивании по старой масляной краске необходимо в готовый казеиновый грунт ввести и заэмульгировать около 10% олифы. В краску (второго слоя) олифу можно не вводить. Старая масляная окраска должна быть промыта мыльной водой, обработана шкуркой или пемзой для получения шероховатой поверхности с целью усиления прилипания казеинового грунта.

Для казеиновой окраски могут применяться два типа материала: а) готовые сухие казеиновые краски; б) казеиновые краски, приготовленные на месте работ.

Готовые казеиновые краски (ОСТ 27—1908), выпускаемые заводами, представляют собой однородную порошкообразную смесь, состоящую из молотого казеина, щелочи, извести, мела и пигмента. Краски выпускаются различных цветов. На месте работ на 1 *кг* сухой казеиновой краски берут 1 *л* теплой воды. Воду добавляют постепенно, при быстром и тщательном перемешивании. Образовавшиеся комки разминают. Если после выдержки в течение часа краска загустела, то можно прибавить немного воды; если же консистенция краски удовлетворительна, то ее процеживают через сито 1600 *отв/см*^{2}. Для подготовки нужного цвета полученные растворы красок смешивают в желательных пропорциях. При ручной работе для легкости нанесения иногда

на 1 *кг* сухой краски добавляют ~ 50 *г* жидкого мыла и 20—40 *г* олифы.

Растворенная краска пригодна не более 1—2 суток.

Необходимо помнить, что в готовую казеиновую краску нельзя добавлять сухие пигменты, ибо это уменьшает содержание казеина в краске и ведет к мелению покрытия.

Расход материалов на казеиновую окраску (без шпатлевки) для 10 $м^2$ оштукатуренной поверхности (в *кг*):

Краска готовая сухая казеиновая .	3,10
Мыло жидкое	0,15
Олифа	0,04
Скипидар или лаковый бензин . . .	0,30

Приготовление казеиновой краски на месте работы производится по следующей рецептуре: казеина сухого мелкомолотого — 1 *кг*; аммиака (25%-ный раствор) — 100 *мл*, воды — 5 *л*, фенола (антисептика) — 0,02 *кг*.

Казеин сначала замачивают в теплой воде в течение 2—3 час. При тонком измельчении и просеивании казеина и при нагревании до 30° замачивание сокращается до 30 мин. Затем вводят аммиак и продолжают все время помешивать до получения однородного раствора.

После помешивания в течение часа добавляют около 0,5 *л* известкового молока. От добавления известкового молока раствор густеет, а затем разжижается, что указывает на достаточное количество добавленной извести. Получившийся клей разбавляют водой до 10 *л*. Хранить его можно до 24—48 часов.

В отдельной емкости приготовляют краску нужного цвета путем размешивания в воде мела и сухих пигментов и добавления приготовленного казеинового клея.

Количество добавляемого клея зависит от веса взятого мела и сухого пигмента. Необходимо, чтобы на 10 вес. ч. сухого пигмента приходилось около 1 вес. ч. сухого казеина, т. е. считая, что в казеиновом клее упомянутого состава имеется 10% казеина, на 1 вес. ч. сухого пигмента надо брать около 1 вес. ч. клеевого раствора. Если накраска несколько мелит, количество клеевого раствора следует увеличить.

Разбавлять краску водой следует осторожно, применяясь к особенностям взятых материалов. При слишком сильном разбавлении краска дает потеки на вертикальных поверхностях.

Добавление 10%-ного раствора квасцов снижает текучесть краски. Однако вводить этот раствор нужно осторожно, так как от излишка квасцов может произойти свертывание казеина.

Казеиновые краски, приготовленные без добавления извести (растворением казеина в щелочах), подвержены гниению, вызванному набуханием их под влиянием влаги. Поэтому при при-

менении их для наружных работ необходимо обрызгивать окрашиваемую поверхность раствором формалина в качестве задубливающего средства, что практически затруднительно.

В краски перед употреблением можно вводить 4%-ный раствор формалина в количестве 1—2% от готовой краски. Однако это следует производить весьма осторожно, так как при избытке формалина может произойти коагуляция раствора, и краска будет испорчена.

В качестве специально фасадных красок рекомендуется применять растворы, в состав которых входит гашеная известь, вступающая, с одной стороны, в химическое соединение с казеином, образуя нерастворимый казеинат кальция, а с другой,— подвергающаяся карбонизации.

В табл. 60 приведены рецепты (в *кг*) известково-казеиновых красок для фасадов.

ТАБЛИЦА 60

Состав известково-казеиновых красок

Материал	Состав	
	I	II
Казеин	5,0	0,45
Гашеная известь	5,0	0,2
Мел отмученный	4,0	3,0
Бура	0,05	—
Каолин	—	1,5
Пигмент в зависимости от укрывистости и цвета	0,05	0,2

Все порошкообразные материалы тщательно просеивают на сите, смешивают в смесителе и добавляют воду из расчета на 100 вес. частей порошка 50 частей воды. Воду добавляют небольшими порциями при постоянном размешивании до получения однородной массы, не содержащей комков. Эту массу выдерживают в течение 1 часа так, чтобы поверхность ее была покрыта водой, после чего вновь перемешивают, доводя до рабочей консистенции.

Качество казеиновых покрытий всецело зависит от соотношения материалов в красочных составах. Так, например, недостаточное количество или неполное растворение казеина в готовой краске вызывает меление. При избытке же казеина наблюдается растрескивание покрытия. Неправильная рецептура шпатлевки и грунтовки также может оказать неблагоприятное влияние на качество покрытия, вызывая растрескивание или появление пятен на окрашенной поверхности.

8. ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОЛИФЫ И ЕЕ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ

Для окрашивания штукатурки на строительстве и при ремонте жилых и производственных зданий и сооружений до последнего времени широко применялись масляные краски.

Техника покрытий на основе этих материалов внутри помещений обычно состоит из следующих операций:

1) грунтования штукатурки олифой или ее заменителями;

2) двукратного шпатлевания, т. е. сначала заделки щелей и выбоин, а затем общего шпатлевания, — для чего применяется шпатлевка эмульсионная, масляно-клеевая или гипсово-клеевая; после высыхания каждого слоя шпатлевки его легко шлифуют пемзой;

3) грунтования шпатлевки олифой — с целью пропитки и упрочнения шпатлевки;

4) окрашивания после грунтования масляной краской, разбавленной олифой;

5) окрашивания матовой масляной краской, получаемой разбавлением густотертых красок лаковым керосином или раствором воска в скипидаре.

Матовость окрашенной поверхности маскирует неровности штукатурки и придает стенам более приятный вид. Еще лучший эффект достигается торцеванием.

Густотертые масляные краски на растворителях экономят олифу, необходимую для доведения красочных масляных паст до рабочей консистенции, и допустимы при окрашивании штукатурки, дерева и металла для внутренних помещений, кроме полов.

Окрашивание штукатурки внутри помещений масляными красками производится главным образом в санитарно-гигиенических целях. Так окрашивают помещения больниц, столовых, вокзалов, бань и магазинов. Так же окрашивают панели лестничных клеток и коридоров для увеличения прочности окрашенной поверхности к истиранию и мытью.

Применение масляных материалов для окрашивания жилых помещений нецелесообразно, так как масляная пленка мало проницаема для воздуха и нарушает естественную вентиляцию через штукатурку. По этим соображениям масляная окраска неэффективна и для отделки штукатурных фасадов; казеиновые или известковые окраски дольше служат и легче ремонтируются.

Быстрый рост потребности в растительном масле для олиф и масляных красок заставил ограничить применение масляных материалов на строительстве и рекомендовать применение ряда новых типов красок и олиф (лаков), не содержащих масел или содержащих их в меньших количествах.

К краскам, содержащим меньшие количества масла, следует в первую очередь отнести различные водоэмульсионные составы:

казеиново-масляные эмульсии; масляные краски, разбавленные растворителем; казеиново-канифольные эмульсии (не содержащие масла); водомасляные эмульсии типа В/М; водомасляные эмульсии типа М/В.

Масляные краски на эмульсиях типа В/М (вода в масле) экономят от 20 до 30% натуральной олифы, обеспечивая высокое качество красочной пленки, и употребляются для внутренних и наружных покрытий по штукатурке. Они пригодны также для грунтования столярных изделий и изготовления шпатлевки, применяемой для подготовки под окраску поверхностей, подвергающихся воздействию внешних факторов.

Водоклеевые и казеиновые краски на эмульсиях типа М/В (масло в воде) экономят 50—75% олифы. Они образуют прочную красочную пленку и применяются, главным образом, при внутренних работах для окрашивания штукатурных и деревянных поверхностей (кроме оконных переплетов, дверей и полов), не подвергающихся воздействию влаги. Для окрашивания по металлу такие краски непригодны.

Водоэмульсионные составы на основе масляно-глифталевых лаков типа В/М могут применяться для покрытий по дереву и штукатурке, эксплуатируемых на открытом воздухе, в том случае, если в них не содержится канифоль или ее производные. Так называемая строительная эмульсионная эмаль СЭМ пригодна для внутренних покрытий.

Безолифные краски на канифольных лаках, которыми заменяют иногда масляные краски для внутренних покрытий по штукатурке, не могут дать доброкачественных покрытий, так как они непрочны к истиранию.

Краски на искусственных олифах, изготовленных на основе продуктов окисления керосина и лакового бензина, а именно на олифах карбиноль, синтол, лактойль и др., заменяют краски на натуральной олифе при окрашивании штукатурки внутри помещений. Сюда же относятся олифы на полимерах — отходах пиролиза нефти (лакойль). Краски на синтоле, заменяющие краски на натуральной олифе, поставляются в готовом для употребления виде.

Указанные искусственные олифы могут применяться для грунтов и шпатлевок по штукатурке при подготовке поверхности для внутреннего окрашиванаия всеми видами красочных составов. Красочные составы с применением синтола, эфиросолевой олифы, карбаноля, синтоксина и др., вследствие резкого запаха могут применяться только при окрашивании помещений, сдача в эксплуатацию которых производится после проветривания в течение 3—5 дней по окончании окрасочных работ. При возможном увлажнении помещений (бани, ванные комнаты, прачечные) эти краски применять не рекомендуется.

Для окраски оштукатуренных поверхностей внутри помещения применяются краски Синтол-«у», выпускаемые в готовом к употреблению виде. В этих красках токсичный растворитель — сольвент — заменен лаковым керосином. Кроме того, благодаря добавке асидола, уменьшается и быстрее исчезает специфический запах.

Синтол-«у» приготовляется по следующей рецептуре (в %): полуфабриката синтола — 30, нафтеновых кислот — 15, парафина в качестве гидрофобной добавки 1,2, пигментов — 36,0, уайт-спирита — 17,8.

Синтоловые краски наносятся на зашпатлеванную поверхность. Шпатлевка имеет следующий состав (в %): мела плавленого 68,73; краски синтоловой 15—20, клеевого раствора (концентрация 10—17%) — 12.

На основе опыта промышленного применения установлена наиболее целесообразная схема технологического процесса окрашивания:

1) зачистка поверхности штукатурки,
2) грунтование разбавленной синтоловой краской,
3) двукратное шпатлевание с последующим шлифованием,
4) двукратное окрашивание (промежуточная сушка 24 часа).

Окрашиваемая поверхность при этом получается блестящей.

9. ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРХЛОРВИНИЛОВЫХ КРАСОК

Для окраски штукатурки и бетона применяются специальные фасадные перхлорвиниловые краски, отличающиеся тем, что путем увеличения содержания пигментов достигнута паропроницаемость получаемых покрытий [4, 5].

Рекомендуется следующая рецептура перхлорвиниловой краски (в %): перхлорвиниловой смолы — 6, растворителя сольвента — 54, пигмента — 40.

Для фасадных перхлорвиниловых красок в качестве пигментов применяются только: охра, мумия, железный сурик, умбра, окись хрома и ультрамарин. Разбелка производится смесью мела с литопоном или окисью цинка в соотношении 70 : 30.

Перхлорвиниловые покрытия по штукатурке наносятся на предварительно зашпатлеванную поверхность, причем установлено, что наилучшие результаты дает следующий шпатлевочный состав: перхлорвиниловый лак (20%-ный) — 70%, мел — 30%.

При окрашивании штукатурки и бетона перхлорвиниловыми красками одним из решающих факторов качества покрытия является тщательность предварительной подготовки поверхности, которая должна состоять из следующих обязательных операций:

а) тщательной просушки штукатурки. При плохой просушке образуются пятна (высолы) и отслоения;

2) очистки от старой краски пескоструйными аппаратами или стальными скребками. При ремонте здания, ранее окрашенного перхлорвиниловой краской, последнюю снимать не требуется;

3) очистки от пыли и грязи обдувкой сжатым воздухом или вручную кистями;

4) сплошного грунтования 10%-ным перхлорвиниловым лаком. Грунт наносится краскораспылителем или кистью и высушивается в течение 2—3 часов;

5) нанесения перхлорвиниловой шпатлевки (рецептура указана выше). Шпаклевание производится деревянными, стальными или резиновыми шпателями до полного сглаживания всех неровностей на поверхности. Каждый слой шпаклевки высушивается в течение 4—6 часов;

6) шлифования зашпатлеванной поверхности пемзой или наждачной шкуркой после полного высыхания шпатлевки.

При окраске новой штукатурки операции грунтования и шпатлевания не требуются.

Перед окрашиванием подготовленной поверхности необходимо тщательно проверить качество краски, в частности ее вязкость. Вязкость перхлорвиниловой краски по воронке НИИЛКа (диаметр сопла 7 *мм*) должна быть для окраски кистями 15—18 сек., для воздушного распыления 8—10 сек.

В случае необходимости добавляется соответствующее количество растворителя (сольвент, ксилол). Нанесение краски производится краскораспылителем или кистью. При окраске кистями краску рекомендуется наливать в емкость не более 3—5 *кг* во избежание загустевания ее в процессе работы.

Краска наносится двумя слоями с просушкой первого слоя при температуре воздуха 15—20° в течение 4—6 часов. При температуре ниже 15° второй слой наносится через сутки. Окраска может производиться в любое время дня, но только при сухой погоде. Ниже приводится ориентировочный расход (в *г*) материалов на 1 $м^2$.

Перхлорвинилового грунтовочного лака за один раз	150—175
Шпатлевки за один раз	500—550
Краски за два раза	500—550

Опыт показал, что перхлорвиниловые краски дают прочные покрытия по штукатурке, срок службы их не менее 8 лет [4, 6]. Однако окончательного определения срока их службы дать еще нельзя, так как широкое применение они получили только в 1950 г. и за окрашенными зданиями ведется наблюдение. Следует также отметить, что перхлорвиниловые покрытия можно периодически промывать.

Работы по применению перхлорвиниловых фасадных красок показали [4] возможность повышения атмосфероустойчивости

перхлорвиниловых красок за счет увеличения содержания цинковых белил в пигментной части красок и уменьшения содержания мела, повышения содержания цветных пигментов и применения ультрамарина вместе с окисью хрома. Введение в перхлорвиниловую шпатлевку пластификаторов или мыльной добавки оказывает положительное влияние на ее малярно-технические свойства.

Изучение технико-экономических показателей различных видов окраски штукатурки и бетона привело к выводу [7], что наиболее эффективным из применяющихся видов покрытий по фасадам является перхлорвиниловая краска, однако недорогие известково-цементные краски также дают хорошие покрытия.

10. ЛАТЕКСНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Ценным материалом для окрашивания штукатурки и бетона являются водоэмульсионные краски — латексы, главным образом, синтетических каучуков, сополимеров стирола (90%) и дивинила (10%), полимеров стирола и т. п. Первые за рубежом носят наименование «люстрекс» (латекс типа СКС-90). Применение каучуков с содержанием дивинила более 10—20% уменьшает сроки службы покрытий. Их положительными свойствами являются безвредность и огнебезопасность эмульсий, легкость нанесения, быстрое высыхание, возможность мытья окрашенной поверхности, а также пористость получаемой пленки, способствующая свободному удалению влаги, образующейся под покрытием. Перечисленные свойства обеспечивают латексным краскам широкое применение [8].

Латексные краски являются сложной дисперсной системой, в которой могут применяться как неорганические гидрофильные, так и органические гидрофобные [9] пигменты. Вследствие разницы удельных весов компонентов, латексные краски проявляют агломератную неустойчивость. Для повышения устойчивости водной суспензии в синтетический латекс вводится эмульгатор ионного типа. Пигменты также должны быть диспергированы и стабилизированы эмульгатором анионного или неионогенного типа. В латексные краски нельзя вводить нещелочеустойчивые, а также водорастворимые пигменты и красители. Рекомендуются следующие пигменты: 1) неорганические — содержащие железный сурик, оксидные, гидрат окиси железа, двуокись титана или окись хрома, 2) органические, например ганза желтый, голубой, фталоцианин меди и толуидиновый красный.

Содержание пигмента в латексной краске должно не превышать 50%; большее количество пигмента оказывает отрицательное влияние на устойчивость системы. В качестве эмульгатора обычно используют казеин, соевые белки и т. п. коллоиды.

Примерный состав латексной краски (в *кг*)

Двуокись титана	122,5
Глина (бентонит, каолин)	34,6
Вода — дестиллированная	74,3
Казеин (15% раствор в аммиаке)	34,4
Тетрапирофосфат натрия	0.8
Пентахлорфенолят натрия (15% раствор)	7,8
Скипидар	1,9
Трибутилфосфат	5,9
Латексный сополимер СКС-90 (45%-ный)	211,5

Введение пластификатора в краски на основе латексов повышает адгезионные свойства покрытий [10]. Однако для достижения этого необходимо, чтобы латексные полимеры совмещались с пластификаторами, и размер частиц латекса соответствовал размеру частиц пластификатора. Оптимальный размер частиц 0,1—0,5 *мк*. Латекс должен содержать минимальное количество мономера, во избежание сильного запаха и плохой механической устойчивости. Пластификатор должен быть подвижным при комнатной температуре, хорошо совмещаться с растворителем, применяемым для диспергирования латекса, не растворяться в воде и легко эмульгироваться.

Внутренняя фаза в поверхностно пластифицированной эмульсии представляет собой раствор мелких гелеобразных частиц смолы в пластификаторах. Для лучшей совмещаемости гелеобразных частиц во внутренней фазе требуется повышенная температура. Кроме того, на совмещаемость частиц оказывает влияние выбор пластификатора и соотношение его со смолой. Добавка растворителя, препятствующего образованию пены, улучшает совместимость, но снижает пластичность при низких температурах.

Для получения более прочных покрытий обычно латексные краски модифицируются небольшим количеством алкидно-масляной или другой смолы (исключение составляют акриловые латексы).

Латекс СКС-90, модифицированный масляно-алкидными смолами, не требует добавки пластификаторов. Пигменты для эмульсионной краски диспергируются в водной среде с добавлением протеина и диспергирующих веществ, например лецитина или гуммиарабика.

Полистирольный латекс, кроме добавления алкидных смол для получения пленки, требует введения пластификаторов или растворителей [11]. Краски на полистирольном латексе применяются для покрытий высокой стойкости к действию кислот и щелочей.

Винил-винилиденхлоридные латексы, модифицированные алкидами, применяются для изготовления огнезащитных красок.

Поливинилацетатный латекс обладает многими ценными свойствами, например сохранением бесцветности при старении, а также высокой адгезией. Латексы такого типа с успехом могут быть использованы для окраски внутри помещений.

Акриловые латексы являются новым видом смол для эмульсионных красок; их сравнительно высокая стоимость окупается следующими преимуществами:

1) стойкостью к жесткой воде и растворимым примесям двуи трехвалентных металлов;

2) возможностью применения в эмульсионных красках без добавки алкидных смол и пластификаторов;

3) стабильностью при хранении, хорошей вязкостью и постоянным значением pH;

4) высокой цветостойкостью и адгезией к различным материалам. Акриловые латексы применяются для наружных работ по дереву и штукатурке.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Крестов, П. Л. Пшеницын, К. И. Толстихин, Техника фрески, Гос. Архитектурное изд., 1941.

2. В. В. Чернов, Лакокрасочная техника в архитектуре, Гос. Архитектурное изд., 1941.

3. А. Я. Рево, Малярные и альфрейные работы, Стройиздат, 1940.

4. А. Я. Дринберг, А. И. Парадия, Ш. Н. Голант, Окраска фасадов зданий, изд. Министерства коммунального хозяйства, РСФСР. Москва, 1956.

5. В. В. Чернов, Отделочная техника, Сборник I, изд. Академии Архитектуры СССР, 1949.

6. Н. А. Виноградова, Отделочная техника. Сборник I, 31, Издательство по строительству и архитектуре, 1954.

7. Отчет Ленинградского института Академии коммунального хозяйства за 1954 г.

8. F. D. Johnson, Can. Paint. Varn. Mog., 27, № 5, 12; № 6, 32 (1953).

9. L. A. Melsheimer, W. H. Hoback, Ind. Eng. Chem. **45**, № 4, 717 (1953).

10. R. B. Green, Ind. Eng. Chem. **45**, № 4, 726 (1953).

11. J. Brindle, Chim. peint. **16**, № 5, 173 (1953).

Глава XIV

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛОВ К НАНЕСЕНИЮ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

При подготовке поверхностей к нанесению покрытий применяется следующее оборудование:

1. Инструменты, аппараты и оборудование для механической очистки поверхностей.
2. Аппараты и оборудование для химической и электрохимической очистки поверхностей.
3. Инструменты, аппараты и оборудование для термической очистки поверхностей.
4. Аппараты и оборудование для фосфатирования поверхностей.

1. ИНСТРУМЕНТЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ручные инструменты для очистки. Для механического удаления грязи, ржавчины и окалины употребляют простейшие ручные инструменты в виде металлических скребков, ножей и шпателей, стальных проволочных щеток и т. п. На рис. 66 показаны наиболее употребительные инструменты для ручной очистки. Работа с такими инструментами проста, но трудоемка. Поэтому области применения этого способа ограничиваются небольшими производственными предприятиями, где объем работ по очистке поверхностей незначительный. В крупных предприятиях ручной способ очистки постепенно вытесняется более производительным механизированным способом с применением специальных аппаратов [1, 3].

Аппараты для очистки поверхностей. Для очистки металлических поверхностей применяются различного рода электрические и пневматические аппараты. При этом очистка производится круглыми стальными щетками или специальными шайбами, на которые накладывается шлифующий материал. Щетки и шайбы надеваются непосредственно на вал электрического или пневматического двигателя или на специальный наконечник гибкого вала, второй конец которого соединяется с двигателем.

В электрических аппаратах для механической очистки поверхности могут быть использованы двигатели как переменного, так и постоянного тока. С целью снижения габарита и веса аппарата применяют электродвигатели переменного тока с частотой 150—200 пер/сек. Это особенно необходимо в том случае, если электродвигатель смонтирован непосредственно в аппарате; при работе же с гибким валом в этом нет необходимости. Для преобразования частоты тока устанавливаются специальные преобразователи, обслуживающие одновременно несколько аппаратов.

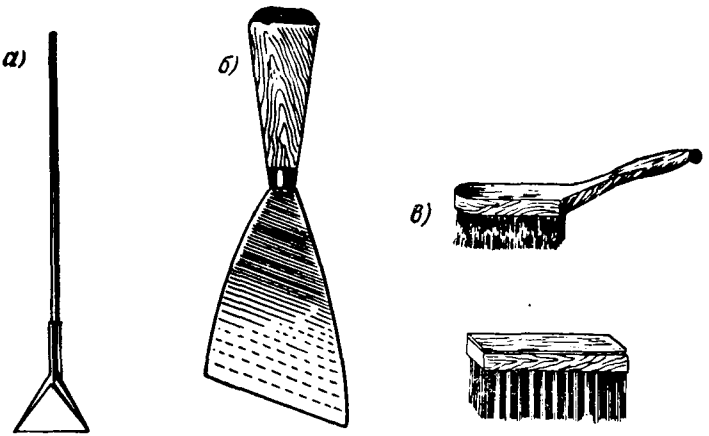


Рис. 66. Ручные инструменты для механической очистки:
а — скребок; *б* — стальной шпатель; *в* — проволочные щетки

Весьма удобна для очистки от ржавчины и непрочно сцепленной окалины угловая пневматическая машинка (рис. 67) [3].

В силуминовом корпусе *5* смонтирован пневматический двигатель *6* роторного типа. Впуск воздуха производится с помощью вентиля *7*. В корпусе *4* смонтирована угловая головка *3*, на коническую часть шпинделя *2* которой крепится проволочная щетка *1*.

Мощность двигателя при давлении 5 *кг/см*^{2} — 0,5 *л. с.* Расход воздуха 0,7 *м*^{3}*/мин*.

На рис. 68 представлена универсальная пневматическая машина УПМ-1, получившая широкое применение в окрасочных цехах при снятии ржавчины и шлифовании по шпатлевке. Она состоит из корпуса *5* с крышкой *6*, пневматического роторного двигателя *2*, ведомой шестерни *1*, сменного рабочего инструмента *8*, укрепляемого к планшайбе *7* винтом *9*. Сжатый воздух через впускной кран *3* подается к ротору двигателя и, нажимая на

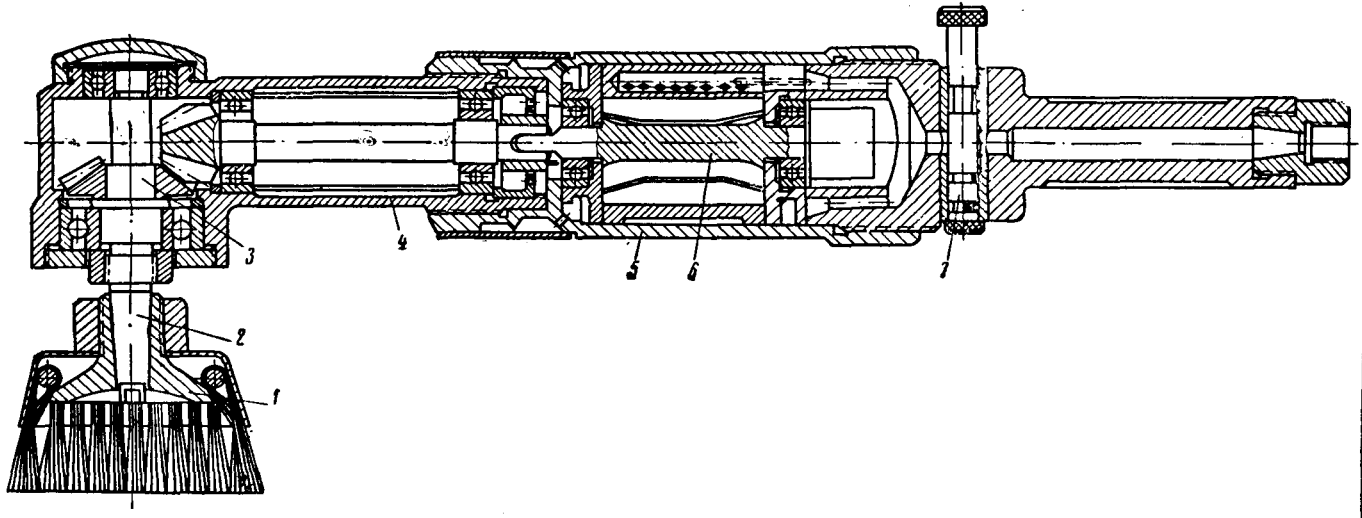


Рис. 67. Угловая пневматическая машинка:

1 — проволочная щетка; *2* — конус шпинделя; *3* — угловая головка; *4* и *5* — корпуса; *6* — пневматический двигатель; *7* — вентиль

текстолитовые лопатки, приводит его во вращение. Выступающий конец ротора выполнен в виде цилиндрической шестерни, которая, находясь в постоянном сцеплении с ведомой шестерней *1*, приводит ее во вращение. Рабочий инструмент, укрепляемый на планшайбе, соединенный винтами с ведомой шестерней, при этом также получает вращение.

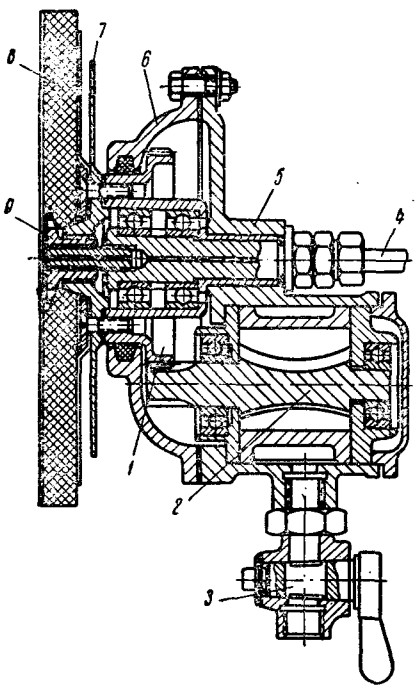


Рис. 68. Универсальная пневматическая машина УПМ-1:

1 — ведомая шестерня; *2* — пневматический двигатель; *3* — кран; *4* — водопроводная трубка; *5* — корпус; *6* — крышка; *7* — планшайба; *8* — рабочий инструмент; *9* — винт

На корпусе машины укреплены две рукоятки (на чертеже не показаны), за которые рабочий поддерживает машину во время работы.

При использовании машины для снятия ржавчины рабочим инструментом служит круглая щетка из стальной проволоки; при шлифовке шпатлеванных поверхностей к планшайбе крепится круг из упругой резины. При этом наружный торец круга предварительно покрывается слоем лака, например № 170, который после предварительной просушки в течение 30 мин. покрывается равномерным слоем карборундового порошка № 120—140, затем подвергается окончательной сушке в течение 3 часов, после чего может быть пущен в работу. При использовании машинки для мокрой шлифовки под круг может подаваться вода через водоподводящую трубку *4*.

Машина работает под давлением воздуха в 5 *ата*, развивая мощность 0,75 *л. с.* Расход воздуха — 1,5 $м^3/мин$, производительность при шлифовании 2,5—3 $м^2/час$. Вес машины 3,5 *кг*. На рис. 69 и 70 представлены другие разновидности аппаратов.

Оборудование для очистки песком и дробью. Пескоструйная очистка представляет собой наиболее совершенный способ подготовки поверхности перед нанесением защитных покрытий. Применение этого способа подготовки не только позволяет удалить с поверхности окалину, ржавчину, старую краску, грязь и т. п., но и сама поверхность приобретает при этом равномерную шероховатость, обеспечивающую покрытию хорошую адгезию. Очистка

производится песком, который с помощью специальных аппаратов направляется на очищаемую поверхность с большой скоростью.

Песок, применяемый для очистки, следует в процессе работы просеивать и периодически добавлять свежие порции. Расход воздуха при работе пескоструйного аппарата колеблется от 45 до 360 *м³/час* при давлении от 3,5 до 5 *ата*.

Подача песка может производиться одним из следующих способов:

1) под давлением, когда песок смешивается с воздухом в смесительной камере аппарата и по шлангу подается к наконечнику;

2) всасыванием, когда песок засасывается струей сжатого воздуха;

3) собственным весом, когда песок свободно падает по направлению к отверстию наконечника и перед самым выходом смешивается с воздухом.

Первый способ является наиболее производительным, но связан с применением более сложных аппаратов и сопровождается большим износом шлангов.

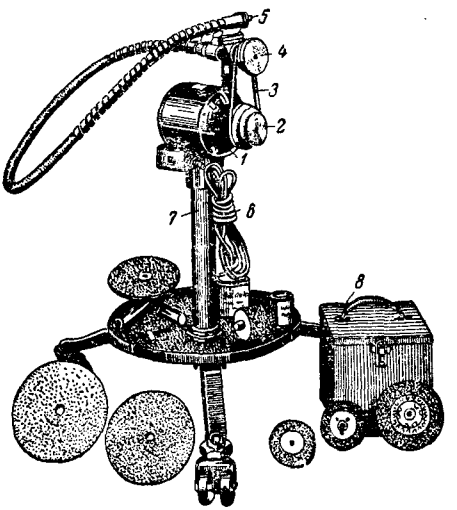


Рис. 69. Передвижной электрический аппарат для механической очистки с гибким валом:

1 — электродвигатель; *2* — ступенчатый шкив мотора; *3* — клиновой ремень; *4* — ступенчатый шкив вала; *5* — гибкий вал; *6* — гибкий кабель; *7* — передвижная колонка; *8* — ящик для инструмента

Второй способ более простой, но мало производителен.

Третий способ применим только при постоянном направлении струи песка и автоматической очистке поверхностей.

Аппараты с подачей песка под давлением изготовляются однокамерными — периодического действия или двукамерными — непрерывного действия. Различие их заключается в том, что однокамерные аппараты для каждой новой загрузки песка приходится останавливать; двукамерные же аппараты могут работать непрерывно, и загрузка песка производится без остановки аппарата.

На рис. 71 изображен двукамерный аппарат непрерывного действия. Он состоит из загрузочного резервуара *1*, куда засыпается чистый песок, верхней камеры *2*, снабженной клапаном *3*, и нижней камеры *4* с клапаном *5*, из которой песок поступает в смесительную камеру *6* и далее по трубе и шлангу подается

к наконечнику. Сжатый воздух подается из сети по трубе *15* и проходя через смесительную камеру смешивается с песком, падающим из нижней камеры через отверстие *14*. Верхняя и нижняя камеры через трубу *9* открытием крана *12* могут подключаться к сети сжатого воздуха. При израсходовании песка в нижнем резервуаре сжатый воздух через клапанную коробку *8* подается в верхнюю камеру *2*, и давление в камерах уравнивается. Бла-

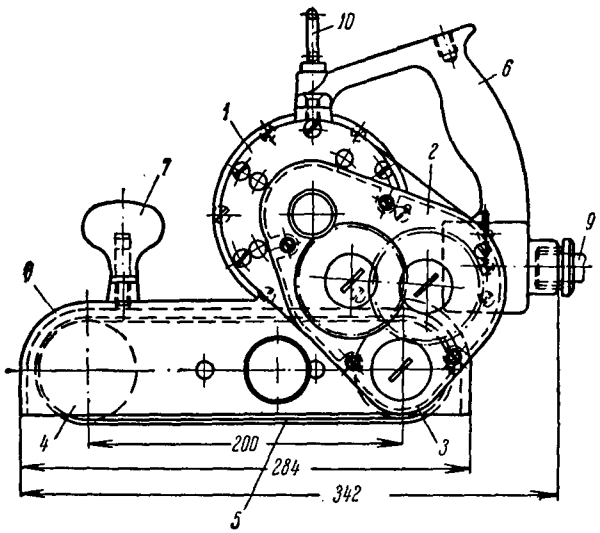


Рис. 70. Электрический аппарат с бесконечной лентой для механической очистки и шлифования:

1 — электродвигатель; *2* — коробка передач; *3* — ведущий барабан; *4* — натяжной барабан; *5* — шлифующая лента; *6* — рукоятка с курковым выключателем; *7* — опорная рукоятка; *8* — кожух; *9* — четырехжильный провод; *10* — кольцо для подвески аппарата

годаря давлению песка клапан *5* открывается и песок из верхней камеры пересыпается в нижнюю. Открытием дополнительного клапана верхний резервуар сообщается с атмосферой, что вызывает закрытие клапана *5* и открытие клапана *3*, через который чистый песок из загрузочного резервуара *1* пересыпается в верхнюю камеру. В процессе работы аппарата загрузочный резервуар через сетку заполняется чистым песком, и после освобождения нижней камеры цикл повторяется снова. При засорении отверстия, через которое песок подается в смесительную камеру, прочистка его производится через крышку *11* и раструб *10*.

При всех достоинствах пескоструйная очистка имеет существенный недостаток — большое пылеобразование. Тонкая песочная пыль, проникая через мелкие отверстия, запыляет соседние производственные помещения и, если не будут приняты соответ-

ствующие меры, может вызвать серьезные заболевания работающего персонала. Наиболее эффективными мерами борьбы при пескоструйной очистке является локализация пыли. Пескоструйную очистку следует производить в совершенно изолированных помещениях, оборудованных мощной вентиляцией. При очистке крупных изделий рабочий должен одевать специальный костюм с респиратором, полностью изолирующий его от запыленной среды. При очистке небольших по габаритам изделий последние помещаются в камеру, оборудованную местной вытяжкой; рабочий при этом должен находиться вне камеры, оперируя наконечником пескоструйного аппарата через рабочий проем и наблюдая за процессом очистки через застекление камеры.

На рис. 72 изображена камера для пескоструйной очистки мелких изделий. Конструктивно она представляет собой закрытую со всех сторон металлическую коробку *1*, имеющую небольшой рабочий проем *2*, который одновременно служит и загрузочным отверстием.

Детали укладываются на решетчатый стол и через рабочий проем подвергаются обработке. Чтобы песок при ударе струи о поверхность не мог попадать в помещение, открытый проем перекрыт резиновыми лентами. Выше рабочего проема имеются смотровые окна *3*, через которые рабочий наблюдает за ходом операции.

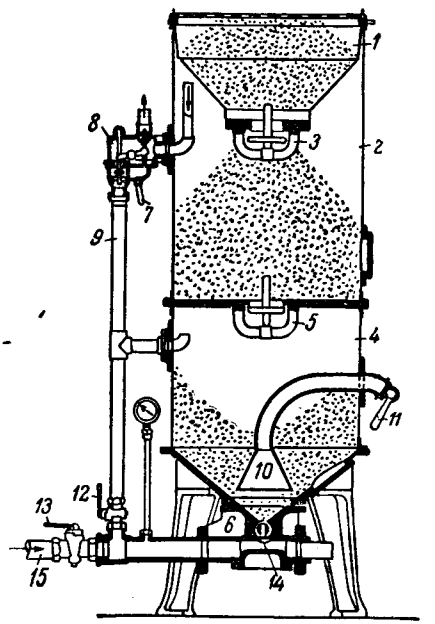


Рис. 71. Двукамерный пескоструйный аппарат:

1 — резервуар для свежего песка; *2* — верхняя камера; *3* — верхний клапан; *4* — нижняя камера; *5* — нижний клапан; *6* — камера смешения; *7* — рукоятка; *8* — клапанные коробки; *9* — трубка; *10* — раструб для прочистки отверстия для выхода песка; *11* — крышка; *12, 13* — краны для воздуха; *14* — отверстие для выхода песка; *15* — труба для подачи сжатого воздуха

Образующаяся в камере пыль отсасывается пылевым вентилятором *4* и выбрасывается в атмосферу. Запыленный воздух перед выбросом в атмосферу обычно пропускается через фильтр, в котором крупные частицы пыли задерживаются.

Отработанный песок через решетку стола падает в нижний бункер *5* и после просеивания подается для повторного использования.

Пескоструйная очистка обычно сопровождается большим расходом песка, значительная часть которого уже после непродолжительного использования теряется безвозвратно. Заготовка и хранение песка, его промывка, сушка и просеивание, а также удаление использованного песка представляют собой трудоемкие операции. Поэтому в пескоструйных установках большой производительности необходимо стремиться к автоматизации этих операций, применяя элеваторы и ленточные транспортеры для передвижения песка и механизированные сита для его просеивания.

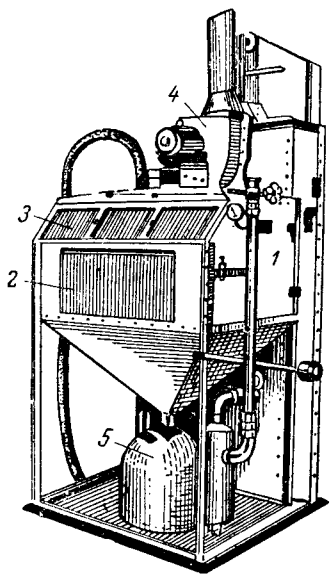


Рис. 72. Камера для пескоструйной очистки:
1 — коробка; *2* — рабочий проем; *3* — смотровые окна; *4* — вентилятор; *5* — бункер

Недостатки, присущие очистке поверхностей кварцевым песком, в значительной степени устраняются при применении чугунной или стальной дроби.

При этом способе очистки расход материалов значительно меньше, так как чугунная, а в особенности стальная дробь очень устойчивы и могут использоваться длительное время без замены. Существуют два типа аппаратов для очистки поверхностей дробью:

1) дробеструйные аппараты, работающие, так же как пескоструйные, при помощи сжатого воздуха;

2) дробеметные аппараты, выбрасывающие дробь из колеса с лопатками за счет развиваемой при вращении колеса центробежной силы.

Дробеструйные установки по своему устройству не отличаются от пескоструйных. Употребляемая при этом дробь из закаленного чугуна имеет размеры зерен от 0,5 до 1,5 *мм*. Дробеструйные аппараты, обладая существенными преимуществами перед пескоструйными, значительно уступают по качеству обработки и производительности дробеметным аппаратам; поэтому они постепенно вытесняются последними. Дробеметные аппараты ввиду отсутствия избыточного давления почти не создают пыли. Пыль, образующуюся в результате очистки поверхностей, легко собрать при помощи вентиляции в специальные сборники.

Дробеметный аппарат состоит из двух параллельных дисков с радиальными лопатками между ними. Дробь поступает в центр колеса и при вращении его со скоростью 2000—2500 об/мин. вы-

брасывается лопатками со скоростью 70—75 *м/сек* в рабочую камеру на поверхность очищаемых изделий. Употребляемая при этом чугунная дробь имеет размеры от 0,5 до 2 *мм*; стальная дробь в виде рубленых кусочков стальной проволоки имеет размеры 0,5—2,5 *мм*.

Дробеметная очистка производится в специальных камерах, оборудованных или круглыми поворотными столами, или конвейерами, подающими изделия непрерывно. Чтобы изделия были очищены со всех сторон, подвески конвейера делают поворотными.

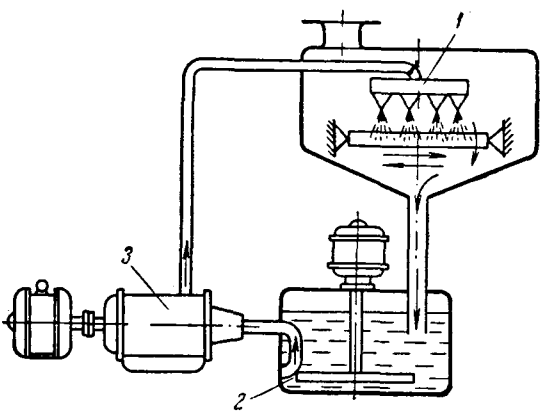


Рис. 73. Схема установки для гидропескоструйной очистки с насосом высокого давления:
1 — сопло; *2* — смесительный бак; *3* — песковый насос высокого давления

В промышленности применяется также и гидропескоструйная очистка поверхностей. Сущность этого метода очистки заключается в том, что кварцевый песок, смешанный с водой, под давлением подается по шлангу к соплам струйного аппарата при помощи сжатого воздуха или песковым насосом. Выбрасываясь с большой скоростью, смешанный с водой песок направляется на обрабатываемую поверхность и снимает с нее ржавчину и окалину. Основное преимущество этого метода в сравнении с очисткой сухим песком заключается в том, что при обработке совершенно не образуется пыли и значительно снижается расход песка. Очистка изделий при этом методе производится в закрытых камерах, оборудованных вытяжкой для удаления излишней влаги и воздуха [6, 7].

На рис. 73 представлена схема установки для гидропескоструйной очистки, работающая при помощи пескового насоса.

Существенным недостатком этой установки является быстрый износ основных деталей насоса. Практика работы такой установки

на одном из тракторных заводов показала, что при постоянной загрузке рабочее колесо насоса необходимо менять 1 раз в месяц, а корпус каждые 3 месяца.

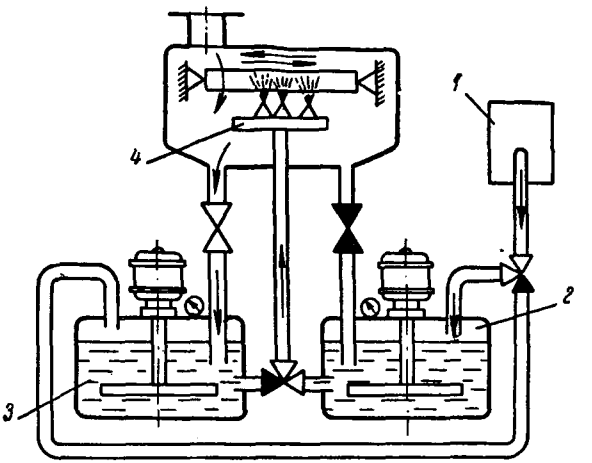


Рис. 74. Схема гидропескоструйной установки, работающей при помощи сжатого воздуха:
1 — компрессор; *2* и *3* — пневмонагнетатели; *4* — сопла

На рис. 74 представлена схема гидропескоструйной установки, работающая при помощи сжатого воздуха.

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ИЛИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Аппараты и оборудование для очистки травлением. Очистка металлических поверхностей от ржавчины и окалины травлением обычно сопряжена с применением ряда дополнительных операций, сопутствующих травлению. Поэтому оборудование для травления металлов изготовляется в виде комплексных агрегатов, автоматически осуществляющих как основные операции травления, так и все сопутствующие им операции.

Наиболее типичный технологический процесс травления черных металлов включает следующие операции: обезжиривание, промывку, травление, нейтрализацию, промывку и сушку поверхностей от влаги. По такому процессу работает травильный агрегат, представленный на рис. 75.

Он состоит из шести последовательно расположенных ванн, укрытых в камерах, оборудованных вентиляцией и заполненных соответствующими растворами, сушильной камеры для удаления

остатков влаги после обработки и конвейера для транспортирования изделий в процессе обработки. Размеры ванн определяются размером укомплектованных корзин, подвешиваемых к соединительным штангам конвейера, и длительностью обработки изделий в соответствующем растворе. Все ванны, за исключением кислотной, сделаны из металла. Кислотная ванна выполнена из кислотоупорного бетона и облицована внутри керамиковыми плитками. Ванны, работающие с подогревом жидкости, а также сушильная камера имеют двойные стенки, промежуток между которыми заполнен теплоизоляционным материалом.

Подогрев ванн осуществляется паровыми змеевиками, смонтированными на стенах ванн. Змеевики кислотной ванны изготовлены из нержавеющей стали. Сушильная камера обогревается паровыми ребристыми трубами, расположенными в нижней зоне камеры.

Конвейер для транспортирования изделий выбран двуниточный непрерывного действия; скорость конвейера 0,5 *м/мин*. Работа агрегата производится в следующей последовательности.

Детали, подлежащие травлению, предварительно укладываются в сетчатые корзины, которые навешиваются на соединительные штан-

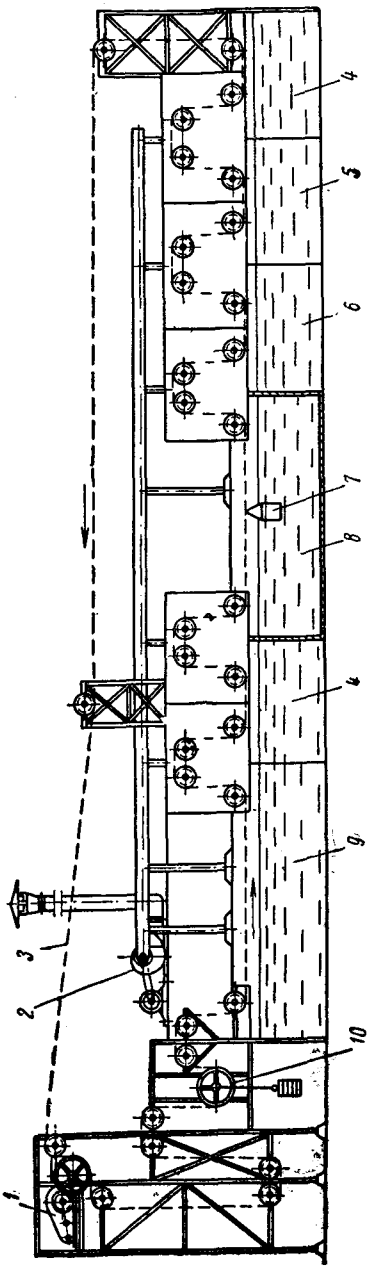


Рис. 75. Травильный агрегат:

1 — привод конвейера; *2* — вентиляционный центр; *3* — конвейер штанговый; *4* — ванна с горячей водой; *5* — ванна с раствором кальцинированной соды; *6* — ванна с холодной водой; *7* — изделия; *8* — кислотная ванна; *9* — ванна со щелочью; *10* — натяжное устройство конвейера

ги конвейера. Проходя по сложной трассе конвейера, корзины с деталями вначале погружаются в ванну с 6% щелочью, в которой подвергаются обезжириванию в течение 10 мин. при 90°. Затем корзины попадают в следующую ванну с горячей водой, в которой детали промываются в течение 1,5 мин. при 70°. Промытые детали идут далее в кислотную ванну, где подвергаются травлению 20% раствором серной кислоты в течение 10 мин. при 60°, затем в следующей ванне подвергаются мойке холодной водой в течение 1,5 мин. Так как на деталях могут оказаться остатки кислоты, они в следующей ванне подвергаются нейтрализации в 3—5% растворе кальцинированной соды при 15° в течение 1,5 мин., а затем мойке горячей водой при 60° в течение 1,5 мин., после чего идут на сушку в камеру, в которой находятся в течение 10 мин. при 80°. После остывания при прохождении обратной ветви конвейера корзины с деталями перегружаются на транспортный конвейер и направляются на последующие производственные операции. Весь процесс очистки поверхностей деталей полностью автоматизирован. Агрегат устанавливается в отдельном помещении, изолированном от соседних помещений. При нормальной работе агрегат расходует в течение часа 3270 *кг* пара при давлении 3 *ата*. Количество воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, составляет 6800 *м*^{3}*/час*.

Аппараты и оборудование для обезжиривания. В условиях ритмично работающих промышленных предприятий не так часто приходится прибегать к очистке поверхностей от ржавчины и окалины. Детали чугунного литья, подвергающиеся механической обработке, чаще зажириваются, в особенности если обработка ведется с применением масел или эмульсий. Поэтому такие детали перед окраской нуждаются лишь в обезжиривании и мойке.

Конструкции аппаратов и оборудования для обезжиривания деталей весьма разнообразны и зависят от способа удаления жиров и масел с поверхности, от характера материалов, применяемых для обезжиривания, от формы и величины изделий, подлежащих обезжириванию. В простейшем случае, когда обезжиривание производится путем протирки поверхности ветошью, смоченной растворителем, его можно производить в закрытой камере, оборудованной вытяжной вентиляцией. При обезжиривании деталей раствором щелочи в условиях массового производства эту операцию целесообразно выполнять в специальных конвейеризированных автоматах, объединяя в них как обезжиривание, так и промывку и сушку деталей.

На рис. 76 представлена схема типового агрегата для щелочного обезжиривания, промывки и сушки изделий перед окраской. Обезжиривание, две промывки и сушка от влаги производятся на непрерывно движущемся подвесном однониточном конвейере. Изделия, навешенные на специальные подвески, попадая в ка-

меру агрегата, проходят внутри контура труб, оборудованных насадками, и последовательно подвергаются обливанию сначала раствором щелочи, затем горячей водой первой промывки, потом горячей водой второй промывки, после чего подвергаются сушке в камере для удаления остатков влаги. Преимущество струйного способа обезжиривания заключается в том, что при этом химическое действие щелочи сочетается с механическим ударом струи, интенсивно смывающей находящиеся на поверхности жировые и прочие загрязнения. Раствор щелочи и горячая вода подаются к насадкам центробежными насосами с многократным использованием жидкостей путем их рециркуляции. В процессе эксплуатации ванн находящиеся в них жидкости постоянно освежаются за счет частичного сброса их в канализацию и добавления в таком же количестве свежих. Через определенные промежутки времени, установленные опытом эксплуатации, ванны полностью освобождаются, тщательно промываются и заполняются свежими жидкостями.

Прогрев растворов и воды осуществляется паровыми змеевиками, размещаемыми непосредственно на стенках ванн.

Удаление влаги, оставшейся на поверхности изделий, производится в камере

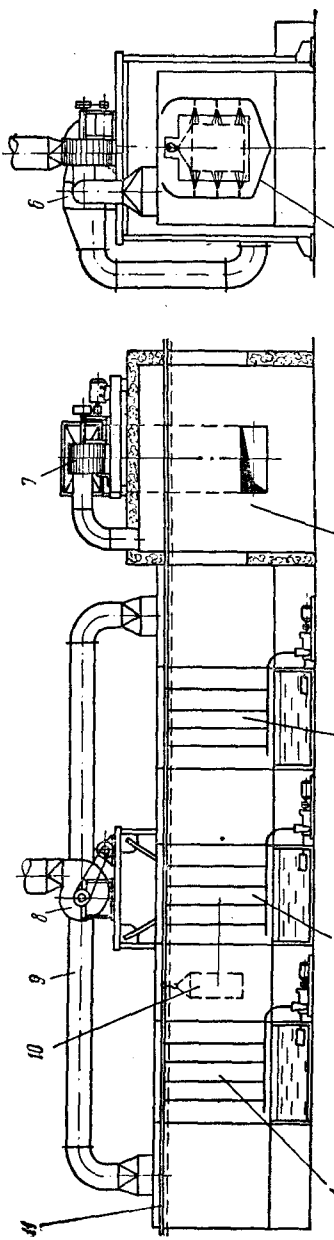


Рис. 76. Агрегат щелочного обезжиривания с сушильной камерой:
1 — зона щелочного обезжиривания; *2* — зона первой промывки; *3* — зона второй промывки; *4* — сушильная камера; *5* — контур с насадками; *6* — калорифер; *7* — вентилятор сушильной камеры; *8* — вентилятор агрегата; *9* — вытяжной воздуховод; *10* — изделие; *11* — монорельс подвесного конвейера

рециркулирующим горячим воздухом, подогреваемым в паровых калориферах и перемещаемым принудительно при помощи вентилятора.

На рис. 77 представлен агрегат для обезжиривания мелких деталей. В отличие от предыдущего детали транспортируются ленточным конвейером и подвергаются обливанию жидкостями из насадок, расположенных сверху и снизу сетчатой ленты. Процесс обезжиривания идет в той же последовательности, что и в предыдущем агрегате.

Совершенно иное конструктивное решение имеют агрегаты для обезжиривания органическими растворителями. В отличие от обезжиривания щелочами, когда требуется тщательная отмывка следов щелочи, разрушительно действующей на лакокрасочное покрытие, здесь никакой отмывки следов растворителей не требуется. Однако для полного удаления жиров и масел процесс обезжиривания производят в нескольких последовательно расположенных ваннах, заполненных растворителем, перенося обезжириваемые детали из более загрязненных жирами ванн в более чистые. Из этих соображений для обезжиривания органическими растворителями устраиваются агрегаты, оборудованные тремя ваннами. Учитывая, что органические, в особенности синтетические, растворители (трихлорэтилен, дихлорэтан и т. п.) весьма токсичны, ванны размещают в закрытых камерах, оборудованных интенсивной вентиляцией, полностью локализирующей пары растворителей в пределах камеры.

На рис. 78 представлена схема агрегата для обезжиривания трихлорэтиленом с полной автоматизацией процесса обезжиривания и регенерацией трихлорэтилена. Агрегат представляет собой закрытую со всех сторон камеру, внутри которой каскадно установлены три ванны, наполненные трихлорэтиленом. Для повышения активности трихлорэтилен подогревается паровыми змеевиками до температуры кипения. Выше ванн на стенках камеры смонтирован холодильник в виде трубчатого змеевика, по которому циркулирует холодная вода, поступающая из водопровода. Пары трихлорэтилена, испаряясь с поверхности ванн, в зоне размещения холодильника конденсируются и по сточным желобам, расположенным под холодильником, стекают в третью ванну для повторного использования.

Камера оборудована вытяжной вентиляцией, причем всасывающие трубы размещены у входного и выходного проема камеры. При возможном прорыве паров трихлорэтилена к открытым проемам они неизбежно попадут во всасывающие щели воздуховодов и будут удалены в атмосферу. Прорыв паров в помещение в таких агрегатах совершенно исключен.

Для транспортирования деталей в процессе обезжиривания агрегат оборудован вертикально замкнутым двуниточным кон-

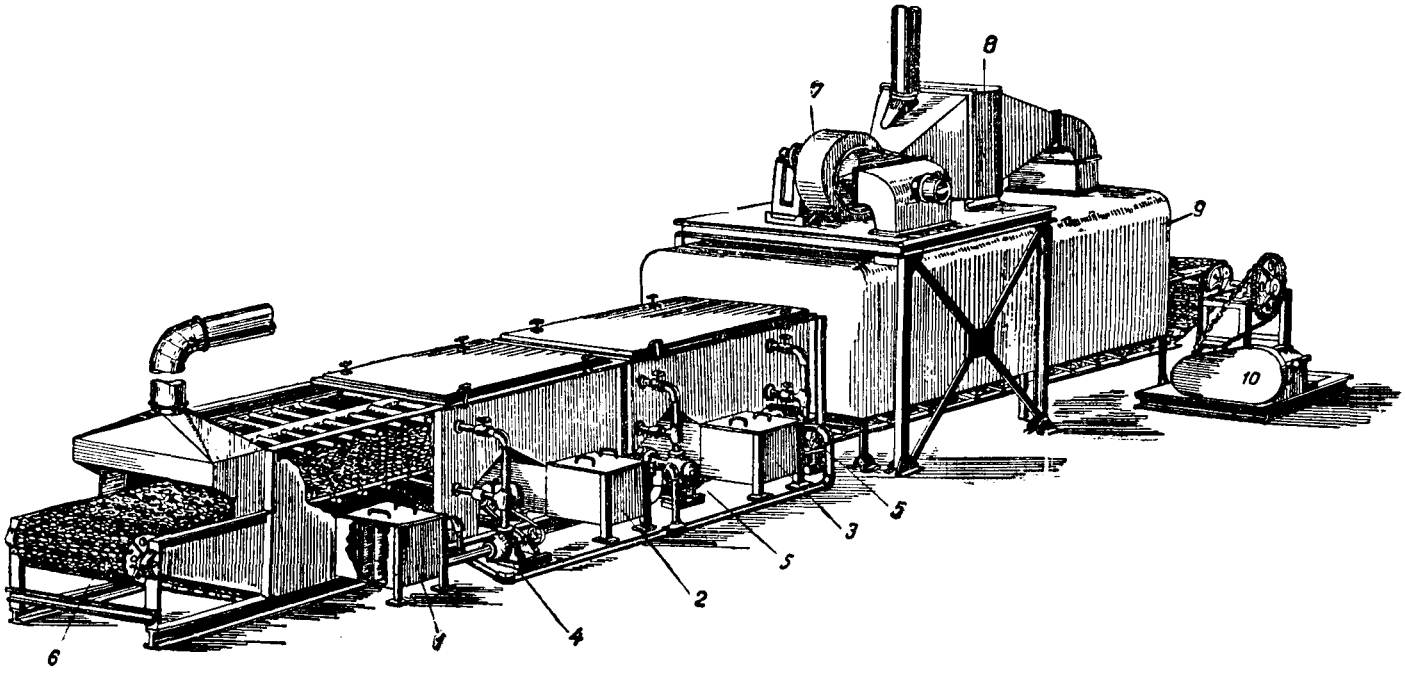


Рис. 77. Агрегат для обезжиривания мелких деталей:

1 — ванна для щелочи; *2* — ванна для горячей воды; *3* — ванна для холодной воды; *4* — центробежный насос; *5* — лопастные насосы; *6* — ленточный конвейер; *7* — вентилятор; *8* — калориферы; *9* — сушильная камера; *10* — привод конвейера

вейером непрерывного действия. Привод конвейера имеет вариатор, позволяющий в широких пределах изменять скорость конвейера, а следовательно изменять длительность процесса и производительность агрегата. Процесс обезжиривания деталей осуществляется в следующей последовательности.

Детали укладываются в сетчатые корзины, которые навешиваются на соединительные штанги конвейера. Поступая в камеру, корзины с деталями сначала погружаются в первую ванну и обезжириваются в кипящем трихлорэтилене, затем по выходе из ванны они обезжириваются в парах трихлорэтилена и погружаются во вторую, а затем в третью ванну, аналогично подвергаясь

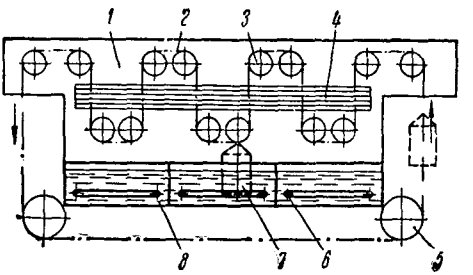


Рис. 78. Схема агрегата непрерывного действия для обезжиривания трихлорэтиленом с регенерацией трихлорэтилена:

1 — камера; *2* — конвейер двуниточный; *3* — поворотные звездочки; *4* — холодильник; *5* — приводные звездочки; *6* — змеевик для подогрева; *7* — корзина для деталей; *8* — ванна с трихлорэтиленом

обезжириванию в жидкой и паровой фазе трихлорэтилена, после чего корзины снимаются и разгружаются. Такая трехкратная обработка деталей обеспечивает полное удаление с поверхности деталей жиров и масел.

Учитывая, что находящийся в ваннах трихлорэтилен постепенно загрязняется, агрегат оборудован аппаратами для его регенерации. Загрязненный трихлорэтилен из первой ванны спускают в промежуточный резервуар, откуда ручным насосом подают в перегонный куб. Здесь он превращается в пар и направляется в холодильник, где снова конденсируется и в жидком виде подается в третью ванну агрегата. Благодаря каскадному расположению ванн излишки трихлорэтилена из третьей ванны переливаются во вторую ванну, а из второй в первую. При таком круговом цикле работы агрегата расход трихлорэтилена очень незначителен, и агрегат работает экономично, несмотря на относительно высокую стоимость трихлорэтилена. При хорошей вентиляции и негорючести трихлорэтилена агрегат является безопасным как в пожарном, так и в санитарно-гигиеническом отношении.

Техническая характеристика агрегата

Пропускная способность агрегата при скорости конвейера 0,9 *м/мин* и погрузке на 1 подвеску 10 *кг*	900 *кг/час*
Емкость ванн 3 × 400 *л*	1200 *л*
Скорость конвейера максимальная	3,6 *м/мин*
» » минимальная	0,6 »
Шаг подвесок	0,6 *м*
Расход пара на подогрев трихлорэтилена	75 *кг/час*
Расход холодной воды в холодильнике	200 *л/час*
Производительность регенерационной аппаратуры	40 *кг/час*

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Термическим способом можно производить очистку поверхности как от жиров и масел, так и от ржавчины и окалины. При термическом обезжиривании находящиеся на поверхности жиры и масла под влиянием высоких температур выгорают, после чего оставшиеся на поверхности продукты сгорания легко отмыть или механически снять с поверхности. Процесс обжига жиров и масел может производиться в термических печах, температура которых достигает 250—300°. Изделия, подлежащие обезжириванию, подаются в печь на подвесном конвейере и подвергаются воздействию высоких температур в течение 15—20 мин., после чего протираются щетками или тряпками для удаления с поверхности продуктов сгорания. Теплоносителем в таких печах служит электроэнергия или топочные газы, нагревающие подаваемый в печь горячий воздух. Для экономии тепла выгодно применять рециркуляцию воздуха. Такой метод обезжиривания имеет очень ограниченные области применения вследствие высокой стоимости устройства и эксплуатации печей, а также в связи с возможностью деформации изделий под влиянием высоких температур.

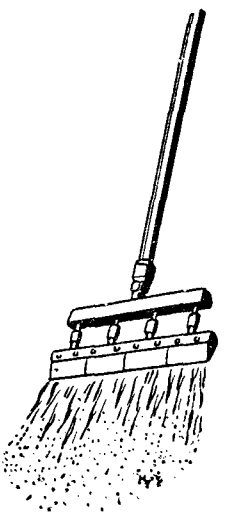


Рис. 79. Ацетилено-кислородная горелка (огневая щетка)

Для снятия ржавчины и в особенности окалины нашел применение способ обработки металлических поверхностей ацетилено-кислородным пламенем. Для этой цели применяются специальные ацетилено-кислородные горелки (рис. 79) или, как их принято называть, «огневые щетки» [2]. При направлении пламени таких горелок на поверхность, покрытую окалиной, последняя легко отслаивается от поверхности железа, так как имеет

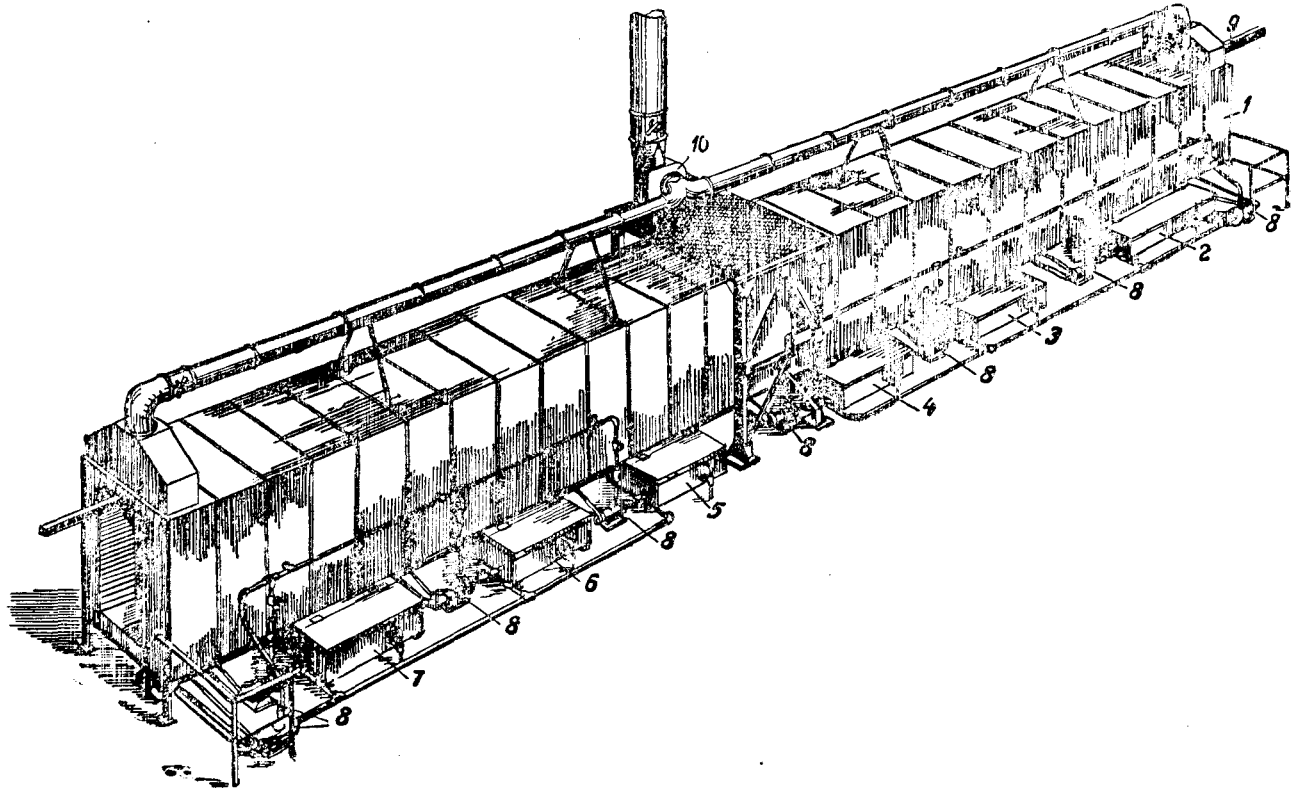


Рис. 80. Агрегат непрерывного действия для ускоренного фосфатирования деталей:

1 — камера; *2* — ванна для щелочи; *3* и *4* — ванны для горячей воды; *5* — ванна для фосфатного раствора; *6* — ванна для горячей воды; *7* — ванна для хромовой кислоты; *8* — насосы; *9* — монорельс конвейера; *10* — вентилятор

ничтожно-малый, по сравнению с железом, коэффициент термического расширения. Отслоившаяся и растрескавшаяся окалина легко удаляется с поверхности металлическими щетками. При воздействии пламени горелки на ржавчину последняя становится рыхлой и также легко удаляется с поверхности металлическими щетками. Производительность горелки среднего давления 8—10 *м²/час*. Рабочее давление кислорода 3—4 *ата*, расход кислорода 1700—2100 *л/час*. Рабочее давление ацетилена 0,04—0,05 *ата*, расход ацетилена 1500—1900 *л/час*.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОСФАТИРОВАНИЯ

Процессу фосфатирования обычно сопутствует ряд вспомогательных операций (обезжиривание, промывка, пассивирование). Поэтому агрегаты для фосфатирования поверхностей устраиваются комплексные, обеспечивающие последовательное выполнение всех операций.

На рис. 80 представлена схема агрегата для ускоренного фосфатирования. Агрегат состоит из шести последовательно расположенных ванн, укрытых в камеру, оборудованную вентиляцией. Над каждой ванной размещены контуры труб, оборудованных насадками. Трасса подвесного одноточного конвейера, на который подвешиваются детали, проходит внутри контуров труб вдоль всего агрегата. Для входа и выхода деталей торцевые стенки агрегата имеют открытые проемы.

Первая по ходу конвейера ванна заполнена раствором щелочи, вторая и третья — горячей водой, четвертая — фосфатным раствором, пятая — горячей водой и шестая — раствором хромовой кислоты. Подогрев растворов и воды производится паровыми змеевиками; подача растворов и воды к насадкам — центробежными насосами.

Подвешенные на конвейер детали последовательно проходят через все контуры труб и через насадки обливаются растворами и горячей водой, подвергаясь обезжириванию, двукратной мойке, фосфатированию, мойке и пассивированию раствором хромовой кислоты. После окончания процесса фосфатирования изделия на том же конвейере подаются в прокалочную печь, где подвергаются нагреву в течение 7—8 мин. при 250°.

5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ

Расчет агрегата для обезжиривания

Требуется произвести технический расчет агрегата для обезжиривания деталей грузовых автомашин при непрерывной подаче их подвесным одноточным конвейером, исходя из следующих основных данных:

Суточный выпуск деталей . . . . . 50 комплектов
Наибольшие габариты деталей . . . . . $1,6 \times 0,6 \times 0,6$ *м*
Скорость конвейера . . . . . 1 *м/мин*
Шаг подвесок . . . . . 0,6 *м*

Пропускная способность агрегата:

по весу деталей . . . . . 530 *кг/час*
по обратываемой поверхности . . . . . 75 $м^2$/*час*

Технологический режим обработки деталей:

обезжиривание щелочью при 80° . . . . . 1,5 мин.
первая промывка горячей водой при 80° . . 1,0 »
вторая промывка горячей водой при 80° . . 1,0 »

Установление конструктивного профиля и размеров агрегата

При массовом выпуске и непрерывной подаче обрабатываемых деталей технически целесообразно все процессы обработки полностью автоматизировать. Для активизации процессов и сокращения их длительности следует предусмотреть обработку раствором и промывку водой путем струйного обливания деталей через специальные насадки с подачей жидкостей под давлением с многократным использованием жидкостей путем их рециркуляции.

Как для раствора, так и для воды следует предусмотреть ванны, оборудованные паровыми змеевиками для подогрева жидкости.

Для обливания деталей раствором или горячей водой над ваннами устраивается несколько рядов труб с насадками. Контурам труб дается такое очертание, чтобы подаваемая через насадки жидкость создавала внутри контура сплошную струйную завесу, обливающую проходящие внутри контура детали со всех сторон. Каждая ванна должна иметь самостоятельный агрегат для подачи жидкости из ванны к насадкам.

ТАБЛИЦА 61

Размеры элементов агрегата

Зоны камеры	Продолжительность движения детали, мин.	Длина участка	Поверхность ограждения, $м^2$		Температура зоны, °С
			ванны	камеры	
Концевой участок камеры (при входе)	0,4	0,4	—	5,3	40
Сток односторонний	0,5	0,5	—	4,4	
Зона обезжиривания	1,5	1,5	6,8	9,75	80
Сток двусторонний	2,0	1,2 + 0,8	—	16,0	
Зона первой промывки водой	1,0	1,0	5,3	6,5	
Сток двусторонний второй	2,5	1,6 + 0,9	—	20,0	
Зона второй промывки водой	1,0	1,0	5,3	6,5	
Сток односторонний	1,5	1,5		12,0	
Концевой участок камеры (при выходе)	0,4	0,4	—	5,3	60
Итого	10,8	10,8	17,4	85,75	

Чтобы предусмотреть перемешивание разнородных жидкостей, ванны размещают с некоторыми промежутками между ними; промежутки должны быть перекрыты наклонными железными листами, которые служат стоками для сливающихся с изделий остатков жидкости.

Во избежание разбрызгивания жидкостей все ванны с контурами труб размещаются внутри закрытой камеры.

Камера оборудована вытяжной вентиляцией для удаления образующихся водяных паров.

Концевые участки камеры при входе и выходе изделий препятствуют попаданию брызг и испарений в помещение цеха. Всасывающие отверстия вентиляции устроены в верхнем перекрытии концевых участков камеры.

При заданной скорости конвейера и принятой длительности обработки деталей с учетом размеров концевых участков камеры и стоков между ваннами габаритные размеры агрегата по длине составляют 10,8 пог. *м*.

Ширина корпуса камеры определена конструктивно, исходя из габаритов изделий, размеров контуров труб и необходимых зазоров, и составляет 1,5 *м*.

Высота агрегатов также определена конструктивно, исходя из габаритов деталей, и составляет 3,16 *м*.

В таблице 61 указаны размеры отдельных элементов агрегата.

Расчет струйных устройств и выбор насосов для подачи растворов и горячей воды

Зона обезжиривания. Длина зоны обезжиривания принята 1,5 *м*, а расстояние между соседними контурами труб — 0,25 *м*. Тогда необходимое количество контуров труб составит

$$1{,}5 : 0{,}25 = 6 \text{ штук}$$

Для прохождения наибольшей по габаритам детали контур труб с насадками должен иметь следующие размеры:

Высота	1,8 *м*
Ширина	0,8 »
Длина трубы одного контура	4,6 »
Расстояние между насадками	0,2 »

Тогда общее количество насадок на 6 контурах

$$(4{,}6 : 0{,}2)6 = 138 \text{ штук}$$

Расход раствора на одну насадку при давлении в сети 20 *м* вод. ст. составляет 325 *л/час*.

Общий часовой расход раствора через насадки

$$325 \cdot 138 = 45000 \text{ л/час} = 45 \text{ м}^3\text{/час}$$

По полученному расходу жидкости и заданному напору по таблицам подбираем центробежный насос марки 3к-9а со следующей характеристикой:

Производительность	45 $м^3/час$
Напор	19,5 *м* вод. ст.
Число оборотов	2900 об/мин.
Потребляемая мощность	4,2 *квт*

Для привода, учитывая условия среды, в которой будет работать проектируемый агрегат (окрасочный цех), подбираем газовзрывобезопасный электромотор марки МА-142-1/4 мощностью 5,5 *квт* при числе оборотов 1450 об/мин. По опытным данным средний расход свежего раствора щелочи составляет 0,5 *л* на 1 $м^2$ поверхности.

Производительность агрегата 72 $м^2$ обрабатываемой поверхности в час. Следовательно, часовой расход свежего раствора щелочи в агрегате составит

$$72 \cdot 0{,}5 = 36 \text{ } л$$

Габариты ванны $1{,}5 \times 1{,}7 \times 0{,}6$ *м*.

Полезная емкость ванны (коэффициент заполнения ванны 0,85)

$$1{,}5 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}85 = 1{,}3 \text{ } м^3$$

Зоны промывки горячей водой. По габаритам, конструкции, количеству контуров труб и количеству и типу насадок обе зоны промывки горячей водой приняты одинаковыми.

Длина каждой зоны	1,0 *м*
Шаг между контурами труб	0,25 *м*
Шаг между насадками	0,20 *м*
Диаметр насадки	4 *мм*
Расход воды на 1 насадку	325 *л/час*

Количество насадок в контуре при длине его 4,6 *м* составляет

$$4{,}6 : 0{,}20 = 23 \text{ штуки}$$

Количество контуров труб на 1 зону

$$1{,}0 : 0{,}25 = 4 \text{ штуки}$$

Общее количество насадок

$$23 \cdot 4 = 92 \text{ штуки}$$

Часовой расход воды на всю зону

$$325 \cdot 92 = 30\,000 \text{ } л/час = 30{,}0 \text{ } м^3/час$$

Давление воды в системе принимаем для расчета 20 *м* вод. ст

По полученному расходу и выбранному напору по таблицам подбираем центробежный насос типа 2к-6а со следующей характеристикой:

Производительность	30 $м^3/час$
Напор	20 *м* вод. ст.
Число оборотов	2900 об/мин.
Потребляемая мощность	3,2 *квт*

Для привода подбираем газовзрывобезопасный мотор типа МА-142-1/6 мощностью 3,8 *квт* при числе оборотов 955 об/мин. с клиноременной передачей.

По опытным данным технологический расход воды на промывку после щелочного обезжиривания принимаем следующий:

на первую промывку	15 $л/м^2$
на вторую »	10 »

Общий часовой расход горячей воды при поверхности обработки деталей 72 $м^2$ составит:

на первую промывку после обезжиривания . . .	1080 *л/час*
на вторую » » » . . .	720 »
Итого . . .	1800 *л/час*

Габариты ванны $1{,}0 \times 1{,}7 \times 0{,}6$ *м*.

Полезная емкость ванны (при коэффициенте заполнения ванны 0,88) $1{,}0 \cdot 1{,}7 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}88 = 0{,}9$ *м*^{3}.

Расчет вытяжной вентиляции

Расход воздуха принимаем с таким расчетом, чтобы образующаяся в камере паровоздушная смесь не попадала в помещение, а полностью засасывалась вентилятором и удалялась в атмосферу [4, 5].

При отсутствии вентиляции количество паровоздушной смеси, которое под действием теплового напора могло бы выйти через открытые проемы камер в помещение, определяется по следующей формуле:

$$G = 1{,}92\, b \sqrt{h^3} \sqrt{\frac{(\gamma_н - \gamma_{вн})\,\gamma_н\,\gamma_{вн}}{\left(\sqrt[3]{\gamma_н} + \sqrt[3]{\gamma_{вн}}\right)^3}} =$$

$$= 1{,}92 \cdot 0{,}8 \sqrt{1{,}8^3} \sqrt{\frac{(1{,}226 - 1)\,1{,}226 \cdot 1}{\left(\sqrt[3]{1{,}226} + \sqrt[3]{1}\right)^3}} = 0{,}662 \text{ кг/сек}$$

где b — ширина проема, *м*,

h — высота проема, *м*,

$\gamma_н$ — удельный вес наружного воздуха при 15°, *кг/м*^{3},

$\gamma_{вн}$ — удельный вес воздуха внутри камеры при 80°, *кг/м*^{3},

1,92 — постоянный коэффициент.

На два проема $G = 0{,}662 \cdot 2 = 1{,}324$ *кг/сек* $= 4760$ *кг/час*.

Чтобы паровоздушная смесь не попадала в помещение, ее следует полностью удалять вентилятором, к которому для этого присоединяют всасывающий воздуховод, идущий от крыши концевых участков камеры.

Принимая во внимание, что отверстия проемов будут частично перекрываться проходящими изделиями, расчетное количество удаляемой паровоздушной смеси через один проем снижаем на 25%: $G_в = 0{,}662 \cdot 0{,}75 = 0{,}496$ *кг/сек* $= 1785$ *кг/час*, а на два проема 3570 *кг/час* или 3340 *м*^{3}*/час*.

Размер всасывающего отверстия к вентилятору принимаем $1{,}0 \times 0{,}4$ *м*.

Для отделения сконцентрировавшихся водяных паров предусматриваем водоотделитель.

Потерю напора в сети путем расчета определяем в 25 *мм* вод. ст. (расчет не приводится).

По выбранному расходу воздуха и подсчитанной потере напора берем по таблицам центробежный вентилятор ВРН № 4 низкого давления со следующей характеристикой:

Производительность	3340 *м*^{3}*/час*
Напор	25 *мм* вод. ст.
Число оборотов	710 об/мин.
Потребная мощность	0,42 *квт*

Учитывая условия среды, подбираем газовзрывобезопасный мотор типа ТАГ-21/4 мощностью 1,0 *квт* при числе оборотов 1430 об/мин. с клиноременной передачей.

Тепловой расчет агрегата

Основные данные для расчета

Средняя температура рабочей зоны камеры	80°
Температура цеха	15°
» удаляемого воздуха	60°
Температура деталей при выходе из камеры	70°
движущихся частей конвейера	60°

Вес деталей, подвергающихся обработке	530 *кг/час*
Вес движущихся частей конвейера	770 »
Количество удаляемого воздуха	3570 »
Расчетная температура щелочи и воды	85°

Для упрощения считаем, что нагрев деталей и движущихся частей конвейера производится равномерно на протяжении всего процесса обработки.

Потери тепла в агрегате слагаются из:

1) потерь тепла через внешние ограждения,
2) потерь тепла на подогревание деталей и движущихся частей конвейера,
3) потерь тепла с уходящим воздухом,
4) потерь тепла на испарение жидкостей,
5) потерь тепла с удаляемым раствором,
6) потерь тепла на разогревание растворов

Потери тепла через внешние ограждения

Конструкцию ограждений принимаем следующую: стены и потолок камеры — из пустотелых металлических щитов, заполненных шлаковой ватой. Толщина слоя шлаковой ваты — 50 *мм*. Стенки ванн — из 4-миллиметрового железа с наружной обшивкой 1 *мм*; между ними слой шлаковой ваты толщиной 80 *мм*.

Для данной конструкции ограждений расчетом определяем общий коэффициент теплопередачи

для стен и потолка . . $K = 1{,}2$ *ккал/м²·час·°С*
для стенок ванн . . . . $K = 0{,}84$ *ккал/м²·час·°С*

Потери тепла через поверхность ограждения камеры (86 *м²*)

$$W_1' = FK(t_2 - t_1) = 86 \cdot 1{,}2\,(80 - 15) = 6700 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла через поверхность ограждения ванн (17,4 *м²*)

$$W_1'' = 17{,}4 \cdot 0{,}84\,(85 - 15) = 1020 \text{ ккал/час}$$

Общие потери тепла через внешние ограждения

$$W_1 = 6700 + 1020 = 7720 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла на подогревание деталей

$$W_2 = 530 \cdot 0{,}115\,(70 - 15) = 3360 \text{ ккал/час}$$

где 0,115 — теплоемкость железа.

Потери тепла на подогревание движущихся частей конвейера

$$W_3 = 770 \cdot 0{,}115\,(60 - 15) = 3990 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла с уходящим воздухом (теплоемкость 0,24)

$$W_4 = 3570 \cdot 0{,}24\,(60 - 15) = 38\,600 \text{ ккал час}$$

Потери тепла на испарение влаги, уносимой воздухом при насыщении его до 90%

$$W_5 = 3570\,(0{,}0463 - 0{,}0105)\,0{,}9 \cdot 539 = 6200 \text{ ккал/час}$$

здесь 0,0463 — влагосодержание 1 *м³* воздуха при насыщении до 90% и температуре 70°,
0,0105 — влагосодержание 1 *м³* воздуха при насыщении до 60% и температуре 15°,
0,9 — поправочный коэффициент,
539 — теплота испарения воды.

Потери тепла с удаляемыми в канализацию раствором и горячей водой

$$W_6 = (36 + 1800)\,1\,(85° - 10°) = 138\,000 \text{ ккал/час}$$

где $36 + 1800$ — эксплуатационный расход жидкостей в *л/час*,
$10°$ — температура воды в водопроводе,
$85°$ — максимальная температура раствора,
1 — теплоемкость воды.

Общая сумма потерь тепла в агрегате

$$\Sigma W = 253\,670 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла на разогревание ванн при остывании жидкости во время перерывов до 30° при длительности разогрева в 1 час

$$3100 \cdot 1\,(85° - 30°) = 170\,000 \text{ ккал/час}$$

где 3100 — емкость всех ванн в литрах.

Таким образом, максимальный расход тепла получается при установившемся режиме работы ванн; поэтому расчет нагревательных приборов производим из условия потребления тепла при работе ванн.

Общая поверхность нагрева змеевиков

$$F = \frac{\Sigma W}{K\,(t_п - t_в)} = \frac{253\,670}{700\,(142{,}8 - 80)} = 5{,}8 \text{ м}^2$$

где ΣW — общий расход тепла, *ккал/час*,
K — коэффициент теплопередачи от пара к воде через железную трубу, *ккал/м²·°С*,
$t_п$ — температура пара при давлении 3 *ати*,
$t_в$ — температура жидкости в ванне.

Для подогревания принимаем трубчатые нагреватели:

Диаметр трубы . . . . . 50 *мм*
Поверхность нагрева 1 пог. *м* трубы . . . 0,157 *м*
Общая длина труб . . . . . $5{,}8 : 0{,}157 = 37$ пог. *м*

Разбиваем их на отдельные нагреватели пропорционально емкости ванн.

Змеевик ванны для обезжиривания

$$\frac{37 \cdot 1{,}3}{3{,}1} = 15{,}5 \text{ пог. м}$$

Змеевики ванн для промывки

$$\frac{37 \cdot 0{,}9}{3{,}1} = 10{,}7 \cdot 2 = 21{,}4 \text{ пог. м}$$

здесь 1,3 — емкость ванны для обезжиривания,
0,9 — емкость ванны для воды,
3,1 — общая емкость ванн.

Змеевики устанавливаем по стенкам ванн.

Эксплуатационный расход пара составит

$$P = \frac{253\,670 \cdot 1{,}1}{510 \cdot 0{,}95} = 578 \text{ кг/час}$$

где 1,1 — поправочный коэффициент на неучтенные потери тепла,
510 — теплота испарения 1 *кг* пара при давлении 3 *ати*,
0,95 — поправочный коэффициент на неучтенные потери пара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Аронов, Р. М. Вовшина, А. В. Тихомиров, К. Н. Улащик, Альбом оборудования и аппаратуры окрасочных цехов, Гостехиздат, 1950.

2. Автогенное дело № 3, 28 (1947).

3. Т. Д. Козлова, Г. Н. Даражио, Механизированные средства для подготовки металлической поверхности под окраску, Москва, 1956.

4. Максимов, Отопление и вентиляция, Стройиздат, 1949.

5. Справочник по проектированию отопления и вентиляции, Стройиздат, 1953.

6. Е. И. Пазюк, Современные установки и технология гидроабразивной обработки, Лениздат, 1953.

7. И. А. Плетнев, В. Ф. Зарубин, Пескоструйная очистка деталей влажным песком. Информационный листок № 33 Ленинградского дома Научно-технической пропаганды, 1957.

Глава XV

ИНСТРУМЕНТЫ, АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ И ЛАКИРОВАНИЯ

1. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ КИСТЕВОГО ОКРАШИВАНИЯ

Основными инструментами при кистевом способе окрашивания являются разной величины и формы кисти, которые обычно изготовляются из свиной щетины после соответствующей ее обработки.

Чтобы кисти имели более равномерную толщину по всей длине, при вязке их в щетину добавляют до 15% конского волоса; при большем количестве волоса кисть становится менее упругой.

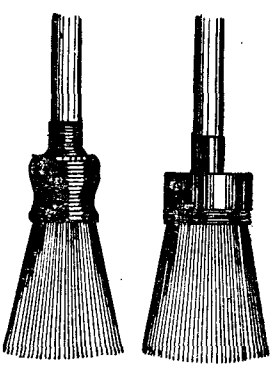


Рис. 81. Маховые кисти

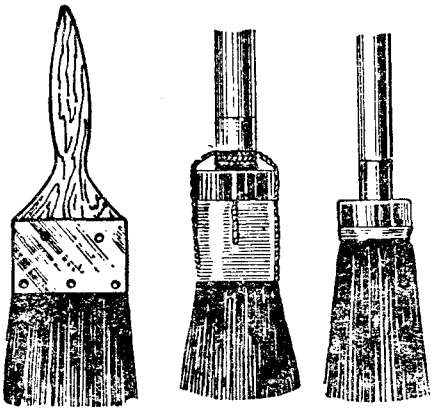
Кисти изготовляют различных размеров. Самые большие из них носят название маховых (рис. 81) и употребляются для окрашивания больших ровных поверхностей, например стен, потолков, крыш и т. п. По весу щетины маховые кисти изготовляют в 200, 300, 400 и 600 *г*. Перевязанные шпагатом пучки щетины обычно надевают на заостренный конец рукоятки длиной от 1 до 1,5 *м* и обматывают шпагатом на $^1/_3$—$^2/_3$ длины пучка.

Длина щетины, которую оставляют свободной, может быть больше или меньше в зависимости от рода применяемых материалов. Чем больше длина свободной щетины, тем более гибка кисть, но тем менее она упруга. Для масляных красок, растираемых по поверхности со значительным усилием, щетина должна быть короче, чем для менее вязких водных красок.

По мере истирания кисти витки шпагата постепенно снимают, освобождая перевязанную часть кисти. По практическим данным износ кистей колеблется от 0,3 до 0,5 *г* на 1 $м^2$ окрашенной поверхности и зависит от рода краски и характера окрашиваемой поверхности.

Иногда вместо маховых кистей употребляют так называемые щетки-макловицы.

При окрашивании маховыми кистями обычно работают двумя руками. Для работы одной рукой делают кисти меньших размеров. Такие кисти, называемые ручниками, продают в готовом виде. Различают плоские и круглые ручники (рис. 82).



плоский круглый, до и после подвязки

Рис. 82. Ручники

Щетина в ручнике может быть укреплена различными способами; в круглых ручниках ее укрепляют на клею в выточке на торце рукоятки; в плоских — зажимают в жестяной оправе кисти. Как и в маховых кистях, щетину в ручниках обвязывают шпагатом, витки которого снимают по мере износа кисти.

Ручники имеют широкое применение; ими можно пользоваться при работе масляными красками и эмалями.

Размеры ручников обозначают четными числами от № 6 до № 30. Для окрашивания по трафарету применяют специальные кисти — трафаретные, отличающиеся от ручников более короткой и жесткой щетиной (рис. 83).

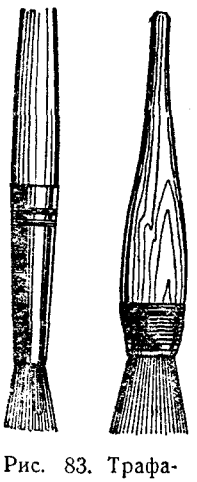


Рис. 83. Трафаретные кисти

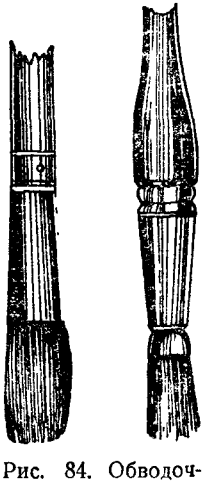


Рис. 84. Обводочные кисти

Для окрашивания мелких предметов, проведения линий и т. п. употребляются филеночные кисти, в которых наряду со щетиной применяется волос белки, хорька, куницы.

Для проведения очень тонких линий служат так называемые обводочные (цировочные) кисти, которые изготовляют из длинного беличьего волоса (рис. 84).

Для проведения таких линий применяют также специальную обводочную машинку в виде ролика, окружность которого непре-

рывно смазывается краской из расположенного над ним баллончика (рис. 85).

Для сглаживания неровностей на свежеокрашенной поверхности служат так называемые флейцы — широкие мягкие кисти из длинного барсучьего волоса; они бывают круглые и плоские (рис. 86).

Для придания окрашенной поверхности шероховатости пользуются щетками — торцовками, которые делают из длинной отбеленной щетины, укрепленной на деревянной оправе размером 10×20 *см* (рис. 87).

При работе сухой торцовкой торцами щетины ударяют по свежеокрашенной поверхности.

Большие затраты труда при кистевом окрашивании породили много попыток механизировать эту работу.

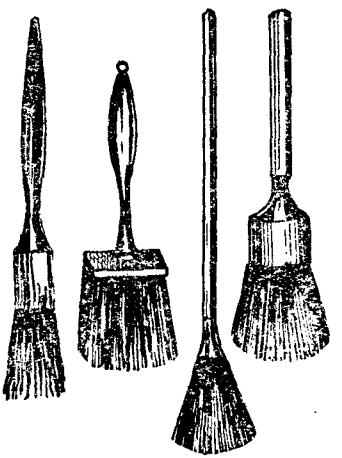


Рис. 86. Кисти-флейцы

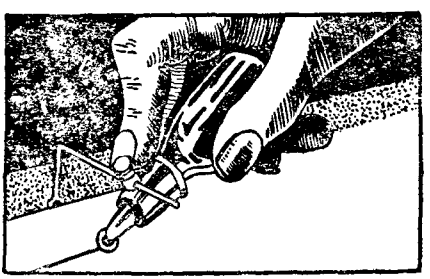


Рис. 85. Обводочная (цировочная) машинка

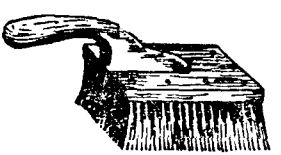


Рис. 87. Щетка-торцовка

Были предложены кисти с автоматической подачей краски по шлангу из расположенного на высоте сосуда, но связанный с кистью шланг затруднял движения рабочего, и такая кисть не нашла применения.

Были предложены также приборы, в которых кисть производила автоматические качания, но они также не получили практического применения.

В строительном деле при окрашивании масляными красками по штукатурке может найти применение круглая щетинная щетка-кисть с приводным механизмом и автоматической подачей краски. Однако достаточного опыта работы с такими кистями еще не имеется.

Несмотря на относительную простоту кистевого окрашивания, для получения хорошего качества покрытий требуется обязательное соблюдение определенных правил работы кистями. При опускании кисти в краску надо покрывать только нижнюю часть ее. Излишек краски отжимают, например, о край ведерка. Краску наносят на поверхность широкими полосками, которые с силой растушевывают сначала в продольном, а затем в поперечном направлении. При окрашивании вертикальных поверхностей окончательная растушевка кистью делается сверху вниз. На дереве последние штрихи делают вдоль волокон. При окрашивании потолков последняя штриховка производится по направлению к свету, так как следы кисти при этом менее заметны.

Кисти после употребления должны быть вымыты; высохшие на кисти краски и лаки отмывать очень трудно. Отмывание водных красок производится водой. После работы масляными красками, лаками и эмалями щетинные кисти отмывают растворителями — уайт-спиритом, скипидаром, а затем мылом с водой. При небольших перерывах в работе кисть можно просто погрузить в сосуд с водой. При этом кисть следует укрепить таким образом, чтобы вода не доходила до рукоятки во избежание повреждения клея, прикрепляющего щетину к рукоятке. Еще лучше перед употреблением основание кисти залить масляным лаком.

Кисти, в которых вместо щетины употребляется беличий, барсучий или хорьковый волос, отмывают от масляной краски теплой мыльной водой. Растворителями такие кисти мыть нельзя, так как волос от этого становится ломким.

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ОКУНАНИЕМ

Окрашивание окунанием является наиболее простым и производительным способом, с успехом применяемым как в механизированном, так и в немеханизированном производстве.

Окрашивание окунанием требует применения специального, конструктивно несложного оборудования. В простейшем случае, когда объем окрасочных работ незначителен, а окрашиваемые изделия имеют небольшой вес и малые размеры, для окрашивания нужна небольшая ванна с краской, куда изделия загружают вручную.

При окрашивании тяжелых изделий или деталей, уложенных в сетчатые корзины, для погружения их в ванну и выгрузки из ванны применяют специальные подъемники. При этом предпочтительнее пользоваться пневматическими подъемниками, как более безопасными в пожарном отношении.

В условиях массового производства, когда изделия подаются непрерывно, для окрашивания окунанием применяются специальные устройства, состоящие из ванны, помещенной в закрытой ка-

мере, оборудованной вентиляцией. Подача изделий на окрашивание, загрузка их в ванну и выгрузка из нее производятся подвесным конвейером непрерывного действия. При таких условиях окрашивание может быть полностью автоматизировано — работа обслуживающего персонала сведется лишь к навеске изделий на конвейер и снятию их с конвейера.

Размер и форма ванны должны соответствовать размеру загружаемых изделий. Увеличивать размер ванны без надобности нецелесообразно, так как при этом увеличивается количество загружаемой краски, что повышает пожарную опасность помещения. Кроме того, при увеличении зеркала ванны увеличивается испарение растворителей и повышается расход материалов.

Серьезным вопросом является борьба с оседанием пигмента. Чтобы избежать оседания пигмента, краску в ваннах необходимо периодически перемешивать. Для этой цели ванны большой емкости обычно снабжаются приводными мешалками. Иногда перемешивание краски производится при помощи шестеренчатого насоса. При этом краска забирается насосом из нижней зоны ванны и по трубам перегоняется в верхнюю ее зону. Проходя через насос и циркулируя в трубах, краска хорошо перемешивается.

Состав краски в ванне должен быть всегда однороден и иметь одну и ту же вязкость, — для обеспечения этого в краску периодически приходится добавлять растворитель.

Расход краски в ванне должен постоянно компенсироваться добавлением свежей краски. При этом надо тщательно следить за составом добавляемой краски, чтобы он точно соответствовал составу краски, находящейся в ванне.

Особенное внимание следует обращать на чистоту краски в ванне: все загрязнения на ее поверхности необходимо удалять перед началом работы счерпыванием или сливанием. Через определенные периоды, по мере надобности, следует тщательно чистить ванну, заменяя загрязненную краску свежей.

Наполнение ванны свежей краской может производиться из специальных баков, доставляемых из краскозаготовительной. При больших расходах краски и непрерывной работе ванны подача краски производится непосредственно из краскозаготовительной по трубам централизованной системы краскоснабжения.

В тех случаях, когда по условиям производства приходится устанавливать ванны большой емкости, необходимо предусмотреть особые противопожарные мероприятия. Наиболее эффективной мерой является быстрое удаление краски за пределы помещения. Это достигается устройством «аварийного слива» краски в расположенный за пределами помещения подземный резервуар, емкость которого должна обеспечивать возможность слива всей краски, находящейся в ваннах. Слив краски обычно предусматривается самотеком по сливной трубе большого диаметра, идущей от дна

ванны к резервуару. Диаметр трубы и уклон ее в сторону резервуара выбирается с таким расчетом, чтобы всю краску можно было слить в резервуар за 3—5 минут. Сливная труба должна снабжаться задвижкой, открывающейся автоматически, как только температура в помещении станет выше определенного предела. Открытие задвижки производится при помощи контргруза, установленного на рычажном приспособлении и подвешенного на легкоплавком тросе. При повышении температуры трос расплавляется, контргруз опускается и при помощи рычага открывает задвижку. При этом краска по сливной трубе, имеющей наклон в сторону резервуара, полностью сливается в последний.

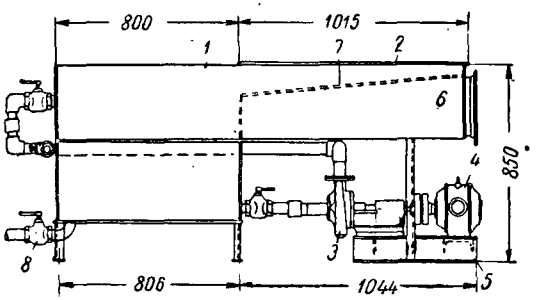


Рис. 88. Ванна для окраски окунанием периодического действия

Оборудование, применяемое для окрашивания окунанием, на разных предприятиях различно. Здесь описываются только такие виды оборудования, которые получили наибольшее распространение в нашей промышленности [2, 3].

На рис. 88 изображена ванна для ручной загрузки и выгрузки легких деталей, уложенных в сетчатые корзины. Корпус ванны *1* оборудован вытяжкой *6*, обеспечивающей удаление паров растворителей, испаряющихся с поверхности ванны. Вытяжка *6* — принудительная (при помощи центробежного вентилятора, — на рис. не показан). Для стока излишней краски ванна снабжена сеткой *2* и сточным жолобом *7*. Перемешивание краски осуществляется насосом *3*, приводимым в движение электромотором *4*, смонтированным на подставке. Предназначенные для окрашивания детали, уложенные в сетчатые корзины, окунают в ванну, а после этого ставят на сетку. Излишняя краска стекает на сточный жолоб и возвращается в ванну. Окрашенные детали поступают на сушку. Для спуска краски служит кран *8*.

При окрашивании окунанием предметов, имеющих большой вес, ванну оборудуют специальным подъемником на монорельсе, смонтированном над ванной.

Поточная окраска окунанием в условиях массового производства осуществляется при подаче изделий подвесными однониточными или двуниточными конвейерами. В первом случае для передвижения изделий применяют пространственные конвейеры, тяговое приспособление которых позволяет изменять направление трассы конвейера как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Следует, однако, иметь в виду, что вертикальные перегибы таких конвейеров имеют значительные радиусы закруглений

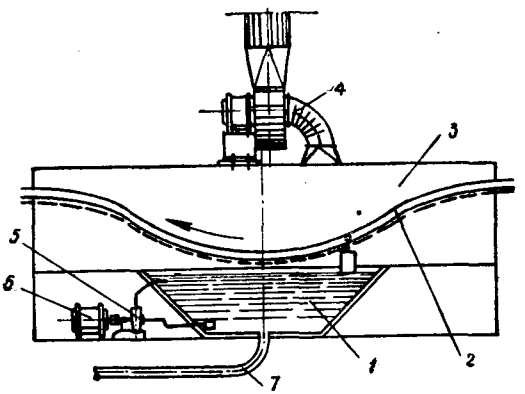


Рис. 89. Агрегат для окраски окунанием с однониточным конвейером:

1 — ванна с краской; *2* — монорельс конвейера; *3* — вытяжная камера; *4* — вентиляционный центр; *5* — насос; *6* — электродвигатель; *7* — сливная труба

($d_{мин.} = 2{,}5$ *м*), что вызывает значительное увеличение длины и емкости ванн.

При передвижении изделий двуниточным конвейером изгиб трассы конвейера происходит только в вертикальной плоскости, причем радиус изгиба может быть достаточно малым. Это позволяет иметь ванны для окраски окунанием небольших габаритов и малой емкости.

На рис. 89 представлен агрегат для окрашивания окунанием с непрерывной подачей изделий однониточным конвейером. Он состоит из ванны *1*, заполненной краской, подвесного конвейера *2*, вытяжной камеры *3*, оборудованной вытяжным центром *4*. Ванна, имеющая трапецоидальную форму, размещена в бетонированной траншее и снабжена насосом *5* с электромотором *6* для перемешивания красок. Для аварийного слива ванна имеет сливную трубу *7* большого диаметра, позволяющую за 3—5 минут спустить всю краску в сливной резервуар, находящийся за пределами цеха.

Вытяжная камера, имеющая застекленные стенки и потолок, оборудована искусственным взрывобезопасным освещением.

Торцевые стенки камеры имеют постоянно открытые проемы для прохода изделий. Вентиляция камеры рассчитывается таким образом, чтобы скорость воздуха в открытых проемах была выше скорости диффузии паров растворителей. Практически скорость воздуха в проемах принимается 0,3—0,5 *м/сек.*

При такой скорости воздуха проникновение паров растворителя в помещение совершенно исключено, так как наибольшая скорость их диффузии не превышает 0,1 *м/сек.*

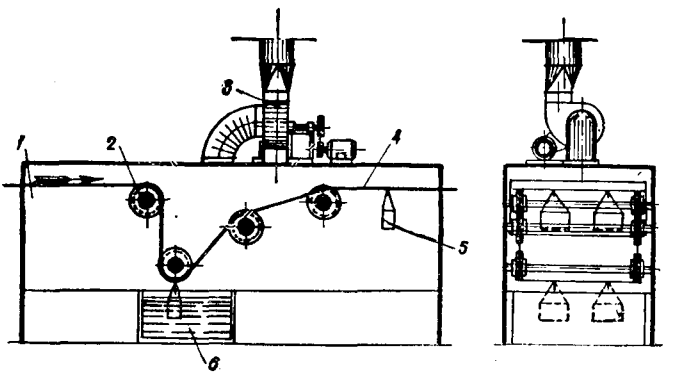


Рис. 90. Агрегат для окраски окунанием с двуниточным (штанговым) конвейером:

1 — камера; *2* — поворотные звездочки; *3* — вентиляционный центр; *4* — конвейер; *5* — изделие; *6* — окрасочная камера

На рис. 90 представлен агрегат для окраски окунанием деталей, транспортируемых двуниточным конвейером непрерывного действия.

Производительность таких агрегатов очень высока и рассчитывается следующим образом.

В зависимости от характера и габаритов окрашиваемых изделий навеска их на подвеску одноніточного или на штангу двуниточного конвейера производится по одному или группами. Мелкие детали и узлы обычно навешивают на специальные рамки в несколько ярусов. При этом надо при укладке следить, чтобы с изделий, размещаемых в верхних рядах, краска не стекала на нижележащие изделия. Задаваясь оптимальным габаритом рамки и определив количество изделий, укладываемых на 1 рамку, определяют количество рамок на годовую программу выпускаемых изделий.

При заданном режиме работы цеха темп выпуска одной рамки или индивидуально подвешиваемого изделия, т. е. промежуток

времени, через который должна выходить готовая рамка или одно изделие, определяется по следующей формуле:

$$T = \frac{\Phi \cdot 60}{K} \text{ мин.}$$

где Φ — годовой фонд времени работы агрегата в часах,
K — годовое количество изделий (подвешиваемых поштучно) или рамок.

Принимая расстояние между подвесками конвейера (шаг подвесок) равным $t_п$, скорость конвейера будет равна

$$V_к = \frac{t_п}{T} = \frac{t_п K}{\Phi \cdot 60} \text{ м/мин}$$

Часовая производительность установки при навешивании по одному изделию на подвеску

$$P_ч = \frac{K}{\Phi} = \frac{60}{t_п} \text{ штук/час}$$

Часовая производительность установки при навешивании m изделий на одну подвеску

$$P'_ч = \frac{60 V m}{t_п} \text{ штук/час}$$

Выражая производительность установки в квадратных метрах окрашиваемой поверхности, имеем

$$P''_ч = \frac{60 F V m}{t_п} \text{ м}^2\text{/час}$$

где F — поверхность окраски изделий, навешиваемых на 1 подвеску конвейера, $м^2$.

Расчет вентиляции вытяжной камеры и выбор вентиляционного оборудования производятся в нижеуказанной последовательности.

1. Расход воздуха при наличии двух открытых проемов камеры определяем по следующей формуле:

$$Q = 3600 \cdot 2FW \text{ м}^3\text{/час}$$

где F — живое сечение одного открытого проема, $м^2$,
W — скорость воздуха в открытом проеме, $м/сек$.

2. Выбрав сеть воздуховодов, по которой будет выбрасываться воздух из вытяжной камеры в окружающую атмосферу, определяют общую потерю напора в сети по формуле

$$H = H_п + H_м = \Sigma Rl + \Sigma \xi \frac{W^2 \gamma}{2g}$$

где $H_п$ — потеря напора на прямых участках воздуховодов,
$H_м$ — потеря напора в местных сопротивлениях,

R — сопротивление 1 пог. *м* воздуховода постоянного сечения, *мм* вод. ст.,
l — длина данного участка воздуховода, *м*,
ξ — коэффициент местного сопротивления,
W — скорость воздуха при прохождении местного сопротивления, *м/сек*,
γ — удельный вес воздуха, *кг/м*^{3},
g — ускорение силы тяжести, *м/сек*^{2}.

Зная расход воздуха и подсчитав указанным методом общую потерю напора в сети по таблицам и графикам, подбирают вентилятор и определяют его технические параметры. Потребная мощность электродвигателя для вращения вентилятора определяется по формуле

$$N = \frac{QHK}{3600 \cdot 102\eta_в\eta_р}$$

где Q — производительность вентилятора, *м*^{3}*/час*,
H — напор, развиваемый вентилятором, *мм* вод. ст.,
K — коэффициент запаса мощности электродвигателя,
102 — эквивалент 1 *квт* в *кгм/сек*,
$\eta_в$ — к. п. д. вентилятора,
$\eta_р$ — к. п. д. ременной передачи в случае ее применения.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ОБЛИВАНИЕМ

По своей физической сущности этот способ мало отличается от окрашивания окунанием. При обливании изделия также обильно смачиваются краской, а поэтому окрашиваются в один цвет со всех сторон. Обтекаемость формы изделий является также обязательным условием при обливании. В случае наличия на окрашиваемом изделии углублений, карманов и т. п., где излишки краски могут задержаться и не стечь, обливание также непригодно.

Окрашивание обливанием применяется лишь тогда, когда окунание по тем или иным причинам является менее целесообразным. Так, при грунтовании на конвейере досок, дверей, оконных переплетов и т. п. обливание безусловно целесообразнее окунания. Для грунтования таких изделий окунанием потребовались бы ванны большой емкости, тогда как при обливании в этом нет необходимости. Возможность образования натеков в данном случае значительно меньше, чем при окрашивании по металлу, вследствие способности дерева впитывать краску.

Обливание может быть применено также для нанесения первого покрытия на металлические детали, если форма и величина этих деталей позволяют с большим эффектом применить обливание, чем окунание. Для окончательного окрашивания, преследую-

щего, кроме защитных, декоративные цели, обливание мало пригодно.

Применяемое при обливании оборудование определяется формой, величиной и количеством изделий, окрашиваемых в единицу времени.

В простейшем случае при небольших объемах окрасочных работ для окрашивания обливанием устраивают ванну, закрывае-

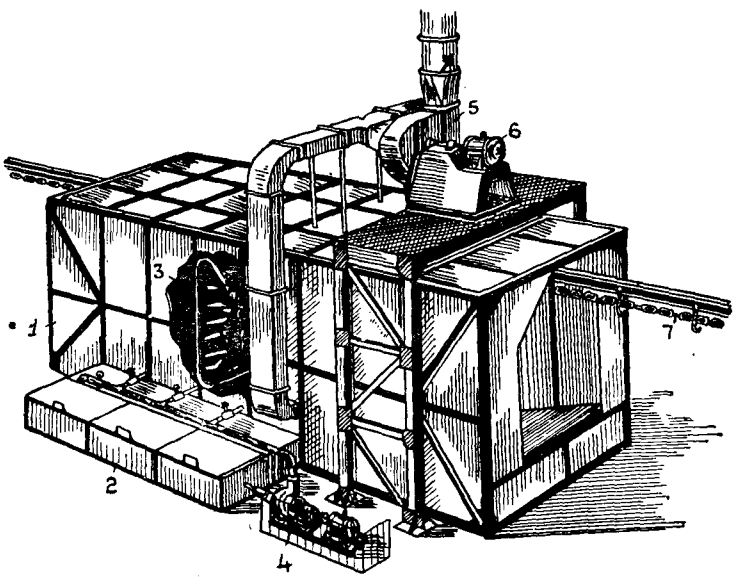


Рис. 91. Агрегат для окрашивания обливанием непрерывного действия:
1 — камера; *2* — ванна; *3* — трубы; *4* — насосный агрегат; *5* — вентилятор; *6* — электромотор; *7* — конвейер

мую сеткой, на которую и укладывают изделия при обливании. Краска подается из расположенного на высоте бака по гибкому шлангу, оперируя которым рабочий обливает установленные на сетке изделия. Излишняя краска через сетку стекает в ванну. Скопляющаяся в ванне краска ручным насосом перекачивается обратно в бак для повторного использования.

В условиях массового производства применяются более сложные установки, позволяющие работать непрерывно с автоматизацией процесса окрашивания.

На рис. 91 представлен автоматически действующий агрегат для грунтования обливанием деревянных каркасов шоферских кабин грузовых автомашин.

Агрегат для окрашивания обливанием состоит из ванны *2*, трех контуров труб *3*, оборудованных насадками, и насосного

агрегата *4* для подачи грунта к насадкам под давлением. Во избежание разбрызгивания краски и попадания паров растворителя в помещение ванна с трубами размещена в специальной камере *1*, имеющей открытые проемы для входа и выхода изделий. Камера оборудована принудительной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей скорость воздуха в открытых проемах, превышающую скорость диффузии паров растворителей. Вентиляционный центр, состоящий из вентилятора *5* и электромотора *6*, расположен над камерой.

Подача каркасов в камеру для окрашивания и последующая транспортировка их на сушку осуществляется подвесным однониточным конвейером непрерывного действия *7*.

Каркасы кабин, укрепленные на подвесках конвейера, после обдувки сжатым воздухом поступают в камеру обливания. Продвигаясь вдоль камеры, они проходят внутри контура труб и, пересекая струйные завесы грунта, подаваемого через насадки, обильно обливаются им со всех сторон. По выходе из контура труб каркасы проходят над сточным желобом, где излишки грунта стекают и возвращаются обратно в ванну для последующего использования.

Наполнение ванны грунтом производится по трубам из центральной краскозаготовительной станции.

Аварийный слив краски происходит через специальную трубу самотеком в подземный резервуар, расположенный за пределами помещения.

Производительность таких установок, как и установок для окунания, определяется также по формуле

$$P_ч = \frac{60FV}{t_п} \ м^2/час$$

где F — поверхность окрашиваемых изделий, размещаемых на одной подвеске конвейера, $м^2$,

V — скорость конвейера, $м/мин$,

$t_п$ — шаг подвесок, $м$.

Принципиальная разница заключается только в определении максимально допустимой скорости конвейера, так как при обливании она не связана со скоростью подъема изделий из ванны. В этом случае предел скорости конвейера зависит от продолжительности стекания излишков краски с изделия. При повышении скорости конвейера сильно удлиняется зона стекания краски, а следовательно и площадь, занимаемая установкой.

Производительность насосов для подачи краски к насадкам зависит от количества последних. Количество же насадок определяется количеством и размером контуров труб, которые определяются формой и величиной окрашиваемых изделий.

Если обозначить q — расход краски через одну насадку, *л/час*, Σl — общую длину труб, на которых установлены насадки, *м* и a — среднее расстояние между соседними насадками, *м*, то общий расход краски, или производительность насоса, составит

$$Q = \frac{\Sigma l}{a} q \ л/час = \frac{\Sigma l q}{1000a} \ м^3/час$$

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ В БАРАБАНАХ

Принцип окрашивания окунанием и обливанием использован при окрашивании в барабанах. Этот способ окрашивания обычно применяется для покрытия мелких деталей, например пистонов для обуви, крючков и пряжек, болтов, гаек и т. п. Применяемое при этом оборудование представляет собой различной емкости барабаны, приводимые во вращение вручную или механически.

Загрузка и выгрузка деталей, а также и загрузка лакокрасочных материалов производится через съемную крышку барабана, которая при работе плотно закрывается и закрепляется накидными болтами с гайками.

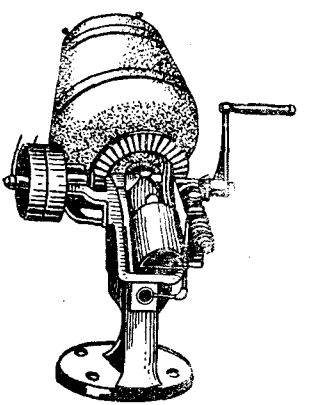


Рис. 92. Барабан для окраски мелких деталей

Для более интенсивного перемешивания деталей при окрашивании барабан устанавливают наклонно. Вал, вокруг которого вращается барабан, снабжен подшипником (ось подшипника перпендикулярна оси вала), через который проходит приводной вал; вал барабана может поворачиваться относительно приводного вала и устанавливаться под углом к горизонтальной плоскости. Для облегчения таких поворотов барабана на втором конце его вала имеется контргруз. Барабан с валом и контргрузом и приводной вал смонтированы на чугунной литой раме, которая, в свою очередь, закреплена на вертикальном валу подставки так, что может поворачиваться вокруг него в горизонтальной плоскости.

Некоторые конструкции барабанов снабжаются электрическими нагревателями, что позволяет не только окрасить, но и подсушить детали. Пары растворителей при этом могут выходить через отверстия в крышке барабана.

При вращении барабана загруженные детали непрерывно трутся друг о друга; краска при этом равномерно распределяется по их поверхности. В барабанах с подогревом вращение

продолжают до тех пор, пока детали не высохнут «от пыли», после чего их разгружают и передают на окончательную сушку.

Средняя емкость барабанов обычно 100—150 *кг* мелких деталей из черного металла. Продолжительность вращения барабана 10—15 минут, часовая производительность — в среднем 400—700 *кг*. Скорость вращения 20—80 об/мин.

Окраска центрифугированием отличается от окраски в барабанах скоростью вращения, которая достигает 300 об/мин.

Покрытие при окрашивании в барабанах получается ровным и красивым, если рецептура краски и количество ее в барабане подобраны правильно.

На рис. 92 показан общий вид барабана для окрашивания мелких деталей.

5. АППАРАТЫ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ РАСПЫЛЕНИЕМ

Аппараты, предназначенные для окрашивания изделий, могут быть разделены на 4 группы: 1) механического распыления низкого давления; 2) механического распыления высокого давления; 3) воздушного распыления и 4) для распыления в электростатическом поле.

Работа аппаратов первой группы основана на принципе распыления краски за счет превращения потенциальной энергии краски, находящейся под давлением 6—8 *ата*, в кинетическую энергию при выходе краски в атмосферу. Специальные форсунки, осуществляющие распыление, позволяют сообщить частицам краски не только большую скорость, но и определенное направление, облегчающее нанесение лакокрасочных материалов на поверхность.

Работа аппаратов 2-ой группы основана на том же принципе с той лишь разницей, что более высокое давление на краску, достигающее 40—45 *ат*, позволяет распылять краски высокой вязкости, тогда как аппараты первой группы могут распылять только краски низкой вязкости.

Аппараты воздушного распыления работают на принципе распыления краски струей сжатого воздуха при выходе его в атмосферу.

Аппараты 4-ой группы могут работать на принципе механического, воздушного, а также и электростатического распыления.

Аппараты механического распыления низкого давления. Аппараты этой группы весьма немногочисленны. Наибольшее распространение в практике получили специальные аппараты, в которых краска распыляется при помощи форсунки Вермореля (рис. 93). Краска к таким форсункам поступает под давлением, достигающим 6—8 *ата*, которое создается при помощи ручного воздушного насоса, подающего воздух в резервуар с краской.

В отличие от пневматического распыления при механическом распылении низкого давления воздух непосредственного участия в распылении краски не принимает.

По своему устройству форсунка представляет собой полый цилиндр с двумя отверстиями. Входное отверстие форсунки *9* расположено на боковой поверхности у одного основания цилиндра, выходное отверстие — в центре другого основания.

Краска входит в цилиндр по касательной к боковой поверхности и, скользя по стенкам цилиндра, получает быстрое вращательное движение при одновременном продвижении к выходному

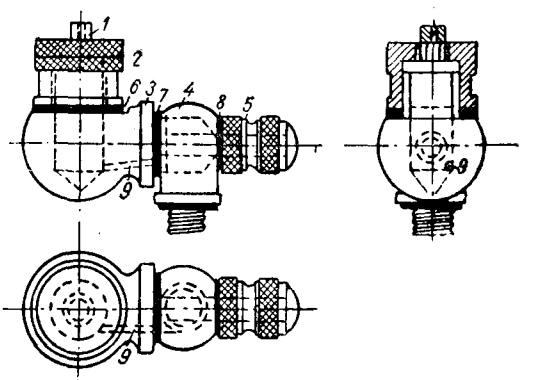


Рис. 93. Форсунка для механического распыления красок:

1 — ниппель; *2* — крышка; *3* — корпус; *4* — головка; *5* — гайка; *6, 7, 8* — прокладки; *9* — канал, подводящий краску

отверстию. После выхода из форсунки краска, получив вращательное движение, центробежной силой разбрасывается веером перпендикулярно оси форсунки. Одновременно с вращательным частицы краски за счет повышенного давления получают и поступательное движение, в результате чего из мелкораздробленных частиц краски образуется полый конус, который своим основанием направляется на окрашиваемую поверхность.

Головка форсунки *4* имеет винтовую нарезку, при помощи которой она может ввинчиваться в конец трубки, подводящей краску к форсунке. Корпус форсунки *3* может поворачиваться и при помощи винтовой гайки *5* закрепляться в любом положении. При окрашивании потолков форсунка закрепляется в вертикальном положении, при окрашивании стен — в горизонтальном.

Корпус форсунки заканчивается крышкой *2*, в середину которой ввинчивается ниппель *1*, имеющий центровое отверстие диаметром 1 *мм*. В местах резьбовых соединений ставятся прокладки

6, *7* и *8*. При работе форсунки обычно ввинчиваются в длинную трубку-удочку, оперируя которой можно окрашивать поверхности, расположенные на высоте. При окрашивании на больших высотах пользуются подмостями или стремянками.

На малых высотах вместо удочки употребляют механический краскораспылитель, в который, как в удочку, ввинчивается форсунка.

Приборы механического распыления низкого давления пригодны лишь для маловязких водяных красок — клеевых, казеиновых, известковых и т. п. — и находят применение лишь на малярно-строительных работах.

Так как форсунка дает полую струю, то для получения равномерного красочного слоя при работе форсунка должна совершать

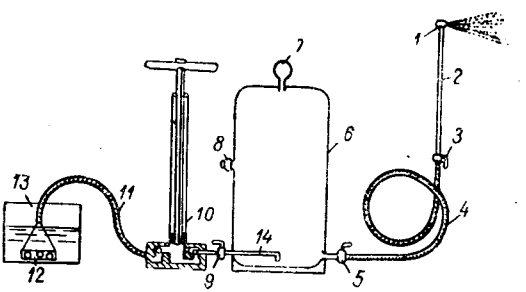


Рис. 94. Схема устройства аппарата „Эконом":

1 — форсунка; *2* — металлическая трубка; *3* — удочка с краном; *4* — резиновый шланг; *5* — выходной кран; *6* — сварной баллон; *7* — манометр; *8* — клапан; *9* — кран; *10* — воздушный насос; *11* — резиновый шланг; *12* — сетчатый фильтр; *13* — бачок с краской

плавные круговые движения, постепенно при этом передвигаясь вдоль окрашиваемой поверхности.

Расстояние от форсунки до окрашиваемой поверхности должно быть от 0,75 до 1 *м* в зависимости от давления; направление струи по возможности перпендикулярно окрашиваемой поверхности.

Для создания давления на краску применяются специальные аппараты механического распыления, снабженные ручными воздушными насосами. По режиму работы эти аппараты бывают периодического и непрерывного действия.

Практическое применение получили аппараты непрерывного действия, одна из разновидностей которых — аппарат «Эконом» — схематически изображена на рис. 94.

Аппарат состоит из сварного баллона *6* емкостью около 20 *л*, снабженного манометром *7* и предохранительным клапаном *8*. К баллону прикреплен воздушный насос *10*, соединяющийся с внутренностью баллона трубкой *14* с краном *9*. На штуцер на-

соса надевается гофрированный резиновый шланг *11*, имеющий на другом конце приемную воронку с сетчатым фильтром *12*.

Баллон имеет выходной кран *5*, на который надевается нагнетательный резиновый шланг *4*. На другой конец этого шланга насаживается металлическая трубка *2* — «удочка» с краном *3*, обычно заключенная в бамбуковый чехол. В трубку ввинчивается форсунка *1*.

Аппарат обслуживается двумя рабочими, один из которых действует «удочкой», а второй при помощи насоса *10* поддерживает нужное давление в баллоне.

Приступая к работе, конец приемного шланга *11* опускают в бачок с краской *13* и при закрытом выходном кране *5* накачи-

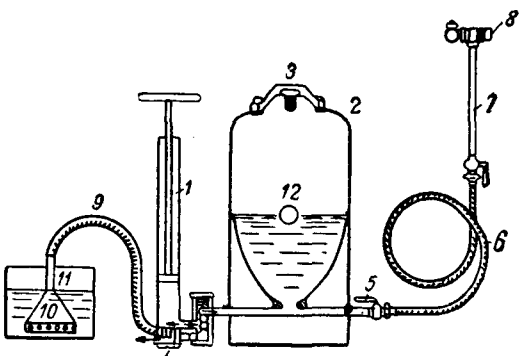


Рис. 95. Схема устройства краскопульта:

1 — воздушный насос; *2* — баллон; *3* — крышка; *4* — предохранительный клапан; *5* — кран; *6* — шланг; *7* — трубка (удочка); *8* — форсунка; *9* — приемный шланг; *10* — сетчатый фильтр; *11* — бачок с краской; *12* — шар

вают в баллон около 1 *л* краски, чтобы клапаны насоса, работающие с жидкостью, начали действовать. После этого шланг *11* вынимают из краски и накачивают в баллон воздух, доводя давление до 1—2 *ат*. Потом шланг *11* снова опускают в бачок и накачивают краску в баллон до тех пор, пока давление воздуха в последнем не достигнет 6—8 *ата*, затем, открывая кран *5*, подают краску через шланг и «удочку» к форсунке, выходя из которой краска распыляется и ровным слоем ложится на окрашиваемую поверхность.

Существенный недостаток аппаратов «Эконом» состоит в том, что при израсходовании всей краски сжатый воздух из баллона может выйти и при перезарядке его снова надо накачивать.

Этого недостатка лишены аппараты аккумуляторного действия, так называемые краскопульты (рис. 95).

Отличительной особенностью этих аппаратов является наличие внутри баллона шара *12*, который при израсходовании краски

садится на коническое седло в нижней части аппарата и закрывает выходное отверстие, через которое мог бы выйти воздух.

Баллоны краскопультов имеют крышку *3*, снимая которую можно очистить баллон.

Предохранительный клапан в этих аппаратах поставлен не на баллоне, а на насосе.

В случае необходимости выпустить воздух из баллона при отсутствии краски его заполняют водой и поворачивают набок. Воздух при этом свободно выходит через отверстие.

Шар *12*, закрывающий отверстие в баллоне, делают из дерева или пробки и покрывают слоем эбонита и резины. Диаметр его — от 35 до 50 *мм*. Удельный вес его должен быть таким, чтобы шар погружался в краску до половины своего объема.

Аппараты механического распыления высокого давления. Метод распыления красок при высоком давлении позволяет распылять материалы не только маловязкие, но и высокой вязкости. Давление в этих аппаратах в зависимости от вязкости материалов может колебаться в очень широких пределах. Если при нанесении маловязких водных красок достаточно давление 10—12 *ата*, то при употреблении красок высокой вязкости давление доводят до 40—45 *ата*.

Производительность таких аппаратов очень высока и может достигать при окраске ровных больших поверхностей маловязкими материалами 300—450 $м^2$ в час.

Важным достоинством этих аппаратов является то, что они не дают большого туманообразования. Существенными недостатками аппаратов механического распыления высокого давления является сложность устройства, недостаточная портативность и большой вес. Кроме того, при помощи этих аппаратов не удается получить ровные и качественные декоративные покрытия, как при воздушном распылении.

Несмотря на эти недостатки аппараты механического распыления представляют практический интерес, так как на ряде предприятий, а в особенности при окрашивании строительных объектов, они с успехом могут применяться.

Так как распыление красок в этом аппарате производится по такому же принципу, как и распыление топлива в бескомпрессорных дизелях, то он по аналогии назван «Агрегат бескомпрессорного распыления» [4].

Агрегат БКФ-47 (рис. 96) состоит из масляного шестеренчатого насоса *5* с электромотором *3*, мультипликатора *6*, уравнительного бачка *11* с манометром *12*, красочного бака и пистолета.

Механизмы агрегата смонтированы на легко передвигающейся двускатной тележке *1*. Электромотор *3*, получающий питание от общей сети через зубчатую цилиндрическую передачу *5*, приводит во вращение шестеренчатый насос *5*, который, забирая масло из

бака *8*, через фильтр *9* по трубке *А* нагнетает его через предохранительный клапан *10* и трубку *Б* в масляный цилиндр мультипликатора.

Мультипликатор *6* с золотником *7* смонтированы на четырех стойках *2*, на нижних концах которых укреплены ходовые колеса тележки.

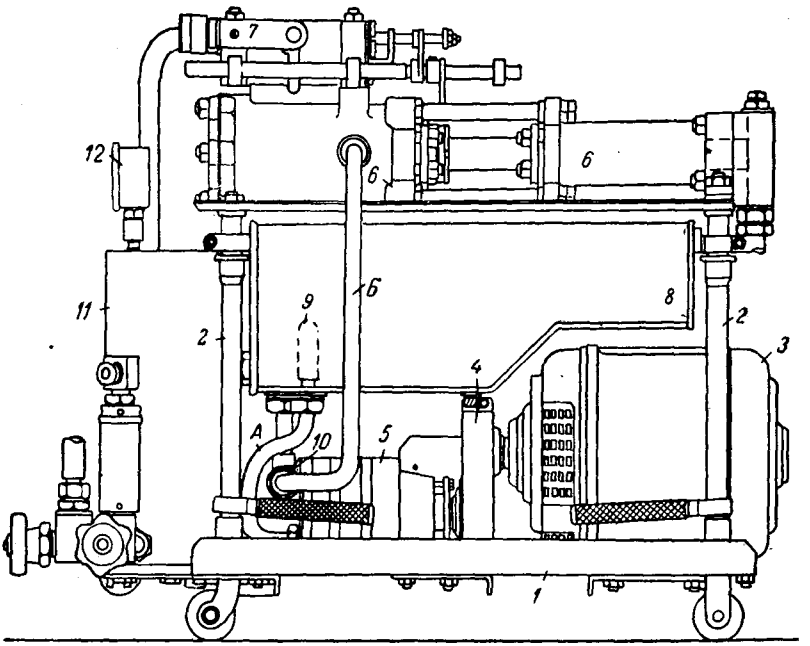


Рис. 96. Агрегат бескомпрессорного распыления БКФ-47:

1 — тележка агрегата; *2* — поддерживающие стойки; *3* — электромотор; *4* — зубчатая передача; *5* — масляный насос; *6* — мультипликатор; *7* — золотниковое распределение масляного цилиндра; *8* — масляный бачок; *9* — фильтр; *10* — предохранительный клапан; *11* — уравнительный бачок; *12* — манометр

Работа агрегата производится по схеме, изображенной на рис. 97.

Шестеренчатый насос, приводимый в движение мотором *2* через передачу *3*, нагнетает через золотник *7* масло то в правую, то в левую полость масляного цилиндра *6* — мультипликатора. Масло подается из бачка *5* через фильтр *4*. Давление масла передается на поршень *8*, сообщая ему возвратно-поступательное движение. На одной геометрической оси с масляным цилиндром расположен красочный цилиндр *17* с поршневым и клапанным механизмом. Поршень масляного цилиндра штоком *11* соединен с поршнем *12* красочного цилиндра и одновременно с ним совершает под

давлением масла возвратно-поступательное движение. При движении поршня красочного цилиндра влево вследствие получающегося разрежения в правой полости цилиндра всасывающий клапан *13* открывается и правая полость цилиндра заполняется краской, поступающей из бачка *14*. При этом поршень одновременно давит на краску, находящуюся в левой полости цилиндра, перегоняя ее по трубке в уравнительный бачок *15*.

При движении поршня вправо всасывающий клапан закрывается и краска из правой полости цилиндра через перепускной клапан *16* частично перегоняется в левую полость, частично

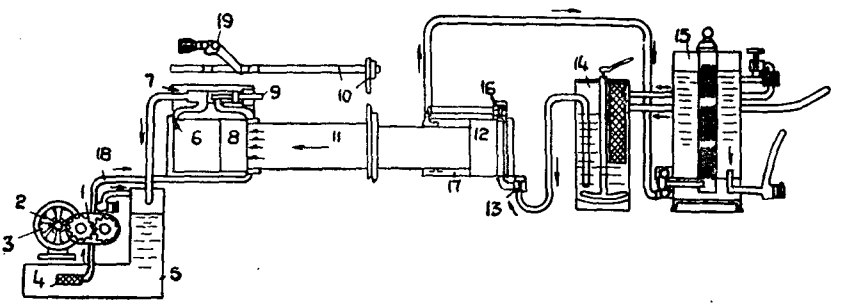


Рис. 97. Схема действия агрегата БКФ-47:

1 — масляный шестеренчатый насос, *2* — электромотор, *3* — передача, *4* — фильтр, *5* — масляный бачок, *6* — масляный цилиндр, *7* — золотник, *8* — поршень, *9* — тяга к золотнику, *10* — тяга к механизму мгновенного переключения, *11* — шток, *12* — поршень красочного цилиндра, *13* — всасывающий клапан, *14* — бачок для краски, *15* — уравнительный бачок, *16* — перепускной клапан, *17* — красочный цилиндр, *18* — предохранительный клапан, *19* — механизм мгновенного переключения

в уравнительный бачок, так как в среднем положении поршня объем левой полости цилиндра, в которой находится шток, в два раза меньше объема правой полости. Площадь поршня красочного цилиндра в 3,5 раза меньше площади поршня масляного цилиндра, и давление на краску в красочном цилиндре соответственно выше, чем давление масла в масляном цилиндре. Регулировкой предохранительного клапана *18* масляной системы и перепускного клапана *16* красочной системы можно довести рабочее давление краски до 45 *ата*. Такое же давление создается и в уравнительном бачке, из которого краска через запорный вентиль по резиновому шлангу подается к распылителю.

Поступившая в распылитель краска по специально устроенным выточкам направляется в вихревую камеру, где получает вращательное движение и через отверстие сопла частично выходит наружу на распыление, частично через полый шпиндель и второй шланг возвращается в бак *14*. При выходе в атмосферу краска переходит в мелкодисперсное состояние и наносится на поверхность. Агрегат снабжен механизмом переключения *19*.

Техническая характеристика агрегата БКФ-47

Производительность распылителя при работе красками высокой вязкости	300—350 *м²/час*
То же при работе маловязкими красками	350—450 »
Рабочее давление по манометру (максим.)	40—45 *ат*
Коэффициент мультипликации	3,5
Число двойных ходов мультипликатора	35—40 ход/мин.
Емкость красочного бака	25 *л*
Габариты агрегата	760 × 300 × 600 *мм*
Вес агрегата без красочного бака	80—85 *кг*

Аппараты воздушного распыления. В технике окрашивания распылением аппараты воздушного распыления получили наиболее широкое распространение.

Обладая основными положительными качествами приборов механического распыления, они имеют перед ними ряд преимуществ. Они более универсальны, так как позволяют наносить все виды материалов и, что особенно важно, дают более качественное декоративное покрытие. Поэтому при окрашивании промышленных изделий, требующих высококачественных покрытий, приборы воздушного распыления предпочитаются всем остальным.

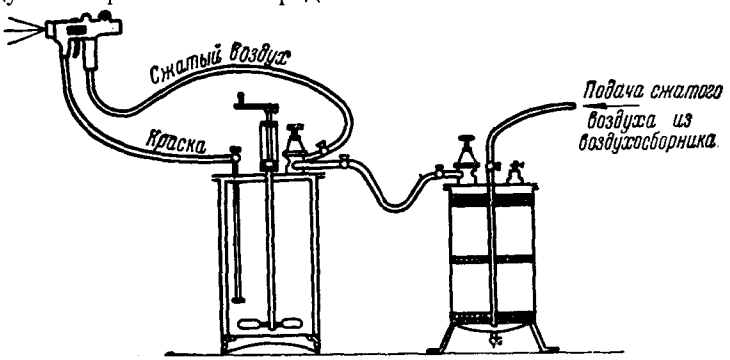


Рис. 98. Схема соединения краскораспылителя с красконагнетательным баком и масловодоотделителем

Существенным недостатком приборов воздушного распыления является то, что их работа сопровождается интенсивным образованием красочного тумана, вредно действующего на здоровье окружающих.

В комплект аппаратуры для окрашивания воздушным распылением входят:

1) краскораспылитель для распыления красок и нанесения их на поверхность окрашиваемого изделия;

2) красконагнетательный бак, являющийся резервуаром для лакокрасочных материалов и аппаратом для подачи красок к краскораспылителю;

3) масловодоотделитель, осуществляющий очистку воздуха, подаваемого к краскораспылителю и красконагнетательному баку, от воды и масла.

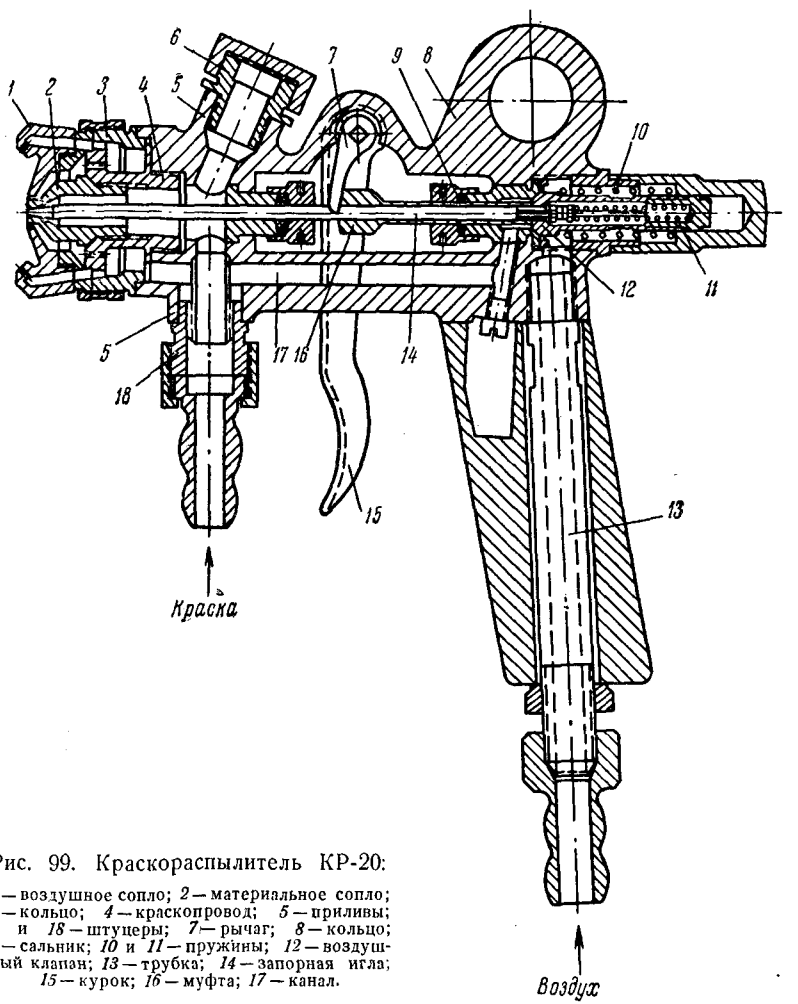


Рис. 99. Краскораспылитель КР-20:

1 — воздушное сопло; *2* — материальное сопло; *3* — кольцо; *4* — краскопровод; *5* — приливы; *6* и *18* — штуцеры; *7* — рычаг; *8* — кольцо; *9* — сальник; *10* и *11* — пружины; *12* — воздушный клапан; *13* — трубка; *14* — запорная игла; *15* — курок; *16* — муфта; *17* — канал.

Схема включения краскорастирательной аппаратуры представлена на рис. 98.

Краскораспылители. Применяемые для окрашивания методом воздушного распыления конструкции краскораспылителей до-

вольно разнообразны, однако большинство из них мало отличается друг от друга.

Краскораспылитель воздушного распыления (рис. 99) обычно состоит из следующих основных частей: корпуса, головки (форсунки) и клапанного механизма.

В головке любого краскораспылителя размещается материальное сопло *3* (рис. 100), через которое происходит истечение краски, и воздушное сопло *4*, к которому подводится сжатый воздух.

Несколько упрощенно физическую сущность процесса распыления можно представить следующим образом.

Сжатый воздух, подведенный к воздушному соплу, с большой скоростью вытекает через кольцевой канал *6*, образованный между устьями материального и воздушного сопла. Частицы вытекающей воздушной струи создают разрежение в устье материального сопла. Краска, поступающая через материальное сопло в разреженное пространство, вовлекается в зону большой скорости воздуха, где дробится на мельчайшие капли и уносится струей. Диаметр капель распыленной краски или лака колеблется в пределах от 6 до 21 *мк*, а скорость их движения, соответствующая скорости воздушной струи, достигает 5—30 *м/сек*.

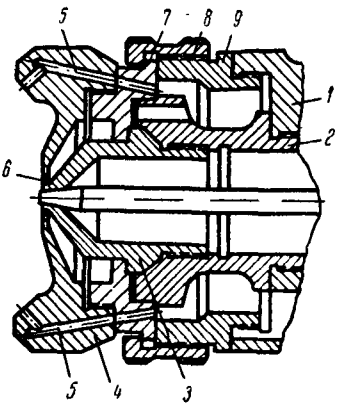


Рис. 100. Головка краскораспылителя КР:

1 — корпус; *2* — краскопровод; *3, 4* — сопла; *5* — каналы; *6* — кольцевое отверстие; *7, 9* — кольца; *8* — гайка

Форма струи (точнее ее отпечаток на окрашиваемой поверхности) определяется конструкцией головки краскораспылителя.

Круглая струя дает отпечаток на окрашиваемой поверхности в виде круга. Струю такой формы дает головка, имеющая круглое отверстие в воздушное сопло, расположенное вокруг несколько выступающего материального сопла. Подобная головка имеет наиболее простое устройство и дает факел большой плотности, что позволяет иметь большие скорости перемещения краскораспылителя во время окрашивания.

Устройством дополнительных боковых отверстий достигается получение плоской струи. Струи воздуха, выходящие из боковых отверстий, сжимают распыленную струю краски и воздуха, придавая ей плоскую форму.

Обычно головки, дающие плоскую струю, приспособлены также и для получения круглой струи.

Овальная струя является промежуточной между круглой и плоской. Отличие ее от плоской струи состоит в том, что боковые отверстия в головке краскораспылителя располагаются под незначительным углом к направлению оси факела и у самого устья материального сопла.

Вращающаяся струя образуется специальными винтовыми нарезками на наружной поверхности материального сопла.

Этот вид струи используется при окрашивании шероховатых и волнистых поверхностей.

Размер выходного отверстия материального сопла определяется назначением краскораспылителя и имеет важное значение для выбора рационального режима окрашивания.

Наибольшее распространение получили краскораспылители с диаметром выходного отверстия сопла от 0,5 до 2,5 *мм*.

Способ подачи краски к соплу оказывает существенное влияние на конструкцию краскораспылителя. По этому признаку современные краскораспылители можно разделить на три типа.

1. Краскораспылители с принудительной подачей краски. Краска подается в краскораспылитель по шлангу из специального красконагнетательного бака (рис. 104, *б*, 105, стр. 406, 408). Этот способ удобен при больших объемах работ, так как тогда сокращается время на заливку краски и можно применять красконагнетательные баки любой емкости. Интенсивность подачи краски в этом случае может регулироваться в широких пределах за счет изменения давления на краску в красконагнетательном баке.

2. Краскораспылители с подачей краски самотеком. Краска подается из бачка (емкостью 0,5—1 *л*), закрепленного в верхней части корпуса краскораспылителя (рис. 104, *а*, стр. 406); одновременно происходит эжектирующее действие воздушной струи. Такие краскораспылители получили наибольшее распространение, так как они дают возможность избежать применения громоздких красконагнетательных баков и длинных шлангов.

3. Краскораспылители с подсосом краски. Краска поступает из бачка, прикрепленного к нижней части корпуса красконагнетателя (рис. 104, *в*), за счет эжектирующего действия струи сжатого воздуха. Этот тип краскораспылителей особенно удобен при окраске наклонных поверхностей, так как обеспечивает сохранность краски даже при сильных наклонах бачка. Кроме того, благодаря отсутствию дополнительного напора на краску для этой конструкции почти не требуется регулировки подачи краски.

Наибольшее распространение получили краскораспылители КР Хотьковского экспериментального завода и краскораспылители 0-19 Вильнюсского завода окрасочной аппаратуры. Эти аппараты просты по конструкции, очень легки по весу и хорошо зарекомендовали себя в работе. Конструктивно эти два типа краскораспылителей мало отличаются друг от друга [10].

На рис. 99 (стр. 400) представлен краскораспылитель КР-20 с подачей краски от красконагнетательного бака. Корпус *8* выполнен в виде фасонной отливки из легкого сплава на алюминиевой основе. К передней части корпуса крепится на резьбе наиболее ответственная часть краскораспылителя — головка. В передней же части имеются два прилива *5*, с просверленными в них каналами для подачи краски. Наличие двух каналов позволяет применять подачу краски как от красконагнетательного бака, так и от бачка, установленного на краскораспылителе. Последний крепится к одному из штуцеров *6* и *18*. Шланг от красконагнетательного бака крепится к штуцеру *18*. Свободный канал при работе заглушается пробкой.

В задней части корпуса размещены регулятор запорной иглы и воздушный клапан. В середине корпуса имеется специальный проем для монтажа сальниковых уплотнений и механизма открывания иглы.

В нижней части корпуса просверлен канал *17*, через который подается воздух к головке распылителя. К передней части корпуса крепится краскопровод *4*, в который ввертывается материальное сопло *2*.

Мелкие отверстия в краскопроводе, расположенные по краям, служат для подвода воздуха к воздушному соплу *1*. В переднюю же часть корпуса ввертывается кольцо *3*, служащее для крепления воздушного сопла.

Краска, подведенная к материальному соплу, не может вытекать из него до тех пор, пока не откроется запорная игла *14*. Открытие иглы производится курком *15*, который посредством рычага *7* и муфты *16* перемещает не только иглу, но и воздушный клапан *12*, перекрывающий канал для подвода воздуха.

Распылитель регулируется таким образом, что при нажатии на курок сначала срабатывает воздушный клапан, открывая путь воздуху, а затем запорная игла. Плотность прилегания иглы к соплу регулируется пружиной *11*. Нажатие воздушного клапана осуществляется пружиной *10*.

Угол поворота курка, а следовательно величина смещения иглы, регулируется специальным винтом, ввернутым в корпус краскораспылителя (на чертеже не показан). Конец иглы, прилегающий к соплу, выполнен в виде конуса, что позволяет регулировать открытие сопла, а следовательно, и расход краски, путем изменения величины смещения иглы. Регулирование же расхода краски особенно важно при работе от красконагнетательного бака или верхнего бачка, когда требуется неполное открытие сопла во избежание чрезмерной подачи краски.

Сжатый воздух через шланг по трубке *13* подводится в полость, расположенную перед клапаном. Оттуда, после того как

от нажима на курок переместится воздушный клапан, воздух через канал *17* поступает к головке распылителя.

Для предупреждения просачивания краски и воздуха в краскораспылителе предусмотрены сальниковые уплотнения *9*.

В зависимости от конструкции головки распылителя может быть получена та или иная форма струи. Для получения нормальной струи необходимо иметь строго концентрическое расположение отверстий воздушного и материального сопел.

Необходимо также соблюдать правильное взаимное расположение сопел по направлению оси струи. Материальное сопло всегда должно несколько выступать из отверстия воздушного сопла.

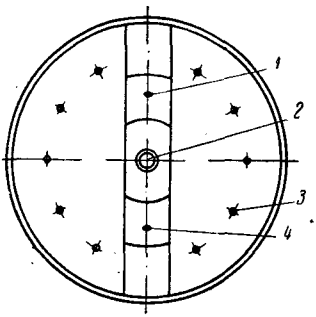


Рис. 101. Головка бестуманного краскораспылителя О-31:

1 и *4* — боковые отверстия; *2* — кольцевое отверстие; *3* — отверстия

Наибольшее распространение получила головка, позволяющая получать как круглую, так и плоскую струю без смены деталей (см. рис. 100).

В корпусе краскораспылителя *1* имеется краскопровод *2*. Составными элементами головки являются воздушное сопло *4*, материальное сопло *3* и промежуточное кольцо *7*.

Воздушное сопло может поворачиваться относительно промежуточного кольца. На рисунке показано такое взаимное положение их, при котором струя получается плоской. При вращении воздушного сопла отверстия, подводящие воздух в каналы *5*, перекрываются и воздух пойдет только через кольцевое отверстие *6*. В этом случае струя будет круглой.

Головка крепится на соединительном кольце *9* накидной гайкой *8*.

Головки распылителей КР и 0-19 выпускаются с соплами размером в 1,2, 1,8 и 2,5 *мм*.

Нужно также отметить краскораспылители 0-18, с помощью которых можно получать покрытия очень малой толщины. Головки этих распылителей имеют сопла двух диаметров — 0,7 и 1 *мм*. Они могут создавать как плоскую, так и круглую струю.

Существенным недостатком краскораспылителей КР и 0-19 является туманообразование, которое влечет за собой значительные потери краски (10—20%) и увеличивает вредность производства в окрасочных цехах. Кроме того, из-за туманообразования приходится применять сложные и громоздкие фильтрующие устройства для улавливания содержащейся в тумане краски.

С этой точки зрения значительный интерес представляет краскораспылитель 0-31, конструкция головки которого позволяет снизить туманообразование.

Уменьшение туманообразования достигается путем создания воздушной завесы вокруг красочной струи. Головка такого краскораспылителя изображена на рис. 101. Она имеет центральное кольцевое отверстие *2* и два боковых отверстия *1* и *4* для сжатия струи тех же размеров и той же формы, что и у краскораспылителя 0-19. Кроме того, в головке имеется ряд отверстий *3*, расположенных по окружности, концентричной центральному отверстию. Через эти отверстия поступает дополнительный воздух, создающий воздушную завесу, которая препятствует туманообразованию. Этот краскораспылитель благодаря наличию дополнительных отверстий

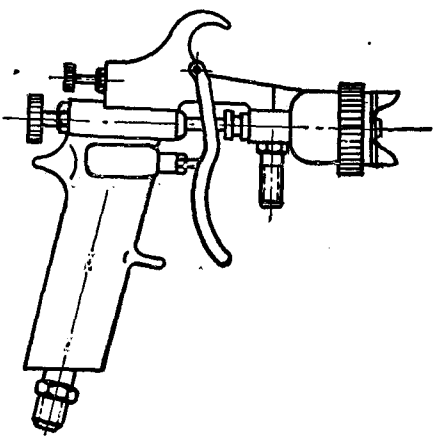


Рис. 102. Краскораспылитель повышенной производительности

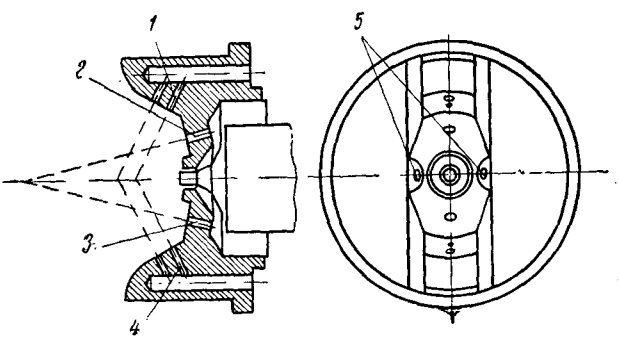


Рис. 103. Головка краскораспылителя повышенной производительности:

1 и *4* — боковые отверстия; *2* и *3* — отверстия у центра; *5* — отверстия для подачи воздуха

требует почти вдвое большего расхода воздуха, чем краскораспылитель 0-19.

Применение имеет также краскораспылитель повышенной производительности типа ГАЗ-МВС (рис. 102), который также

может давать как плоскую, так и круглую струю. Конструкция головки этого краскораспылителя позволяет создавать плоскую

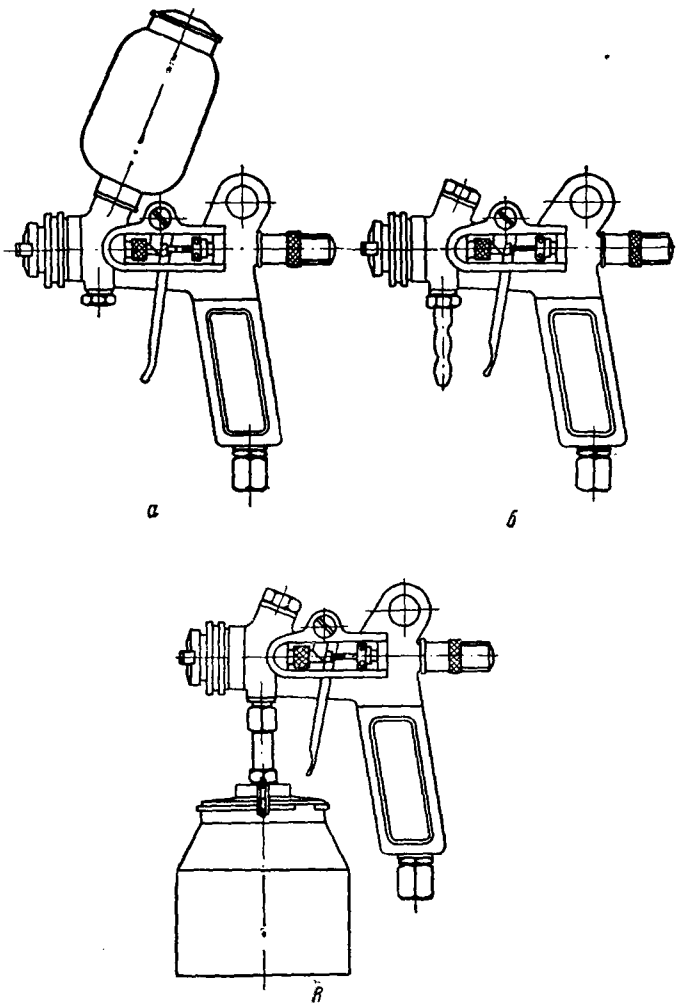


Рис. 104. Краскораспылители:
а — КР-10; *б* — О-19; *в* — КР-30

струю значительно больших размеров, при тех же диаметрах материального сопла, что и в обычных краскораспылителях.

Этот распылитель позволяет регулировать количество подаваемого для сжатия струи воздуха. Головка краскораспылителя (рис. 103) снабжена дополнительными отверстиями *1* и *4* в боко-

вых выступах, а также отверстиями *2* и *3* в непосредственной близости от центра. Воздух, выходящий из этих отверстий, увеличивает сжатие струи. Из отверстия *5* подается воздух для уменьшения плотности краски в центральной части струи и для перемещения ее к краям. Такая конструкция головки дает возможность получить покрытие с более равномерной толщиной пленки.

Автоматическое окрашивание получает большое распространение. Преимущества его: равномерность покрытия, особенно при нанесении очень тонких красочных пленок, высокая производительность труда, а также возможность применения дистанционного управления, что особенно важно при таком прогрессивном методе окрашивания, как окрашивание в электростатическом поле.

ТАБЛИЦА 62

Характеристика различных краскораспылителей [9]

Марка краскораспылителя	Характер струи	Диаметр материального сопла, *мм*	Способ подачи краски	Наибольший расход воздуха, $м^3/час$		Завод-изготовитель
				при круглой струе	при плоской струе	
КР-10	Круглая и плоская	1,2	От верхнего бачка	5,0	8,5	Хотьковский экспериментальный завод
	То же	1,8		6,5	12,5	
	»	2,5		8,5	16,5	
КР-20	»	1,2	От краскона-гнетательного бака	5,0	8,5	
	»	1,8		6,5	12,5	
	»	2,5		8,5	16,5	
КР-30	»	1,2	От нижнего бачка	5,0	8,5	
	»	1,8		6,5	12,5	
	»	2,5		8,6	16,5	
КР-11	Круглая	0,5	От верхнего бачка	2,0	—	
	То же	1,2		5,0	—	
	»	1,8		6,5	—	
	»	2,5		8,5	—	
О-19	Круглая и плоская	1,2	От верхнего бачка или краскона-гнетательного бака	5,0	8,5	Вильнюсский завод окрасочной аппаратуры
	То же	1,8		6,5	12,5	
	»	2,5		8,5	16,5	
О-31	»	1,2		—	—	
	»	1,8		—	—	
		2,5		—	—	
О-18	»	0,7	От нижнего бачка			
	»	1,0		4,0	6,0	
О-37	Круглая	0,4	От верхнего бачка	0,5	—	
	То же	0,6		1,0	—	
	»	1,2		2,0	—	

При автоматическом окрашивании применяются специальные автоматически действующие краскораспылители. Принципиально конструкции их мало отличаются от краскораспылителей обыч-

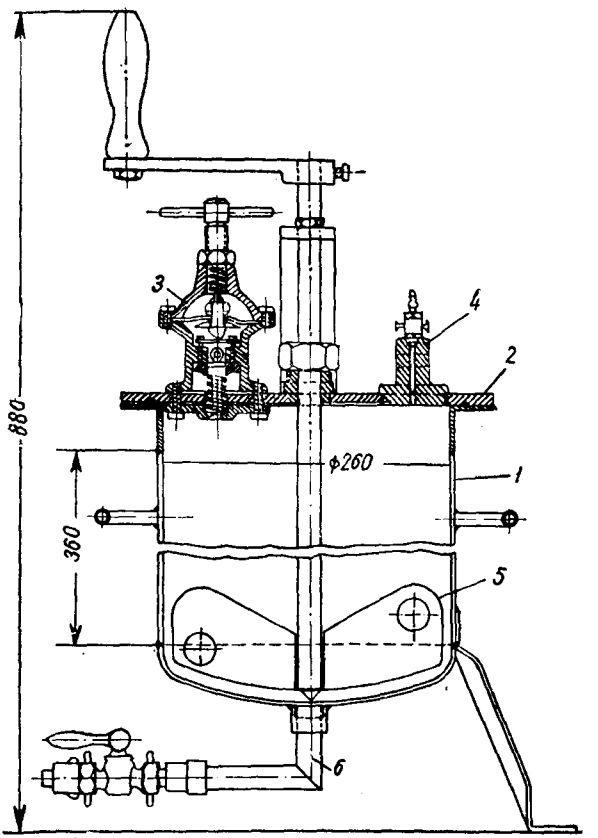


Рис. 105. Красконагнетательный бачок ХЗ.

ного типа. Управление ими обычно осуществляется при помощи несложного пневматического устройства.

Основные данные, характеризующие наиболее распространенные типы краскораспылителей (рис. 104), приведены в табл. 62.

Высокопроизводительные краскораспылители изготовляются также заводом им. Лихачева (ЗИЛ).

Красконагнетательные бачки. Красконагнетательные бачки работают по одному и тому же принципу и различаются лишь размерами или отдельными конструктивными деталями [2].

На рис. 105 представлена наиболее типичная конструкция красконагнетательного бачка емкостью 20 *л*, выпускаемого Хотьковским заводом.

Бачок изготовлен в виде круглого резервуара *1*, закрываемого герметической крышкой *2*. На крышке смонтированы редуктор с манометром *3*, с помощью которого внутри бачка устанавливается определенное давление воздуха, передаваемое на краску, которая по трубке *6* подается к краскораспылителю. Чтобы в бачке не создавалось недопустимо высокого давления при неисправности или неправильной регулировке редуктора, на крышке бачка имеется предохранительный клапан *4*. Для перемешивания краски бачок снабжен ручной двулопастной мешалкой *5*.

При больших расходах краски емкость красконагнетательных бачков может достигать 200 *л*. Такие бачки снабжаются приводными мешалками, причем в качестве привода устанавливают специальные пневматические двигатели.

Масловодоотделители служат для очистки сжатого воздуха от воды и масла, всегда имеющихся в воздушных сетях.

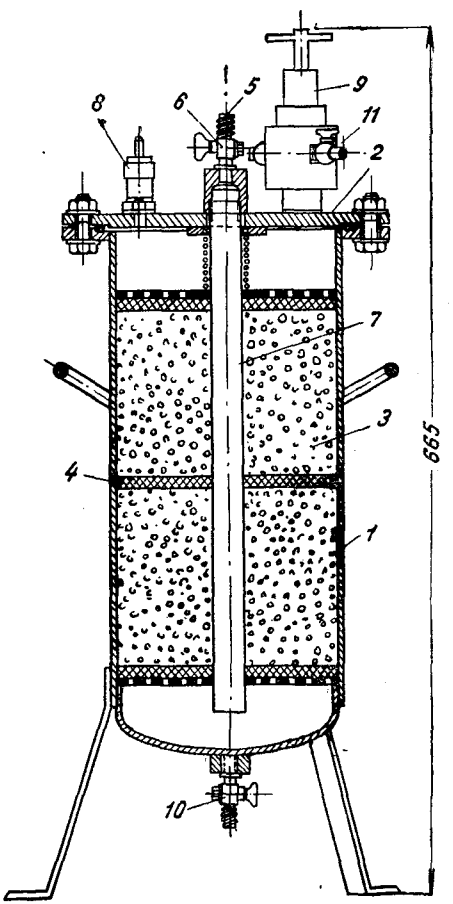


Рис. 106. Масловодоотделитель МВО:

1 — резервуар: *2* — крышка; *3* — кокс; *4* — войлок; *5* — впускной патрубок для воздуха; *6* — пробковый кран; *7* — трубка; *8* — предохранительный клапан; *9* — редуктор давления с манометром; *10* — выпускной кран для масла и воды; *11* — выпускной кран для очищенного воздуха

Масловодоотделитель наиболее распространенной конструкции (рис. 106) представляет собой небольшой круглый резервуар *1* с крышкой *2*, наполненный фильтрующим материалом в виде чередующихся слоев кокса *3* и войлока *4*. Воздух входит в масловодоотделитель сверху через патрубок *5*, кран *6* и по трубке *7* проходит в нижнюю часть резервуара. Здесь

струя воздуха поворачивается на 180° и, направляясь кверху, проходит через слои кокса и войлока, на которых и оставляет частицы воды и масла. Очищенный воздух через отверстие в верхней крышке резервуара проходит через редуктор *9* и кран *11* к штуцеру, а затем по шлангам направляется к краскораспылителю и в красконагнетательный бачок.

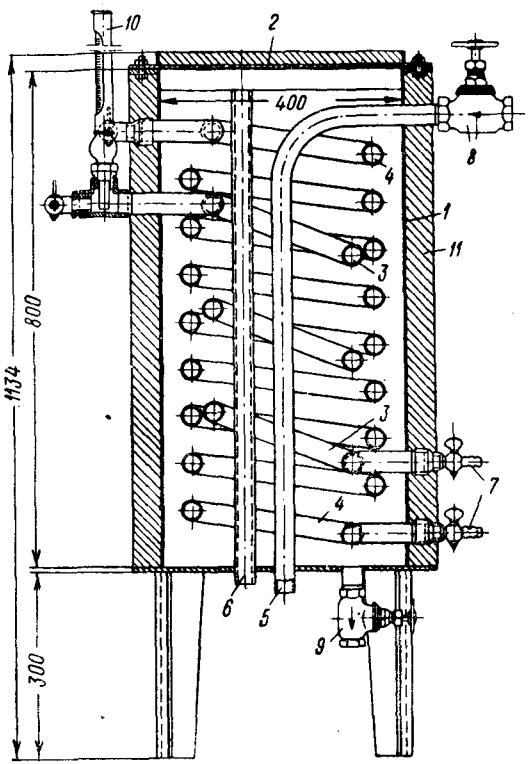


Рис. 107. Красковоздухоподогреватель:

1 — бак для воды; *2* — крышка бака; *3* — змеевик для подогрева краски; *4* — змеевик для подогрева воздуха; *5* — трубка для подогрева воды паром; *6* — переливная труба; *7* — краны; *8* — паровой вентиль; *9* — спускной вентиль; *10* — термометр; *11* — теплоизоляция

Масловодоотделитель, как и красконагнетательный бачок, снабжен редуктором *9* и предохранительным клапаном *8*. В нижней части резервуара имеется кран *10* для спуска скопляющихся внизу воды и масла.

Описанный масловодоотделитель рассчитан на одновременное питание двух краскораспылителей.

Для подогрева лакокрасочных материалов изготовляют разной конструкции красковоздухоподогреватели. В большинстве случаев их делают в виде двух змеевиков, по которым пропускают краску и воздух, причем змеевики подогреваются снаружи паром или горячей водой (рис. 107).

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ РАСПЫЛЕНИЕМ

При окрашивании распылением любым из описанных выше способов часть распыленной краски обычно не достигает окрашиваемой поверхности и в виде мелкой пыли находится во взвешен-

ном состоянии в окружающем воздухе. При этом растворители, содержащиеся в лакокрасочных материалах, интенсивно испаряются, насыщая своими парами окружающую среду.

Мелкая красочная пыль и особенно пары растворителей, концентрируясь в рабочей зоне, не только оказывают вредное влияние на здоровье работающего персонала, но и являются пожароопасными, а при высоких концентрациях и взрывоопасными. Это требует принятия специальных мер, гарантирующих безвредность и безопасность работы.

Наиболее радикальным средством оздоровления окружающей атмосферы была бы полная герметизация процесса распыления красок. Однако практически это возможно только в редких случаях, так как процесс окраски распылением требует наблюдения и обычно производится при непосредственном участии рабочего персонала. Чтобы оздоровить условия труда при окраске распылением в настоящее время прибегают к устройству специальных полностью или частично закрытых камер, изолирующих процесс распыления красок и препятствующих распространению красочной пыли и паров растворителей в окружающие помещения.

Камеры эти подвергаются усиленной вентиляции для удаления вредных паров и красочного тумана.

Необходимость в таких камерах наиболее остро ощущается при воздушном распылении красок, когда происходит особенно интенсивное образование красочного тумана.

Наибольшее распространение получили: 1) распылительные камеры, в которых изделие при окрашивании находится в зоне распыления красок, а рабочий, оперирующий краскораспылителем, — вне этой зоны, т. е. вне камеры; 2) распылительные камеры, отличающиеся тем, что в них и изделия и рабочий находятся в зоне распыления красок, т. е. внутри камеры.

Опыт работы показывает, что предпочтение следует отдать распылительным камерам первого типа, так как даже при хорошо работающей вентиляции содержание паров растворителей внутри камер в большинстве случаев превышает санитарные нормы.

На основе длительного опыта по проектированию окрасочного оборудования и практического опыта эксплуатации действующего оборудования можно установить следующие принципы, которые должны быть положены в основу создаваемых конструкций окрасочного оборудования:

1. Процесс распыления красок должен производиться в закрытых или полузакрытых камерах, исключающих возможность распространения красочного тумана в окружающие помещения.

2. Образующиеся при распылении красок красочная пыль и пары растворителей должны удаляться непосредственно из зоны их образования.

3. Удаляемый из камер загрязненный воздух должен очищаться от красочной пыли сразу же по выходе из зоны распыления.

4. Рабочий персонал должен находиться вне зоны распыления красок при постоянном притоке свежего воздуха.

5. Камеры распыления должны обеспечивать хорошую видимость окрашиваемого предмета и возможность доступа к любой его точке, подлежащей окрашиванию.

6. Конструкции камер должны быть безопасными в пожарном отношении, поэтому их следует делать металлическими и оборудовать надежными фильтрами.

Руководствуясь этими принципами, можно установить наиболее рациональные конструкции камер распыления для окрашивания разных видов изделий в различных условиях производства. Решающими факторами, в наибольшей степени влияющими на характер конструкции камер, являются количество и размер окрашиваемых изделий.

Количественные факторы влияют на форму организации производства окрасочных работ, от которой зависит характер конструкции камер распыления. Так, в условиях серийного и массового производства однотипных изделий окрашивание производят непрерывно, причем окрашиваемые изделия обычно находятся в постоянном движении. Указанные условия отсутствуют в мелкосерийном и индивидуальном производстве. Ясно, что конструкции камер при окрашивании движущихся изделий будут иные, чем при окрашивании неподвижных изделий.

По количественным факторам все конструкции камер можно разделить на два типа:

1. Камеры распыления периодического действия,
2. Камеры распыления непрерывного действия.

Непосредственное влияние на конструкцию камер распыления оказывает размер окрашиваемых изделий. По этому признаку каждый тип камер условно можно разделить на три размерных категории:

1. Камеры распыления для мелкогабаритных изделий,
2. Камеры распыления для среднегабаритных изделий,
3. Камеры распыления для крупногабаритных изделий.

Помимо указанных основных различий камеры могут отличаться конструкцией корпуса, фильтра, вентиляционной сети и т. д. В зависимости от места загрузки и выгрузки изделий и направления движения изделий после окрашивания камеры делают тупиковыми или проходными. Все эти различия являются второстепенными и решающего влияния на основной профиль конструкции не оказывают.

Таким образом, все существующие и вновь создаваемые конструкции камер распыления можно свести к шести типоразме-

рам, которые обусловлены количеством окрашиваемых изделий в единицу времени и их размерами.

При установлении наиболее рациональных конструкций камер распыления необходимо учитывать, что:

1) наиболее рациональными конструкциями камер распыления являются полузакрытые камеры с открытыми рабочими проемами, оборудованные самостоятельными вытяжными центрами и надежно работающими фильтрами для очистки воздуха;

2) наилучшая очистка воздуха от красочной пыли достигается в гидрофильтрах с двумя водяными завесами, создаваемыми форсунками диаметром не менее 4 *мм* с подачей воды центробежными насосами, развивающими напор в 25—30 *м* вод. ст.;

3) вентиляторы, электродвигатели, светильники и вся электропроводка должны быть взрывобезопасного исполнения.

Следует иметь в виду, что все существующие конструкции фильтров, устанавливаемых на распылительных камерах, очищают воздух только от красочной пыли. Пары растворителей, насыщающие воздух, удаляются в атмосферу. Их улавливание возможно только при оснащении камер специальными рекуперационными установками. Такие установки сложны в изготовлении и эксплуатации и дороги. Но несмотря на это необходимость очистки воздушного бассейна промышленных центров побуждает предпринять все необходимые меры для улавливания паров растворителей. Для этой цели необходима разработка конструкции портативных и недорогих рекуператоров.

Камеры распыления периодического действия для окрашивания мелкогабаритных изделий. Эти камеры получили наиболее широкое распространение. Они с успехом применяются во всех отраслях промышленности, выпускающих мелкие изделия, подвергающиеся окрашиванию, а также в тех отраслях машиностроения, где технологически целесообразно окрашивать детали до сборки их в готовое изделие.

На рис. 108 показана наиболее часто встречающаяся камера с водяной очисткой. Она состоит из трех основных частей: корпуса с рабочим столом, гидрофильтра с насосом и водораспылительной системой и вентиляционного центра с системой воздуховодов.

Корпус камеры *1* выполнен в виде полузакрытой металлической коробки, состоящей из сварного каркаса и металлической обшивки из листового железа. Рабочей зоной камеры является только верхняя часть коробки, отделенная от нижней поперечной перегородкой.

Спереди рабочая зона имеет открытый проем, который служит не только для работы, но и для загрузки и выгрузки окрашиваемых изделий. Для удобства окрашивания на поперечной

перегородке устанавливается поворотный стол *12*, благодаря которому изделия можно окрашивать со всех сторон, не трогая их

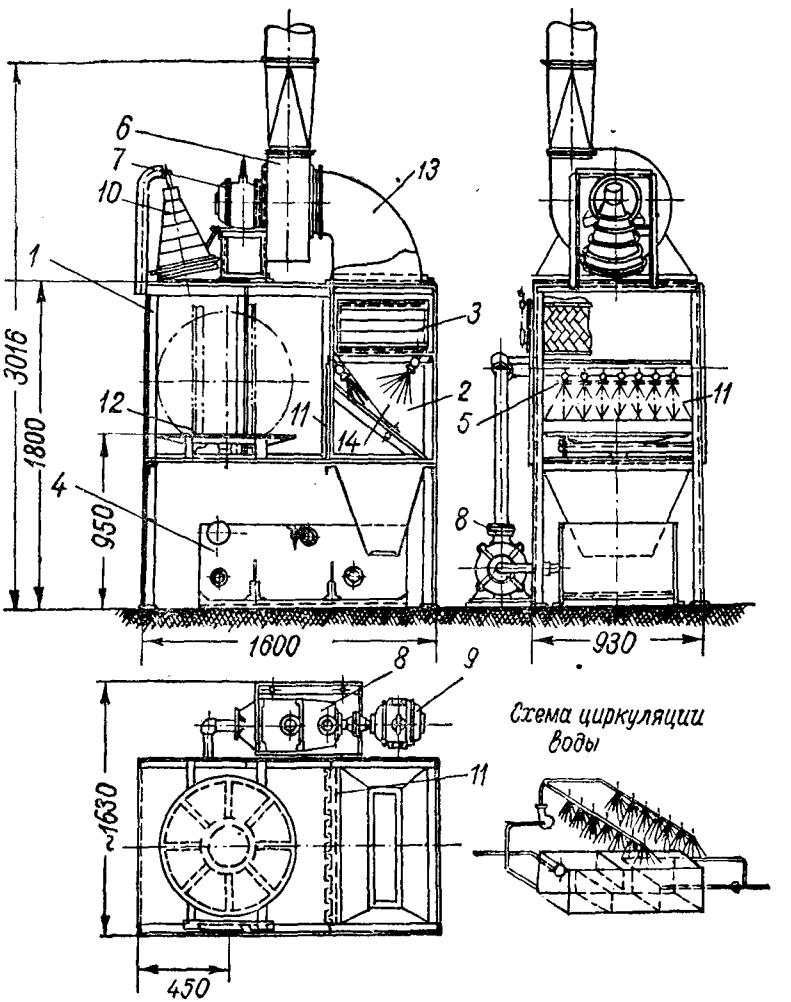


Рис. 108. Камера распыления с гидрофильтром:

1 — корпус камеры; *2* — гидрофильтр камеры; *3* — водоотделитель; *4* — ванна; *5* — форсунка; *6* — вентилятор; *7* — электромотор; *8* — насос; *9* — мотор; *10* — светильник; *11* — решетка; *12* — поворотный стол; *13* — воздухосборник; *14* — отбойный щиток

с места. Для лучшей видимости стенки и потолок камеры застеклены. Над потолочным застеклением в специальной безопасной арматуре установлен светильник *10*.

Задняя стенка камеры имеет широкое отверстие, сообщающее рабочую зону с камерой гидрофильтра. Отверстие перекрыто краскоуловительной решеткой *11*, задерживающей крупные частицы распыленной краски из отсасываемого воздуха.

Гидрофильтр камеры *2* представляет собою металлическую коробку, состоящую из сварного каркаса, обшитого листовым железом. Нижняя часть гидрофильтра представляет собой ванну *4*, заполненную водой; в верхней части его установлен водоотделитель *3*, который служит для отделения излишней влаги из удаляемого увлажненного воздуха. Выше водоотделителя находится воздухосборник *13*, оканчивающийся отверстием, к которому присоединяется всасывающий воздуховод, идущий к вентилятору. В средней части гидрофильтра над отверстием, соединяющим его с камерой, установлен отбойный щиток *14* под углом к вертикальной стенке гидрофильтра. Этот щиток делит поперечное сечение гидрофильтра на две части и заставляет уходящий воздух пройти сначала через одну, а затем через вторую половину камеры гидрофильтра.

Над отверстиями каждой половины камеры гидрофильтра находится ряд форсунок, смонтированных в горизонтально расположенных трубках. Вода из ванны гидрофильтра забирается насосом *8* и под давлением подается к форсункам *5*. Выходя из форсунок, вода распыляется в виде конуса, образуя на всем поперечном сечении каждой половины камеры сплошную водяную завесу. Чтобы форсунки не засорялись осаждающейся в ванне краской, на всасывающем отверстии трубы, идущей к водяному насосу, установлен сетчатый фильтр. Так как часть распыленной воды уносится воздухом, ванна постоянно пополняется из водопровода. Уровень воды в ванне регулируется шаровым клапаном, установленным на конце трубы, идущей от водопровода. Избыток воды уходит через переливную трубу в канализацию. Ванна соединена с канализационной сетью; в случае необходимости имеющийся запорный вентиль открывают, и вода полностью стекает в канализацию.

Вентиляционный центр камеры состоит из центробежного вентилятора *6* и электромотора *7*. В рассматриваемой конструкции вентилятор и электромотор размещены над камерой. Всасывающее отверстие вентилятора круглым воздуховодом соединено с воздухосборником гидрофильтра *13*, а выходное отверстие вентилятора напорным воздухом соединено с атмосферой. Регулировка расхода воздуха производится при помощи дроссельного клапана на напорном воздуховоде. Чтобы в зимний период холодные массы воздуха не проникали в помещение, на напорном воздуховоде вверху установлен обратный клапан, а на конце его — зонт, предохраняющий воздуховод от попадания дождя и снега.

Для безопасности работы рабочее колесо вентилятора рекомендуется изготовлять из цветного металла.

Электромотор для вентилятора устанавливается взрывобезопасного типа с короткозамкнутым ротором.

Пуск камеры и ее работа должны протекать в следующей последовательности:

1) включают насосный агрегат, приводят в действие водораспылительную систему и тщательно проверяют исправность работы насоса, форсунок, фильтра, шарового клапана;

2) включают вентиляционный центр и проверяют исправность работы вентилятора, электромотора, дроссельного клапана и обратного клапана;

3) проверяют исправность работы всей окрасочной аппаратуры — краскораспылителя, красконагнетательного бачка, масловодоотделителя;

4) проверяют исправность осветительной арматуры;

5) приступают к работе.

При установившемся режиме работы камеры засасываемый вентилятором воздух, входя через открытый проем камеры, смешивается с распыленными частицами краски и, пройдя через решетку, поступает в гидрофильтр. Здесь потоки воздуха направляются вниз и пересекают первую водяную завесу; затем потоки идут вверх и пересекают вторую водяную завесу. Частицы краски, обволакиваясь частицами воды, падают в нижележащую ванну, а очищенный воздух, предельно насыщенный влагой, идет в пятилопастной водоотделитель. Проходя между его зигзагообразными пластинами, воздух делает пять поворотов под углом 90° и, оставляя избытки влаги на пластинах водоотделителя, всасывается вентилятором и по напорному воздуховоду удаляется в атмосферу.

Вода, распыленная форсунками и стекающая с пластин водоотделителя, падает в ванну, снова забирается насосом, и цикл повторяется.

Чтобы водораспылительная и вентиляционная системы работали бесперебойно, необходимо подвергать их периодическому осмотру и очистке. В особенно тщательном наблюдении нуждаются форсунки, фильтры, водоотделитель.

Более усовершенствованной является камера распыления, сконструированная по предложению А. В. Тихомирова. Она проще и дешевле в изготовлении, надежнее в эксплуатации, занимает меньше места (рис. 109).

В отличие от других она представляет собой бескаркасную конструкцию, выполненную почти целиком из листового железа.

Корпус камеры имеет удобную обтекаемую форму, рабочее пространство хорошо освещено через наклонный открытый проем.

Гидрофильтр представляет собой цельнометаллическую сварную коробку из листового железа. Нижняя часть коробки является ванной, а верхняя — собственно гидрофильтром.

Гидрофильтр размещен под корпусом камеры.

Закрытое сверху пространство гидрофильтра под ванной разделено горизонтальной металлической перегородкой на две сообщающиеся между собой половины.

Загрязненный красочной пылью воздух через решетку *3* и всасывающее отверстие входит в верхнюю половину гидрофильтра и движется от задней стенки к передней, затем делает поворот на 180°, входит в нижнюю половину, проходит через водоотделитель 7, всасывается вентилятором (на рисунке не показан) и по напорному воздуховоду выбрасывается в атмосферу. Очистка воздуха происходит в водяных завесах, создаваемых двумя рядами форсунок *5*, расположенных в верхней и нижней половине гидрофильтра. Создаваемые ими водяные завесы направлены навстречу движению воздуха. Частицы воды, распыленные форсунками верхнего ряда, падают на промежуточную перегородку и стекают по ней в нижележащую ванну, а частицы воды, распыленные форсунками нижнего ряда, частично падают на переднюю полукруглую стенку гидрофильтра. Воздух по пути своего движения в гидрофильтре должен сделать два поворота, один на 90°, а второй на 180°. При повороте частицы краски, как более тяжелые, благодаря центробежной силе будут отбрасываться к периферии и, следовательно, прижиматься к плоскостям, обильно смачиваемым водой.

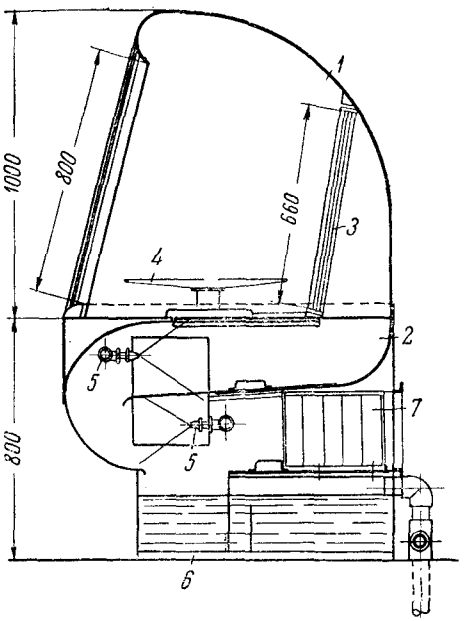


Рис. 109. Камера распыления с нижним гидрофильтром:

1 — корпус камеры; *2* — корпус гидрофильтра; *3* — краскоуловительная решетка; *4* — поворотный стол; *5* — форсунка; *6* — ванна; *7* — водоотделитель

При данной конструкции гидрофильтра происходит многократная очистка воздуха, осуществляемая посредством:

1) двух водяных завес, создаваемых форсунками;

2) смачиваемых поверхностей на поворотах гидрофильтра;
3) каскада воды, стекающей с промежуточной перегородки.

Это гарантирует очень тщательную очистку загрязненного воздуха от красочной пыли и обеспечивает надежную и безопасную работу камеры.

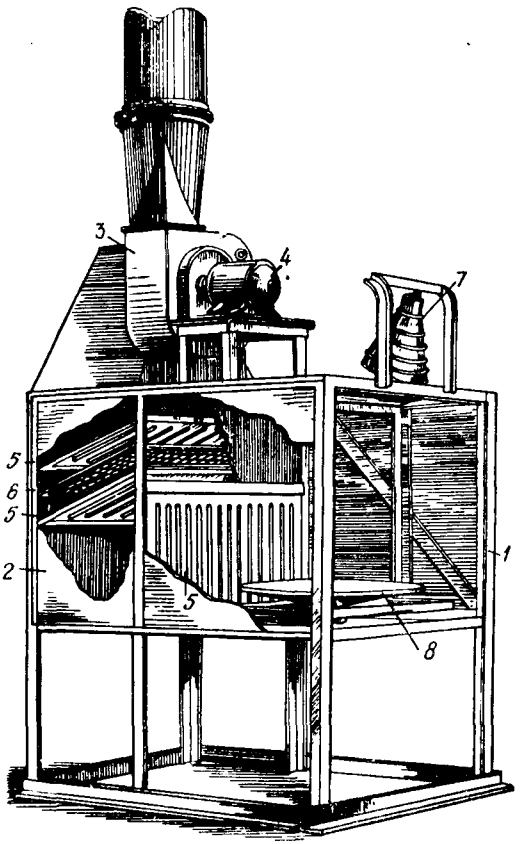


Рис. 110. Камера распыления для мелких деталей с сухим фильтром

Насосный агрегат, состоящий из центробежного насоса и электромотора, располагается на полу.

Очистка ванны производится через люк сбоку камеры. Съем пластин водоотделителя для очистки может производиться через крышку сбоку камеры гидрофильтра.

На рис. 110 представлена наиболее простая конструкция камеры распыления с сухой очисткой воздуха. Она предназна-

чается для окрашивания мелких деталей, загружаемых и выгружаемых через открытый проем вручную. Детали устанавливаются на поворотный стол *8* и окрашиваются со всех сторон с одного места. Камера состоит из корпуса *1*, коробки фильтра *2* и вентилятора *3* с электромотором *4*. Для очистки воздуха служат решетки *5* и сетки *6*, которые периодически очищаются. Камера снабжена светильником *7*, установленным над застекленной крышей камеры.

Камеры распыления периодического действия для окрашивания среднегабаритных изделий. Эта разновидность камер находит широкое применение на многих предприятиях машиностроения, станкостроения и других отраслей промышленности, выпускающих изделия средних габаритов.

В таких камерах в большинстве случаев окрашиваются тяжелые изделия, загрузка и выгрузка которых требует подъемно-транспортных средств.

На рис. 111 представлена одна из разновидностей таких камер. Она состоит из корпуса *3* с поворотным кругом *8* и подъемником *2*, гидрофильтра *4* с насосом *7* и водораспылительной системой и вентиляционного центра с системой воздуховодов. Корпус камеры представляет собой полузакрытую коробку, состоящую из сварного каркаса из профилированного железа, обшитого листовым железом. Для дополнительного освещения служат взрывобезопасные светильники *5*.

Верхняя зона и крыша корпуса застеклены; через верхнее застекление производится освещение рабочей зоны камеры искусственным светом при помощи специальных взрывобезопасных светильников. Конструкция гидрофильтра аналогична описанной ранее и отличается лишь размерами

Вентиляционный центр *1* смонтирован на специальной подставке, имеющей самостоятельные опоры. При такой компановке вибрации вентилятора не передаются на корпус камеры и гидрофильтра и не создают излишнего шума.

Наличие поворотного круга и подъемника позволяет производить окраску через открытый проем, не заходя внутрь камеры.

При окраске тяжелых изделий, не требующих окраски снизу, они устанавливаются на тележку *6*, а последняя ставится на поворотный круг *8*. Рабочий стоит у открытого проема и производит окраску, поворачивая изделие на поворотном круге на 360°.

При необходимости окраски изделия снизу оно подвешивается подъемником, на котором может поворачиваться на 360° и окрашиваться с одного места через открытый проем.

На рис. 112 представлена проходная распылительная камера, предназначенная для окраски автомашин. Она отличается тем,

что имеет два расположенных по боковым стенкам гидрофильтра и две двери, через которые окрашенная автомашина вводится и выводится из камеры.

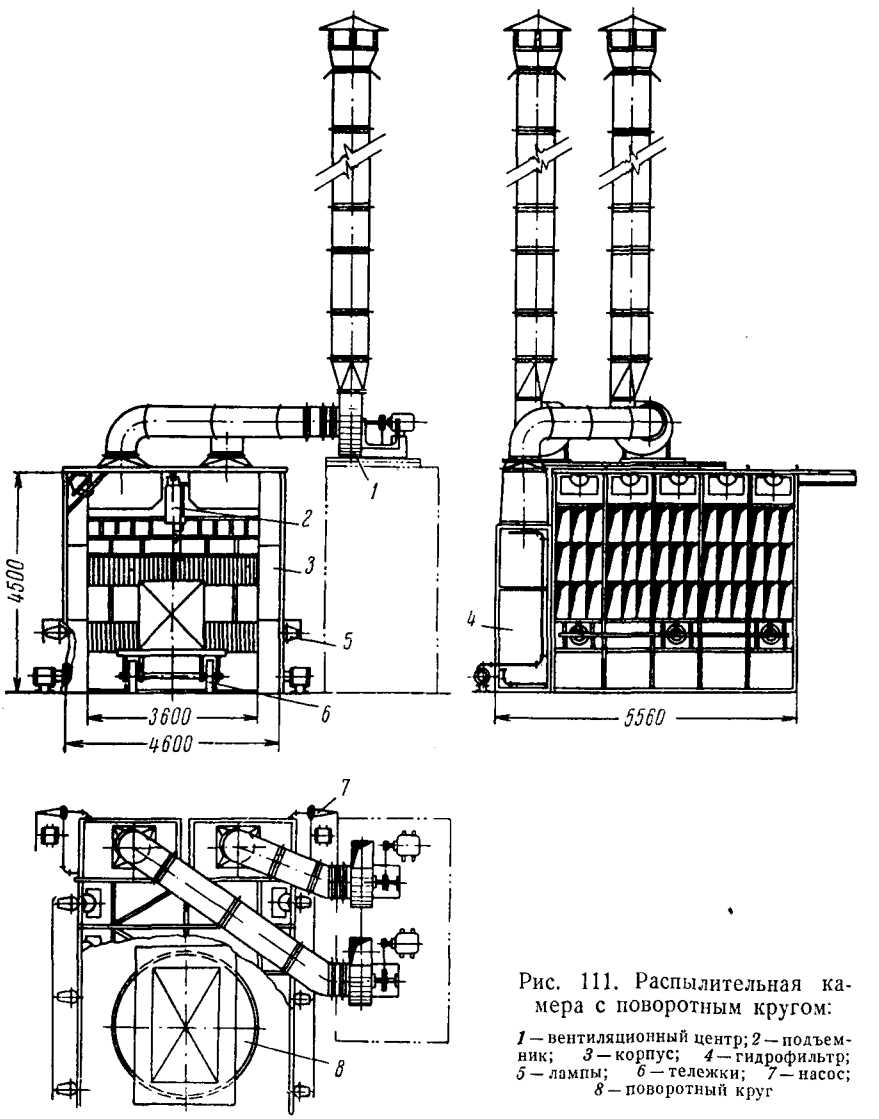


Рис. 111. Распылительная камера с поворотным кругом:

1 — вентиляционный центр; *2* — подъемник; *3* — корпус; *4* — гидрофильтр; *5* — лампы; *6* — тележки; *7* — насос; *8* — поворотный круг

Камеры распыления периодического действия для окрашивания крупногабаритных изделий. Создание рациональных конструкций камер распыления для окрашивания крупных и тяже-

лых изделий (вагонов, паровозов и т. п.) представляет очень сложную задачу.

Описанные выше камеры распыления для таких изделий неприменимы.

Окрашивание крупных изделий в закрытых камерах совершенно неприемлемо по санитарно-гигиеническим соображениям,

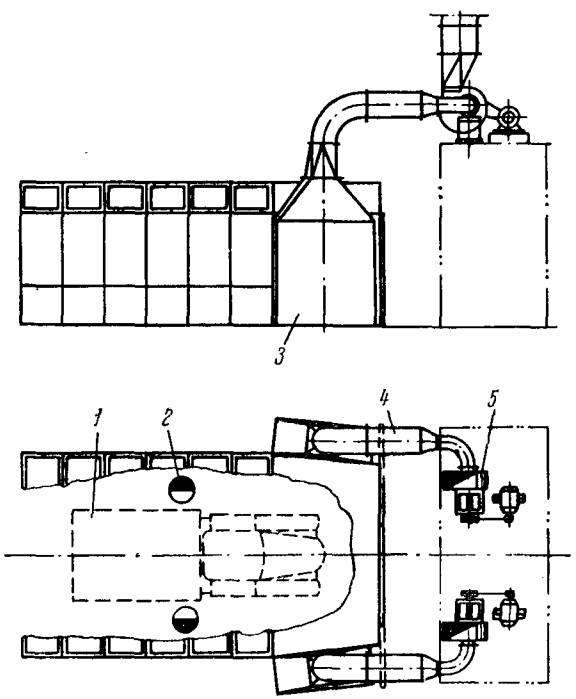


Рис. 112. Распылительная проходная камера для окраски автомашин:

1 — изделие; *2* — рабочее место; *3* — гидрофильтр; *4* — всасывающий фильтр; *5* — вентиляционный центр

так как рабочему пришлось бы длительное время находиться внутри камеры, в которой трудно осуществить хорошую вентиляцию и достаточное освещение по всей ее рабочей зоне.

Наиболее рациональными конструкциями камер для окрашивания такого рода изделий являются:

1) бескамерные приточно-вытяжные устройства, работающие по принципу воздушных завес;

2) передвижные камеры распыления, закрывающие только часть изделия, окрашиваемую в каждый данный момент;

3) камеры распыления с подвижными ограждениями, постепенно надвигаемыми на изделие по мере его окрашивания;

4) камеры проходные с короткой рабочей зоной, работающие совместно с сушильной камерой по маятниковому принципу.

Бескамерные устройства имеют тот недостаток, что зона распыления красок ограждена лишь приточным факелом завесы, и часть распыленной краски и паров растворителей, примешиваясь к завесе, неизбежно будет попадать в помещение, а затем с воздухом завесы частично в зону дыхания рабочего персонала. Кроме того, для создания эффективной вытяжки по всему окрашиваемому контуру изделия требуется выбрасывать большое количество воздуха.

Передвижные камеры распыления лишены указанных недостатков, но имеют другие существенные недостатки, а именно:

1) они не закрывают уже окрашенную поверхность изделия и все пары растворителей улетучиваются в окружающую среду;

2) при окрашивании изделий сложного поперечного сечения в таких камерах не может быть плотного примыкания стенок к поверхности окрашиваемого изделия, и интенсивность продувки рабочей зоны резко снижается.

Камеры распыления с подвижными стенками полностью закрывают окрашенную поверхность изделия, обеспечивают хорошую вентиляцию рабочей зоны и позволяют рабочему персоналу находиться вне камеры. Однако такие камеры являются конструктивно сложными и дорогими, а поэтому могут оправдать себя лишь в условиях серийного выпуска крупных изделий.

Камеры проходные, работающие по маятниковому принципу, для окраски крупных изделий наиболее рациональны. Они монтируются в комплексе с сушильной камерой, причем для наиболее рационального использования и повышения пропускной способности целесообразно устраивать их две, — по одной с каждой стороны сушильной камеры. При окраске таких изделий, как цельнометаллические пассажирские вагоны, процесс окраски их организуется следующим образом.

На железнодорожном пути внутри цеха на каждом потоке отводится для окрасочных работ 3 вагоно-места с разрывами между ними в 3 *м*. Среднее вагоно-место является проходной сушильной камерой периодического действия, имеющей по торцам закрывающиеся дверные проемы. По обе стороны сушильной камеры монтируются проходные камеры распыления с двумя гидрофильтрами. Длина рабочей зоны камеры не должна превышать 3 *м*. Для более планомерного использования камер на окраску подаются сразу два вагона, причем один из них ставится на третье, а второй на первое вагоно-место. Комплексная переходная бригада рабочих производит подготовку вагона, стоящего

на третьем вагоно-месте. По окончании подготовки двое рабочих пульверизаторщиков приступают к грунтованию вагона, а остальные переходят на первое вагоно-место и производят подготовку второго вагона.

Рабочие-пульверизаторщики становятся на подъемные площадки камеры распыления и производят грунтование боковых поверхностей и крыши вагона. Передвижение вагона производится канатным конвейером непрерывного или периодического действия. При непрерывном движении вагона рабочие все время стоят в зоне открытого проема и непрерывно производят грунтование проходящего мимо вагона. Грунтование верхней зоны крыши вагона и торцовых стен они производят, пользуясь подъемными площадками.

При периодическом движении рабочие грунтуют трехметровый пояс поперечного периметра вагона, причем во время окрашивания вагон стоит неподвижно.

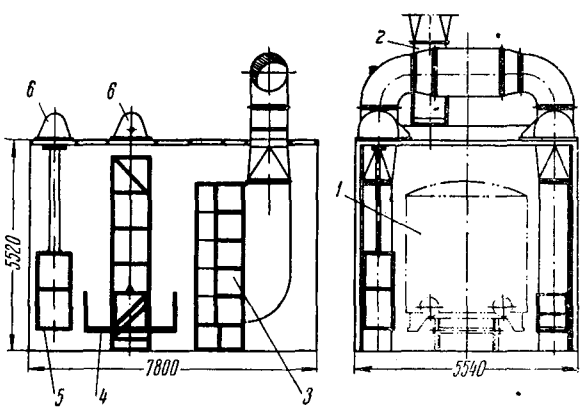


Рис. 113. Распылительная проходная камера для окраски цельнометаллических вагонов:
1 — изделие; *2* — вентиляционный центр; *3* — гидрофильтр; *4* — подъемное устройство для обработки боковых поверхностей; *5* — подъемное устройство для обработки торцевых поверхностей; *6* — привод подъемного устройства

После окончания трехметрового пояса включается конвейер, вагон продвигается вперед на 3 *м*, и цикл повторяется. Загрунтованная часть вагона при этом постепенно вводится внутрь сушильной камеры, которая в течение всего периода грунтования вагона служит как вентиляционная камера, локализующая испаряющиеся с поверхности пары растворителей. Последние через камеру распыления удаляются в атмосферу. Приток свежего воздуха в сушильную камеру обеспечивается через подпольный канал конвейера. Тепловентиляционные центры сушильной камеры в период окрашивания вагона выключены.

После того как вагон полностью загрунтован и введен в сушильную камеру, закрываются входные ворота камеры (выходные ворота в течение периода грунтования закрыты), включаются тепловентиляционные центры, и вагон подвергается сушке. После окончания сушки вагон выводится в третье вагоно-место, на котором может подвергаться местной шпатлевке. В это время вагон, находящийся на первом вагоно-месте, аналогично предыдущему подвергается грунтованию и сушке.

По окончании этих операций второй вагон выгружается на первое вагоно-место и подвергается местному шпатлеванию, а первый вагон после местного шпатлевания загружается в сушильную камеру. Чередуясь по операциям, требующим сушки в камере, оба вагона последовательно проходят все операции технологического процесса, по окончании которых при помощи конвейера выводятся с линии окраски на улицу.

На рис. 113 представлена камера распыления, работающая по указанному принципу.

Камеры распыления непрерывного действия для окрашивания мелкогабаритных изделий. Основное отличие этих камер от камер периодического действия заключается в том, что окрашивание в них производится при непрерывном движении изделий, подача которых в камеру производится конвейером. Такой порядок работы порождает существенные особенности в конструкции камер. Как правило, такие камеры помимо основного рабочего проема имеют дополнительно два боковых проема для прохода изделий и конвейера. Это сопровождается дополнительным количеством удаляемого воздуха. Если форма и величина изделия позволяют развернуть его внутри камеры на 360°, то подвески, на которых изделия укреплены на конвейере, делают поворотными; если развернуть изделия не представляется возможным, то камеры делают сдвоенными из двух одинаковых секций, которые устанавливают рядом, по ходу конвейера под углом 180° друг к другу.

Такая камера оформляется как общая сборная конструкция с одной промежуточной перегородкой, с общим вытяжным центром и одним насосным агрегатом, обслуживающим обе секции.

Иногда камеры непрерывного действия выполняют в виде карусельных автоматов и полуавтоматов. Изделия в них подаются не конвейером, а поворотным столом, на который их устанавливают на поворотных приспособлениях, позволяющих при окрашивании поворачивать их на 360°.

Ниже приведены наиболее типичные разновидности камер непрерывного действия для окрашивания мелких изделий.

На рис. 114 представлена камера распыления непрерывного действия, в которой загрузка и выгрузка изделий производится

не через рабочий проем, а через отверстия в боковых стенках камеры. Изделия подаются подвесным однониточным конвейером непрерывного действия на вращающихся подвесках, позволяющих поворачивать изделие на 360°. В связи с этим надобность в поворотном столе исключается.

На рис. 115 изображена двусторонняя камера непрерывного действия для окрашивания мелких изделий, подаваемых дву-

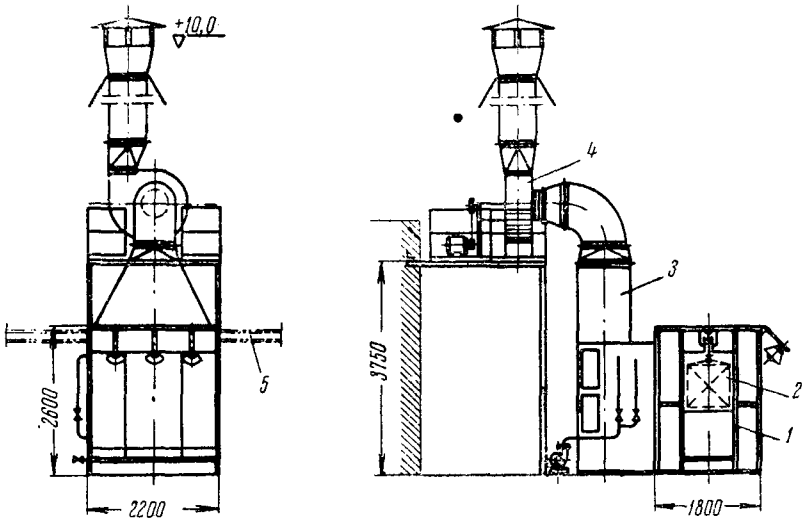


Рис. 114. Распылительная проходная камера для окраски мелких изделий.
1 — корпус; *2* — изделие на вращающейся подвеске; *3* — вытяжной короб; *4* — вентиляционный центр; *5* — монорельс подвесного конвейера

ниточным конвейером. Она имеет общий гидрофильтр, расположенный между рабочими зонами камеры. В одной из секций камеры изделия движутся вверх, а в другой — вниз, что позволяет производить окрашивание изделия со всех сторон при очень хорошей видимости всей его поверхности. Изделия подвешиваются к штангам непрерывнодвижущегося конвейера.

На рис. 116 показана камера распыления непрерывного действия для наружного окрашивания небольших круглых банок или других аналогичных по форме и величине предметов.

Спереди камера имеет открытый проем, через который и производится окрашивание изделий. В боковых ее стенках имеются отверстия для прохода изделий с пристроенными к ним небольшими тоннелями, не позволяющими распыленной краске выходить в помещение.

Гидрофильтр *2*, помещенный в центре камеры, вплотную примыкает к корпусу камеры и соединен с ним всасывающим

отверстием, перекрытым решеткой. Относительно небольшой расход воды позволил упростить конструкцию гидрофильтра и подавать воду непосредственно из водопровода со сливом ее в канализацию.

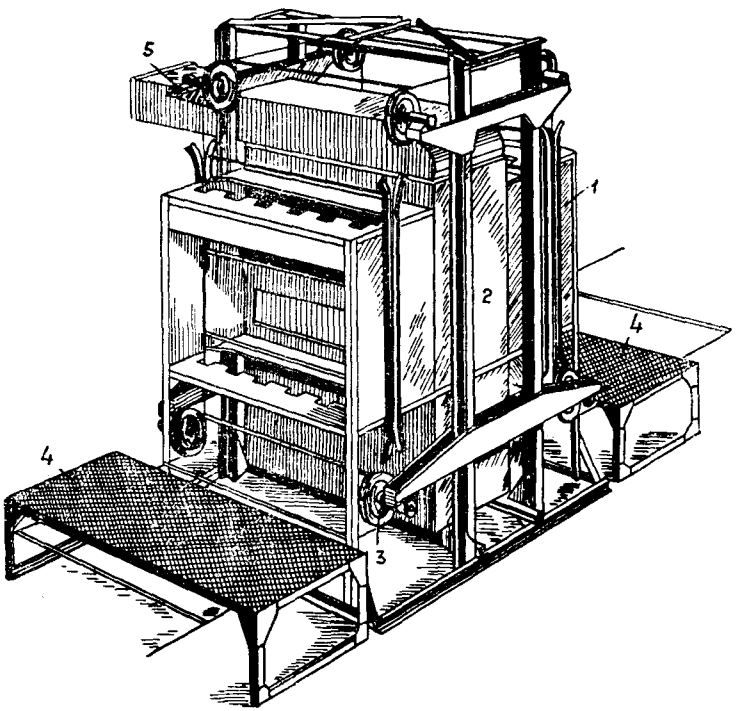


Рис. 115. Двусторонняя камера распыления с двуниточным конвейером:

1 — корпус камеры; *2* — гидрофильтр; *3* — конвейер; *4* — подставка для рабочего; *5* — всасывающий воздуховод

Центробежный вентилятор *3* с электромотором *4* смонтирован на площадке наверху камеры и соединен с гидрофильтром круглым всасывающим воздуховодом.

Вращающийся стол *5* выполнен в виде кольцевого диска, опирающегося нижней плоскостью на ролики, смонтированные на металлической опорной раме. На столе установлены четырнадцать поворотных приспособлений *6*, на которых и укрепляются окрашиваемые изделия. Поворотные приспособления представляют собой вертикально стоящие валики, на верхнем конце которых укреплены вилки с тремя ножками, а на нижний конец надеты резиновые обоймы. Изделие устанавливается на вилку валика, соприкасаясь с ней в трех точках, а сверху прижимается

плоской пружиной со штифтом, острие которого опирается на центр верхней поверхности изделия (например, крышку банки).

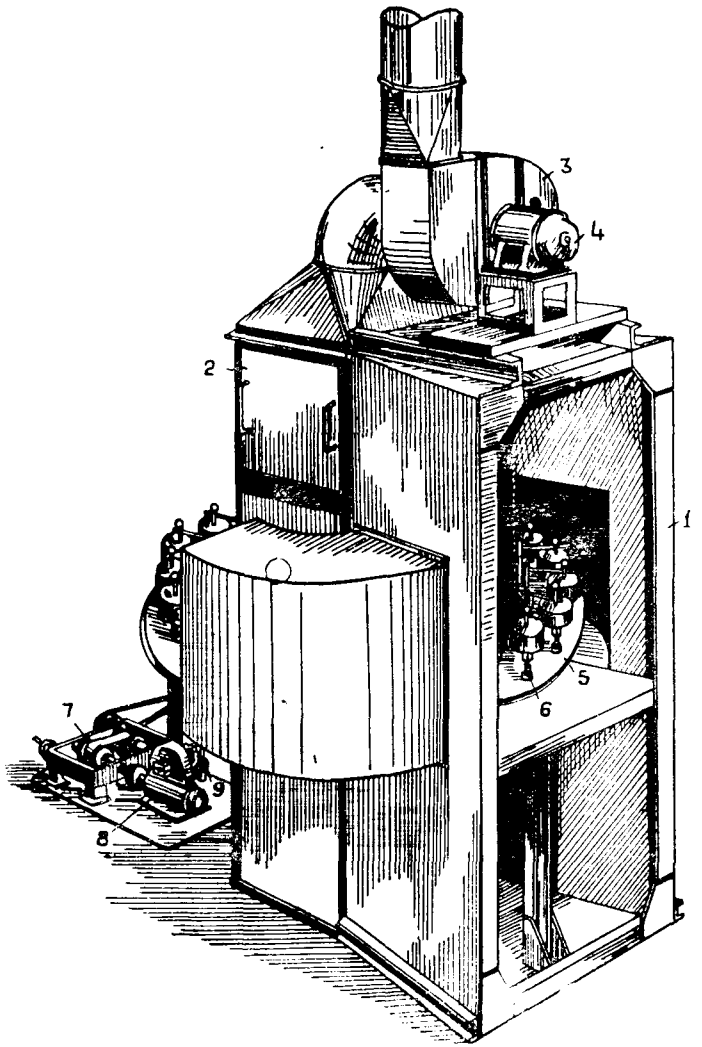


Рис. 116. Камера распыления карусельного типа полуавтоматическая:

1 — корпус камеры; *2* — гидрофильтр; *3* — вентилятор; *4* — электромотор; *5* — вращающийся стол; *6* — поворотное приспособление; *7* — вариатор скорости; *8* — редуктор; *9* — приводной вал

Острие штифта лежит на геометрической оси вращения валика; при повороте изделие имеет с ним одну точку соприкосновения.

Приводной механизм состоит из электромотора, вариатора скоростей *7*, редуктора *8* и приводного вала *9*. При помощи вариатора можно изменять скорость вращения стола, а следовательно и производительность камеры.

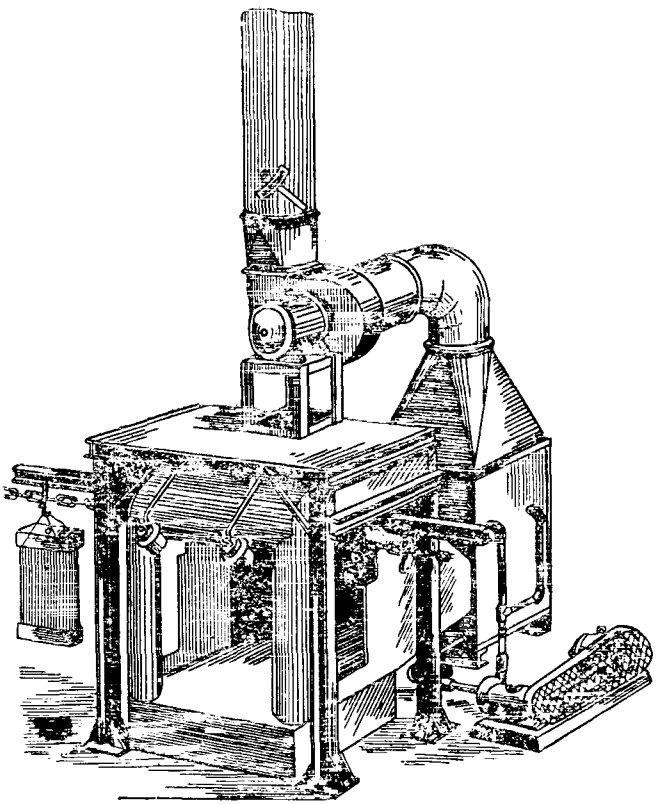


Рис. 117. Камера распыления непрерывного действия для окрашивания изделий средних габаритов

При работе камеры подсобный рабочий устанавливает изделия на поворотные приспособления вращающегося стола и снимает их после окрашивания. Вращение электромотора через вариатор, редуктор и систему гибких и зубчатых передач передается приводному валу. На конце приводного вала имеется резиновая обойма, которая соприкасается с окружностью поворотного стола. Вращением приводного вала поворотный стол приводится в движение, а установленные на нем изделия подаются в камеру распыления. При прохождении через камеру резиновая обойма валика поворотного приспособления соприка-

сается с неподвижной рейкой, расположенной на пути движения обойм под рабочим столом камеры. Валик с укрепленным на нем изделием приводится во вращение, и рабочий, стоящий у открытого проема, окрашивает изделие со всех сторон.

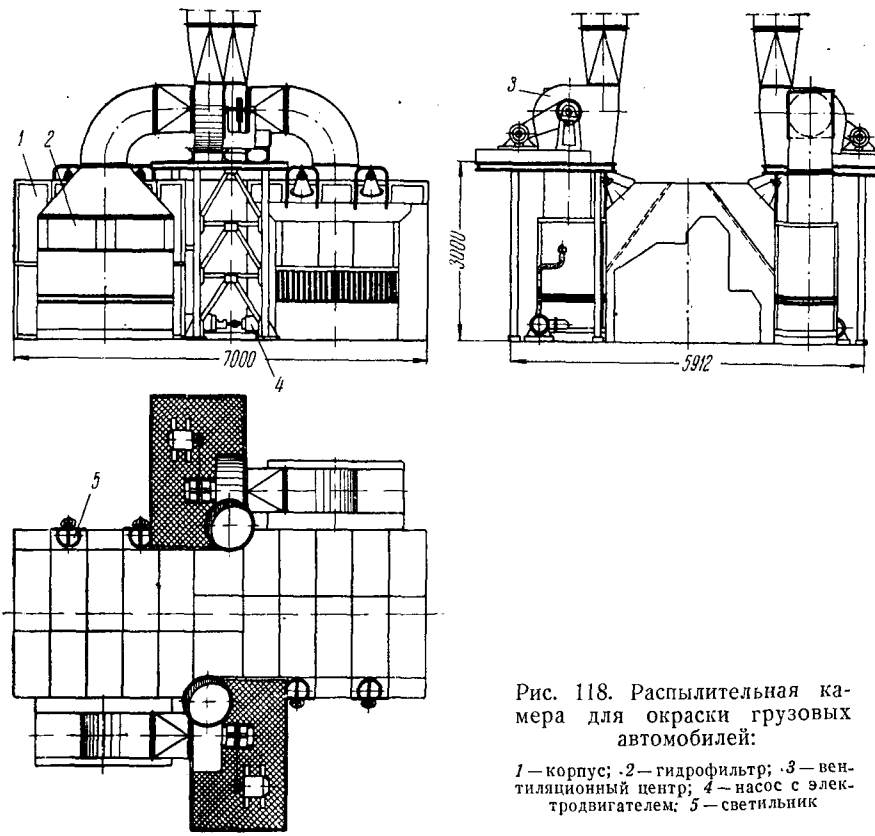


Рис. 118. Распылительная камера для окраски грузовых автомобилей:

1 — корпус; *2* — гидрофильтр; *3* — вентиляционный центр; *4* — насос с электродвигателем; *5* — светильник

Камеры распыления непрерывного действия для окрашивания среднегабаритных изделий. В этих камерах окрашивание также производится при непрерывном движении изделий, подаваемых на конвейере. Изделия, имеющие собственные ходовые части, могут двигаться на своем ходу. Продвижение их в этом случае может производиться с помощью лебедки при взаимном их соединении или штанговым конвейером, к захватам которого каждое изделие может быть прицеплено самостоятельно. Если форма и размер изделий позволяют повернуть их в камере, то камера делается односторонней; при невозможности развернуть

изделия камеры делают двусекционными, двусторонними, позволяющими производить окрашивание изделий с обеих сторон.

Ниже приведены наиболее рациональные конструкции таких камер, которые могут быть рекомендованы для широкого распространения.

На рис. 117 представлена камера, предназначенная для окрашивания радиаторов или других аналогичных по величине изделий. Камера — односторонняя с одним рабочим и двумя транспортными проемами. Изделия подаются подвесным однониточным конвейером непрерывного действия, имеющим поворотные подвески, на которые и навешиваются изделия. Гидрофильтр камеры имеет обычную конструкцию, описание которой приводилось выше.

На рис. 118 показана двусекционная, двусторонняя камера непрерывного действия, предназначенная для окрашивания шасси грузовых автомашин в условиях автомобильного завода. Камера расположена на линии главного сборочного конвейера и обслуживается общим двуцепным конвейером непрерывного действия. Обе секции камеры поставлены рядом, по ходу конвейера, противоположно друг другу. Каждая секция имеет самостоятельный рабочий проем и транспортный боковой проем для прохода изделий. Гидрофильтры *2* камеры расположены напротив рабочих проемов и обслуживаются самостоятельными насосами. Каждая секция имеет свой вентиляционный центр *3—4*, расположенный на площадке над камерой.

Камера рассчитана на двух рабочих, один из которых окрашивает правую, а другой левую половину шасси.

7. ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ РАСПЫЛЕНИЕМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Электроокраска, впервые предложенная проф. А. А. Чижевским (1938 г.), может быть осуществлена различными способами.

Схемы использования электрического поля для окраски деталей приведены на рис. 119.

1. Лакокрасочный материал помещают в сосуд, откуда, вытекая, он распыляется под действием постоянного электрического поля, образованного между двумя электродами, из которых одним является сосуд с краской, а вторым — сама деталь. Частицы краски, получающие отрицательный заряд, осаждаются на окрашенной поверхности, имеющей положительный заряд (рис. 119 *а*, *б*).

2. Распыленная обычным пневматическим распылителем электрически-нейтральная краска вносится в электрическое поле высокого напряжения, образованное между поверхностями окрашиваемых деталей и электродной сеткой. Электродные сетки соответствующей формы располагаются внутри окрасочной камеры.

вдоль движения конвейера, на подвесных высоковольтных изоляторах. На электродной сетке возникает электрическая корона. Сталкиваясь с ионами воздуха, перемещающимися по силовым линиям электрического поля из чехла короны к деталям, капельки краски приобретают электрический заряд, изменяют траекторию своего движения и осаждаются на окрашиваемой поверхности.

3. Для распыления и придания частицам краски электрического заряда могут быть применены специальные быстровращающиеся электрораспылители чашеобразной формы. Распыление осуществляется за счет центробежной силы. Электрический ток высокого напряжения отрицательного знака подводится к быстровращающимся чашеобразным головкам, внутренняя поверхность которых отполирована и хромирована. По трубке, находящейся в полом валу, на внутреннюю поверхность чаш поступает лакокрасочный материал, который вращением разбивается на мелкие частицы [11, 12].

Для окраски в электрическом поле используется следующее оборудование:

1. *Электрооборудование питания.* Высоковольтный трансформатор и выпрямитель напряжения служат в качестве источника постоянного тока высокого напряжения. Для удобства эксплуатации в цеховых условиях трансформатор и выпрямитель монтируются вместе в стальном баке. На крышке бака на проходных изоляторах имеются зажимы для входного напряжения (220 *в*) и минусовый зажим для выходного напряжения (150 *кв*).

Положительный полюс выпрямленного тока — заземленный. Устройство снабжается искровым разрядником, шунтирующим миллиамперметр.

Ограничительное сопротивление служит для ограничения тока, протекающего во вторичной обмотке высоковольтного трансформатора при коротком замыкании и при разряде через межэлектродное пространство (между электродной сеткой и деталями). Величина сопротивления (примерно 60 тыс. *ом*) обеспечивает при коротком замыкании сети силу тока не более 7,5 *ма*.

Шинопровод для подачи высокого напряжения на проходной изолятор выполняется в виде полой никелированной трубы (как в рентгеновских установках).

Для питания электрооборудования используются также изоляторы проходные, опорные и подвесные, а также разъединитель высоковольтный ручной для разрыва цепи высокого напряжения в 140 *кв* в обесточенном состоянии.

2. *Электрооборудование защиты.* Автоматический разрядник — для снятия электродных сетей распылителей и шинопровода остаточного заряда после выключения высокого напряжения.

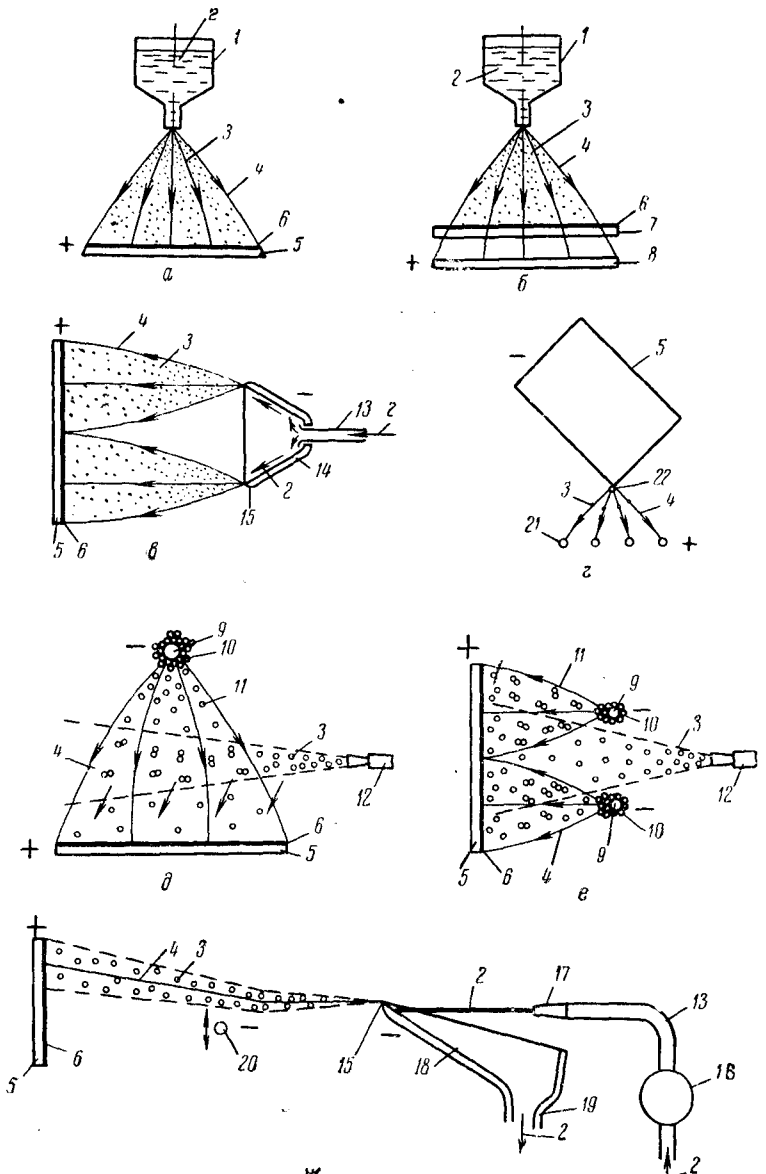


Рис. 119. Схемы использования электрического поля высокого напряжения для окраски:

1 — воронка; *2* — краска; *3* — распыленная краска; *4* — силовые линии электрического поля; *5* — металлическая деталь; *6* — красочная пленка; *7* — диэлектрическая деталь; *8* — электрод; *9* — коронирующий электрод; *10* — чехол короны; *11* — анионы воздуха; *12* — распылитель краски; *13* — краскопровод; *14* — вращающаяся чашка; *15* — распыляющая кромка; *16* — насос; *17* — сопло; *18* — лоток; *19* — труба для слива избытка краски; *20* — направляющий электрод; *21* — электродная сетка; *22* — подтек „последняя капля"

Предохранитель от искрообразования — для предотвращения образования искры между предметами, находящимися в камере под высоким напряжением и заземленными предметами.

Светофор — для предупреждения обслуживающего персонала о включении высокого напряжения.

3. *Электрооборудование управления.* Управление всем оборудованием — окрасочным и электрическим — сосредоточено на пульте управления и может осуществляться дистанционно и автоматически.

Пульт управления оборудуется пусковой и регулирующей аппаратурой для управления высоковольтно-выпрямительной установкой, контрольно-измерительной аппаратурой и световой сигнализацией.

Для дистанционного приведения в действие распылителей и сигнализации положения клапана применяется электропневматический клапан с датчиком положения.

4. *Окрасочная аппаратура.* Как было указано выше, для окраски в электрическом поле могут быть применены обычные пневматические распылители с дистанционным управлением или специальный краскораспылитель КВР-2, предназначенный для окраски изделия в электрическом поле высокого напряжения. Распылители устанавливаются на подставках на расстоянии не менее 400—500 *мм* от электродных сеток и под различными углами в зависимости от окрашиваемого изделия. Угол между распылителем и горизонтальной осью конвейера не менее 5°.

Давление воздуха на распыление краски 0,9—1,5 *ат.*

Для электростатического распыления применяются указанные выше вращающиеся чаши.

Распылитель состоит из воздушной турбинки и закрепляемых на ее валу сменных чаш диаметром 50, 100 и 150 *мм.* Скорость вращения чаш регулируется давлением воздуха в пределах 900—1400 об/мин. Расход воздуха 18—20 $м^3$/*час.* Давление воздуха 1,5—3,5 *ат.* Подача лакокрасочного материала в зависимости от диаметра чаш от 25 до 100 *г/мин.*

Воздушная турбинка крепится на изолированной подставке при помощи кронштейнов. Лакокрасочный материал подается на внутреннюю поверхность чаши через краскопровод, который вставлен в полый вал ротора.

Перед началом работы проверяется исправность распылителя, его крепление на стойке и расстояние от окрашиваемых деталей. Затем к распылителю подается высокое напряжение, включается воздух, устанавливается число оборотов турбинки, подается лакокрасочный материал и включается конвейер, на котором подвешены окрашиваемые изделия.

Электроокрасочная камера. Обычно используется камера проходного типа со стационарными или раздвижными боковыми

стенками. Камера снабжена вытяжной вентиляцией. Изделия поступают через проем.

Конвейер. В зависимости от окрашиваемых изделий применяются различные типы конвейеров: подвесной, ленточный и т. д.

С целью равномерности окраски иногда предусматривается вращение изделия вокруг оси с 6—10 поворотами на протяжении 1 пог. *м* пути конвейера. Скорость окраски на конвейере может быть доведена до 24 *м/мин.*

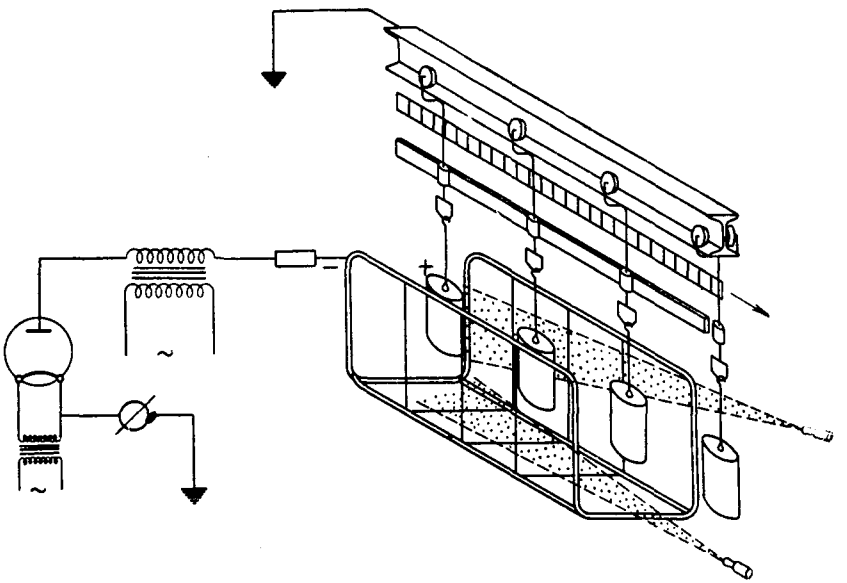


Рис. 120. Схема электроокраски деталей

Электродные сетки — располагаются внутри камеры, вдоль движения конвейера на подвесных высоковольтных изоляторах.

Электродные сетки выполняются из жестких металлических трубчатых или прутковых рам. Форма сеток может быть различная и зависит от конфигурации окрашиваемых деталей. Принципиальная схема окраски детали показана на рис. 120.

Основные параметры электроокрасочной установки следующие [12].

I. Электрическая часть

Напряжение на электродных сетках или электростатических распылителях, *кв*	100—130
Расстояние между:	
изделием и электродными сетками или электростатическими распылителями, *мм*	250—300

стенкой камеры и электродной сеткой или электростатическими распылителями, *мм*	500—600
входом — выходом камеры и электродными сетками или электростатическими распылителями, *мм*	500—600
потолком — полом камеры и электродными сетками или электростатическими распылителями, *мм*	500—600
электродами, *мм*	200—300
головками (чашами) электростатических распылителей в зависимости от диаметра головок не менее, *мм*	200
Длина электродных сеток, пог. *м*	1,5—2,0
Высота электродных сеток, пог. *м*	(высота изделия + 30%)

II. Технологическая часть

Давление воздуха на распыление краски, *ати*	0,9—1,5
Давление воздуха на краску, *ати*	0,2—0,3
Вязкость краски по ВЗ-4:	
при применении пневматического распыления, сек.	15—20
при применении электростатических распылителей, сек.	20—35
Расстояние от краскораспылителя до линии продолжения электродной сетки, *мм*	50—100
Расстояние от краскораспылителя до электродной сетки, *мм*	400—500
Угол между краскораспылителем и горизонтальной осью конвейера не менее, градусы	5
Скорость конвейера (*м/мин*) может быть до	24
Число оборотов чаш электростатических распылителей, об/мин.	900—2000
Максимальная производительность чаш:	
чаша 50 *мм*, *г/мин*	25—30
чаша 100 *мм*, *г/мин*	50—60
чаша 150 *мм*, *г/мин*	80—100
Диаметры факела (кольца) при максимальной производительности чаш:	
чаша 50 *мм*	
наружный, *мм*	370—400
внутренний, *мм*	220—250
чаша 100 *мм*	
наружный, *мм*	520—560
внутренний, *мм*	320—350
чаша 150 *мм*	
наружный, *мм*	750—800
внутренний, *мм*	400—430
Производительность насосов для автоматической дозированной подачи краски, *г/мин*	10—300
Число оборотов вращения изделий (если это необходимо) на 1 пог. *м* пути конвейера, обороты	6—10
Скорость воздуха вытяжной вентяляции, *м/сек*	0,2—0,5

На рис. 121 представлена схема установки для окраски спинок кроватей.

Она состоит из камеры с комплектом вентиляционного оборудования и окрасочной аппаратуры и электрических устройств,

включающих трансформатор, сеть низкого и высокого напряжения и комплект пусковой контрольно-измерительной и регулировочной аппаратуры.

Камера представляет собой полузакрытую коробку, имеющую торцевые открытые проемы для входа и выхода изделий. Она состоит из сварного каркаса, обшитого листовой сталью, и крепится к бетонному полу анкерными болтами. Камера оборудована принудительной вытяжной вентиляцией, полностью локализующей красочную пыль внутри камеры. Отсасываемый воздух перед выбросом в атмосферу подвергается очистке в висциновых фильтрах. Камера оборудована двумя автоматическими краскораспылителями, красконагнетательным баком и масловодоотделителем. Чтобы распыляемая краска равномерно распределялась по всей высоте зоны окраски, камера оборудована механизмом качания краскораспылителей, приводимого в движение от электропривода. Движение от привода через кривошипный механизм передается на горизонтальный валик, на котором закреплены краскораспылители; при этом последние делают небольшие повороты в вертикальной плоскости, распределяя краску по всей высоте зоны окрашивания.

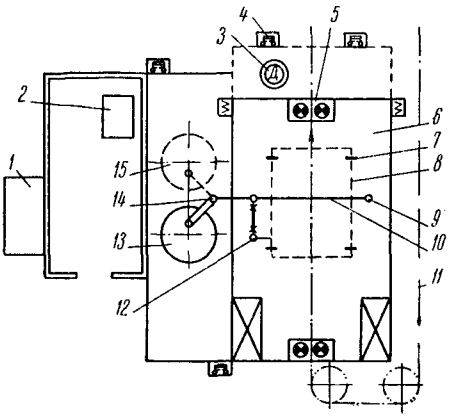


Рис. 121. Схема установки для окраски в электрическом поле высокого напряжения спинок кроватей:

1 — щит с пусковой аппаратурой; *2* — пульт управления; *3* — электродвигатель; *4* — ограничитель блокировочный; *5* — светофор предупредительный; *6* — распылительная камера; *7* — держатель коронирующих электродов; *8* — коронирующие электроды; *9* — изолятор опорный; *10* — шина высоковольтная; *11* — конвейер подвесной; *12* — изолятор проходной; *13* — трансформатор высокого напряжения; *14* — разрядник для снятия остаточного заряда; *15* — трансформатор резервный

Работа электрических устройств совершается в следующей последовательности.

Со щита пусковой аппаратуры *1* ток напряжением в 220 *в* подается через пульт управления *2* к первичной обмотке трансформатора *3*. Со вторичной обмотки трансформатора ток под напряжением 130 *кв* через кенотрон подается на коронирующие электроды.

Спинки кроватей укреплены на подвесках конвейера парами; поэтому коронирующие электроды имеют форму буквы Ш. Это обеспечивает большую равномерность действия электрического поля и гарантирует более равномерное осаждение краски.

Для снятия с электродов остаточного заряда при выключении установки имеется разрядник *14*.

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации установки и создания безопасных условий при обслуживании высоковольтного оборудования предусматривается централизованное управление с общего пульта всеми механизмами установки, а также обеспечиваются необходимые блокировочные связи между отдельными механизмами установки. С центрального пульта управления производится включение: 1) привода конвейера, 2) электропневматических клапанов, обеспечивающих работу краскораспылителей, 3) механизма качания распылителей, 4) питания трансформатора и кенотрона.

Пульт оснащается контрольно-измерительной аппаратурой, устройствами для регулирования высокого напряжения на коронирующих электродах, световой и звуковой сигнализацией. Для экстренной остановки конвейера предусмотрены аварийные кнопки.

В целях соблюдения технологических режимов и обеспечения безаварийной работы установки предусмотрены следующие блокировочные связи:

1) электроблокировка, исключающая включение высокого напряжения при неподвижном конвейере;

2) электроблокировка, исключающая распыление краски при неподвижном конвейере;

3) электроблокировка, исключающая распыление краски при выключенной вентиляции камеры;

4) автоблокировка, обеспечивающая выключение высокого напряжения при открытии дверцы торцевого ограждения камеры;

5) автоблокировка, обеспечивающая выключение высокого напряжения при открытии двери ограждения высоковольтного оборудования.

Наиболее важными достоинствами окраски в электростатическом поле являются:

1) значительная экономия лакокрасочных материалов по сравнению с обычным методом воздушного распыления, в особенности при окрашивании мелких предметов;

2) возможность наносить слой краски любой, практически необходимой толщины;

3) равномерность покрытия при нанесении краски на плоские или круглые изделия;

4) полная автоматизация процесса окрашивания без необходимости рабочему находиться в зоне распыления красок;

5) высокая производительность способа, ограниченная лишь производительностью соответственно установленных краскораспылителей.

К недостаткам этого способа следует отнести:

1) невозможность получить равномерное покрытие на изделиях сложной конфигурации, имеющих углубления и выступы;
2) трудность окрашивания внутренних поверхностей;
3) необходимость относительно сложной и дорогой аппаратуры, требующей квалифицированного обслуживающего персонала;
4) необходимость соблюдения строгого противопожарного режима и мер техники безопасности.

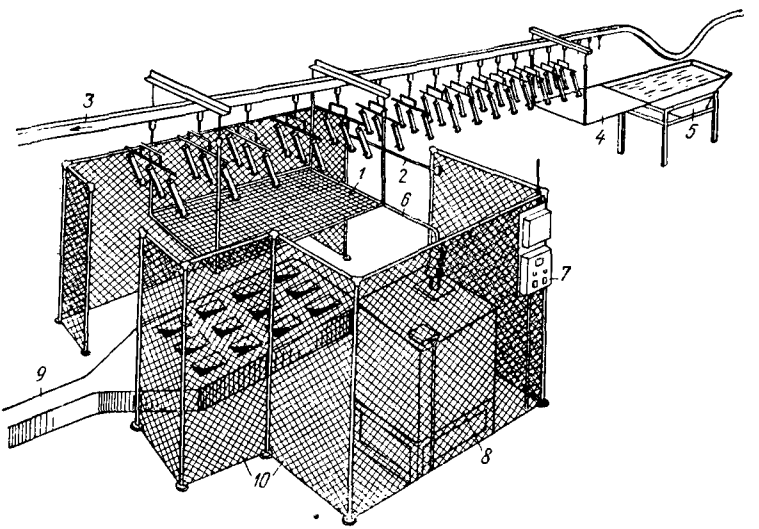


Рис. 122. Установка для снятия натеков в электростатическом поле:
1 — металлическая сетка; *2* — автоматический выключатель; *3* — конвейер; *4* — желоб для стока краски; *5* — ванна с краской; *6* — провод высокого напряжения; *7* — щиток управления; *8* — трансформатор напряжения; *9* — вентиляционный канал; *10* — ограждение

Эти недостатки безусловно ограничат области распространения этого способа и позволят рентабельно применить его только в условиях высокомеханизированного производства при массовом выпуске однотипных изделий.

Значительный интерес представляет применение электростатического поля для снятия натеков, образующихся при окрашивании окунанием. Используя свойства электрического поля коронного разряда, можно снимать натеки с окрашенных предметов.

Схема установки, предназначенной для этих целей, изображена на рис. 122. Она состоит из ванны для окунания *5* со сточным желобом *4*, конвейера *3* для транспортировки изделий и камеры с комплектом аппаратуры для создания электрического

поля высокого напряжения. Отличие этой установки от ранее описанной, предназначенной для окрашивания, заключается лишь в том, что здесь коронирующим электродом является растянутая металлическая сетка *1*, которая располагается под проходящими окрашенными изделиями и присоединяется к отрицательному полюсу сети высокого напряжения. Изделия при этом также заземлены. Расстояние между сеткой и изделием равно двойному расстоянию искрового разряда и соответствует среднему градиенту напряжения в 4 *кв* на 1 *см*.

Создаваемая электрическим полем сила притяжения между сеткой и изделием заставляет излишнюю краску падать на сетку. Длительность каплеосаждения обычно 0,25—1 мин.

8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ВАЛИКАМИ И ВАЛЬЦАМИ

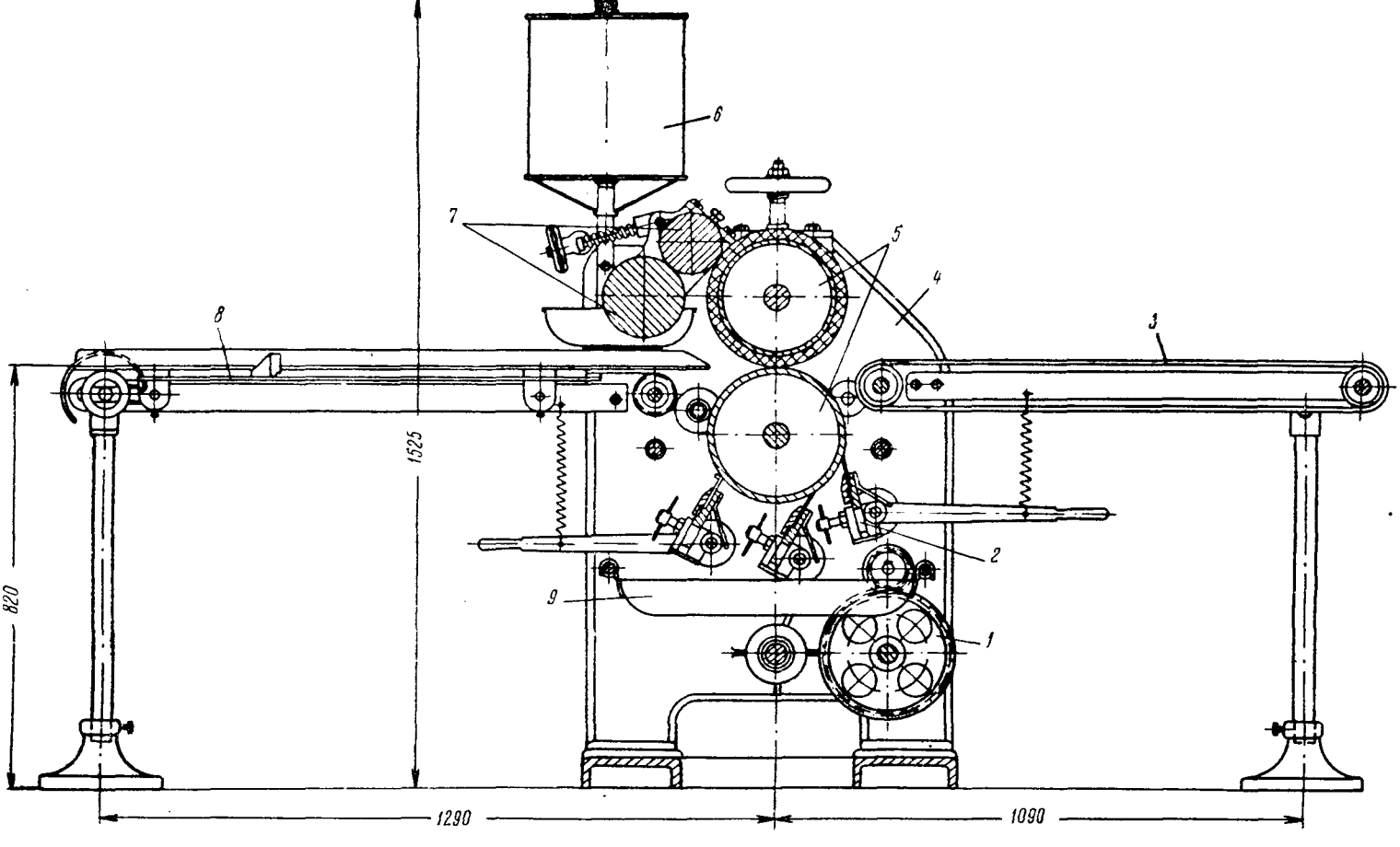
Нанесение лакокрасочных покрытий при помощи валиков имеет достаточно широкое распространение. Этим способом с успехом можно наносить лаки и краски на листовое железо, жесть, на листы фанеры и т. п. К этому же способу следует отнести нанесение разноцветных покрытий литографскими машинами и станками, нанесение имитационных покрытий и т. п.

Сущность этого метода окраски и лакировки заключается в том, что лакокрасочный материал предварительно наносится на валик, который затем прокатывается по поверхности изделия и переносит на него лак или краску. Окраска или лакировка изделий этим способом может производиться или с одной стороны, или одновременно с двух сторон. В зависимости от этих условий и способа перенесения материалов на валики применяемые при этом способе станки и машины имеют существенные конструктивные отличия.

Для нанесения одноцветных покрытий на жесть или листовое железо служат специальные лакировочные машины. Они изготовляются как для односторонней, так и для двусторонней окраски или лакировки [9].

На рис. 123 изображена лакировочная машина для нанесения лака на листы жести. Она состоит из станины *4*, на которой смонтированы лакировочные валы *5*, получающие движение от привода (на чертеже не показан) через систему зубчатых передач *1*. Для перенесения лака из ванны на верхний лакировочный вал имеются вспомогательные валы *7*.

Листы жести укладываются на движущийся приемный транспортер *8*, который подает их на лакировочные валы. Лак, находящийся в баке *6*, по мере расходования подается в ванну, из которой вспомогательными валами *7* переносится на верхний лакировочный вал *5*, а с него — на проходящие под ним листы


6
7
5
4
8
3
1525
820
2
9
1
1290
1090

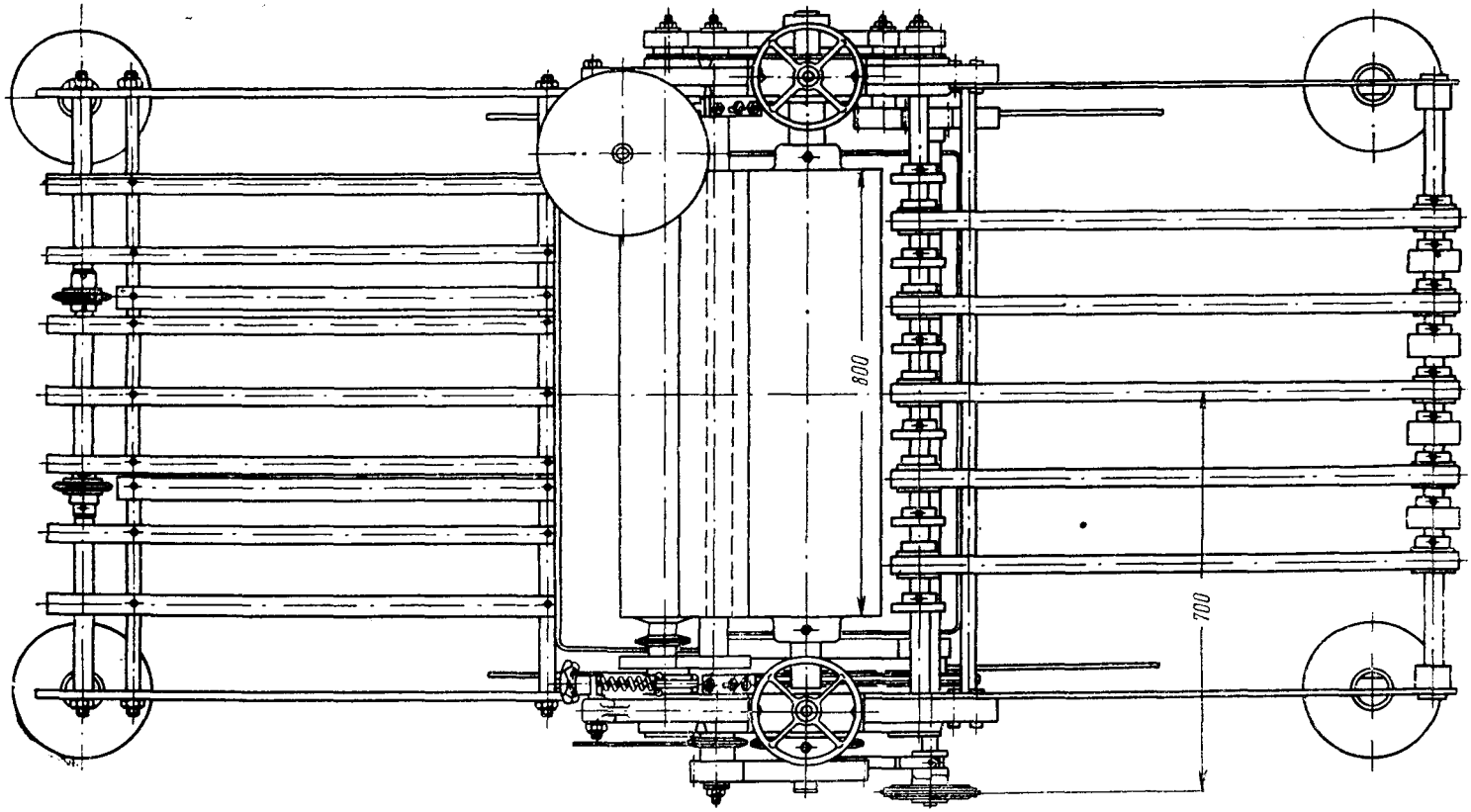


Рис. 123. Лакировочная машина:

1 — передача; *2* — приспособление для съема лака; *3* — выносной транспортер; *4* — станина; *5* — лакировочные валы; *6* — бачок для лака; *7* — вспомогательные валы; *8* — приемный транспортер; *9* — щитки ограждения

жести. Так как листы идут с интервалами, часть лака с верхнего вала может переноситься на нижний. Для снятия этого лака с поверхности нижнего вала имеются специальные приспособления (ракели) *2*. Лак, снятый с поверхности нижнего вала, стекает в корыто.

Покрытые лаком листы подаются на движущийся выносной транспортер *3*, с которого снимаются для последующей передачи в сушильную камеру.

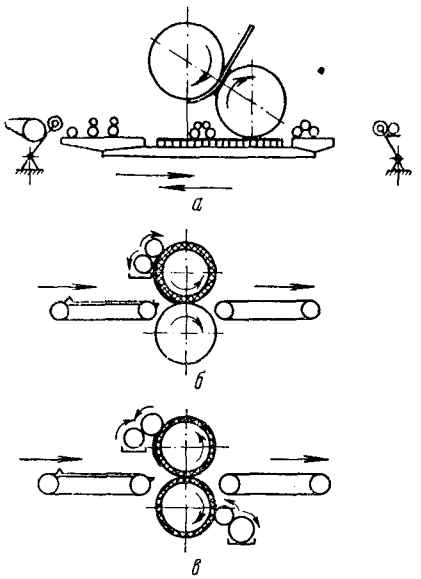


Рис. 124. Схема нанесения лакокрасочного покрытия:

а — на плоскопечатной машине; *б* — на односторонней валиковой лакировочной машине; *в* — на двусторонней

Производительность таких машин очень высока и достигает 1450 листов в час. Меняя шкивы привода, производительность машины можно изменять.

Аналогично работают и двусторонние машины, отличающиеся тем, что в них лак наносится как на верхний, так и на нижний вал. Промежуток между лакировочными валами можно регулировать, устанавливая его в соответствии с толщиной лакируемых листов.

В машинах для непрерывной имитации плоских изделий рисунок переносится на изделие таким же способом, как и лак в односторонних лакировочных машинах. Валик, частично погруженный в специальную краску, вращаясь переносит последнюю на цилиндрическое клише, на поверхности которого путем травления воспроизведен рисунок имитируемой породы дерева. Излишки краски с клише снимаются ракелем, а оставшаяся в углублениях краска переносится на желатиновый валик, находящийся в соприкосновении с клише, а с желатинового валика — на поверхность имитируемого изделия. Изделия подаются транспортером, высота которого устанавливается таким образом, чтобы обеспечить соприкосновение изделия с желатиновым валиком.

По иному принципу работают офсетные станки, предназначенные для перенесения рисунков или разных цветов красок с цинкового оригинала на листы жести, бумаги, картона и т. п. В простых офсетных станках краска наносится на оригинал вручную, затем после снятия ракелем излишков краски рисунок перено-

сится на печатный барабан, а затем с печатного барабана на изделие. Станок имеет два стола; на одном из них устанавливается цинковый оригинал, на втором, расположенном вслед за первым, устанавливается изделие. Печатный барабан с натянутой на него резиновой покрышкой приводится в движение от привода и прокатывается сначала по печатной форме, воспринимая на себя рисунок, а затем по поверхности изделия, перенося на него рисунок. После нанесения рисунка печатный барабан приподнимается и, совершая холостой ход, возвращается в исходное положение для повторения цикла. После нанесения рисунка изделия со станка сразу снимаются и передаются на сушку.

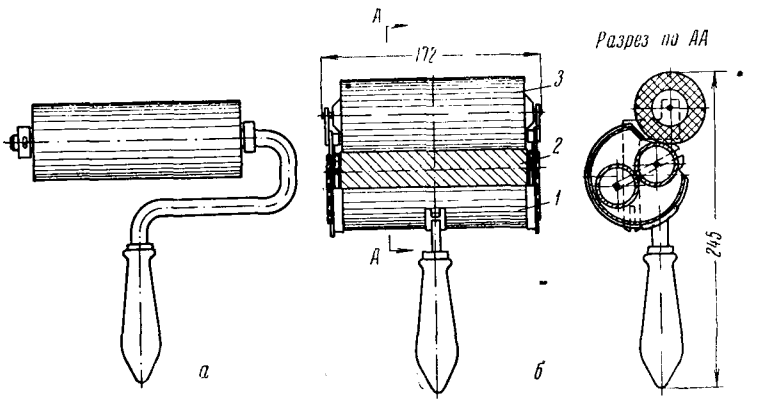


Рис. 125. Валики для окраски:

а — простой конструкции; *б* — с резервуаром;
1 — резервуар; *2* — промежуточный валик; *3* — окрасочный валик

На рис. 124 приведены схемы работы различных станков и машин при окраске вальцами.

При проведении различных отделочных работ, в особенности при работе водоразбавляемыми эмульсионными красками, применяются ручные валики различных конструкций (рис. 125).

Валик, предложенный Ленинградским отделением «Лакокраспокрытие», имеет резервуар, куда заливают около 300 *г* краски.

Валик более простой конструкции, выполненный из цигейки или микропористого материала, периодически, как при кистевом способе окраски, погружается в ведерко с краской.

Окраска производится путем передвижения рабочего валика аппарата по окрашиваемой поверхности.

Для окрашивания стены производят вертикальные движения вдоль стены вверх и вниз, передвигаясь по окрашиваемой поверхности слева направо до израсходования краски в резервуаре,

затем валиком (без краски) распределяют нанесенную краску движением валика в обратном направлении (справа налево). Валики изготовляют различной формы, позволяющие производить окраску углублений, стыков, заклепок и т. д. Валики можно укреплять на шесты и производить окраску мест, расположенных на высоте.

При работе валиком установлены следующие оптимальные вязкости (по ВЗ-4) при 18—23°:

1) для голубой масляной краски для укрытия с одного слоя — 100 сек., с двух слоев — 80 сек.;

2) для эмали ЭМА для укрытия с одного слоя — 60 сек.; с двух слоев — 35 сек.;

3) для белой казеиновой краски для окраски с одного слоя — 25 сек.

9. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И КРУПНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Лакокрасочные покрытия как средство защиты от коррозии и как способ придания изделиям красивого внешнего вида широко применяются на строительных объектах, промышленных и транспортных сооружениях, в судостроении. Окраска таких объектов имеет свои специфические особенности. В отличие от окраски большинства промышленных изделий, когда окрашиваемое изделие является подвижным, а оборудование, применяемое для окраски, — неподвижно, в рассматриваемом случае, наоборот, окрашиваемый объект неподвижен, а применяемое для его окраски оборудование — подвижно. Это существенное обстоятельство коренным образом влияет как на способ окрашивания, так и на профиль применяемого при этом оборудования.

Из описанных ранее способов окраски для рассматриваемых объектов может быть применено окрашивание кистевым способом, распылением и в ряде случаев валиками.

Для кистевого окрашивания обычно применяются леса, подмостки, передвижные площадки, стремянки и т. п. Никаких механизмов и приборов для нанесения лакокрасочных материалов, как правило, не применяют. При окраске механическим распылением клеевыми, казеиновыми красками с успехом могут быть применены аппараты механического распыления как низкого, так и высокого давления, которые были описаны выше. Работа такими аппаратами может производиться без искусственной вентиляции, тем более, что применение клеевых и казеиновых красок не связано с употреблением вредных для здоровья летучих растворителей. Легкость и портативность таких аппаратов позволяет переносить их не только по отдельным участкам окрашиваемого объекта, но и с одного объекта на другой.

Гораздо сложнее в рассматриваемых условиях применить воздушное распыление, в особенности при применении масляных красок, нитрокрасок, перхлорвиниловых красок, а также красок на искусственных смолах, которые разводятся легколетучими растворителями. Этот способ требует применения сжатого воздуха и усиленной вентиляции. Для нанесения покрытий воз-

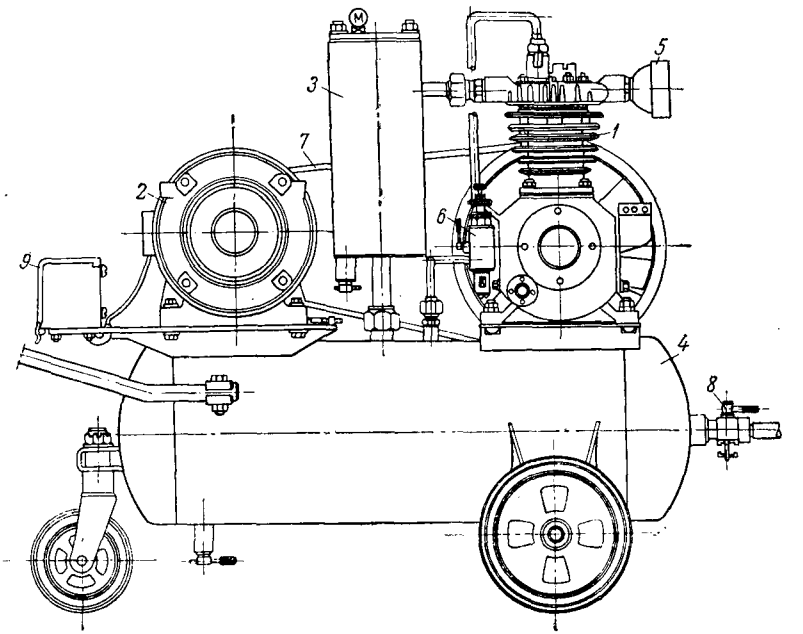


Рис. 126. Общий вид окрасочной установки с компрессором:

1 — компрессор; *2* — электродвигатель; *3* — масловодоотделитель; *4* — приемник; *5* — воздухоочиститель; *6* — распределитель; *7* — клиновый ремень; *8* — кран; *9* — пусковое устройство

душным распылением нашли широкое применение передвижные окрасочные агрегаты, состоящие из компрессора и краскораспылительной аппаратуры, смонтированных на ручной тележке (рис. 126).

Такие агрегаты изготовляются двух типов для одновременной работы одного или двух краскораспылителей. Окрашивание зданий, сооружений, наружных поверхностей корпусов морских и речных судов можно производить без искусственной вентиляции.

Гораздо сложнее производить окрашивание воздушным распылением внутри здания или внутри корабля. В этих условиях следует применять индивидуальную защиту рабочих от различных вредных воздействий — респираторы с подачей свежего воздуха под щлем респиратора. Специальных передвижных

установок для искусственной вентиляции внутренних помещений при окрашивании их воздушным распылением промышленность не выпускает.

10. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поступающие с заводов лакокрасочные материалы в большинстве случаев нуждаются в доведении их до нормальной рабочей вязкости путем разведения разбавителями, растворителями, а иногда связующим (олифой) и в тщательном перемешивании их до получения совершенно однородной смеси. При значительных расходах материалов эти операции производятся в специально выделенных помещениях, оснащенных приводными краскомешалками или другими механизмами для перемешивания.

На предприятиях, где лакокрасочные материалы потребляются в очень больших количествах, перемешивание производится при помощи шестеренчатых насосов, которые забирают материалы из смесительных баков большой емкости и по замкнутой системе краскопроводов снова подают краску в смесительный бак. Такая операция повторяется многократно. При прохождении краски через шестеренчатый насос, а также вследствие интенсивной ее рециркуляции по трубам перемешивание получается очень тщательным, а вся установка — высокопроизводительной.

Участки, на которых применяется готовая краска, часто бывают разбросаны по территории предприятия, поэтому снабжение красками из центральной краскозаготовительной представляет сложную задачу.

Развозка материалов в баках имеет очень много недостатков, так как сопряжена с потерями материалов при переливе, с необходимостью иметь большое количество тары, требующей систематического ухода, с постоянной загрузкой транспорта. Кроме того, такая система снабжения создает повышенную пожароопасность и требует дополнительных противопожарных мер.

Чтобы избежать этих недостатков, подачу красок к местам потребления производят при помощи мощных шестеренчатых насосов по замкнутой системе труб, проложенных в подземных каналах. Такой способ подачи красок может себя оправдать даже в том случае, если расстояние до точек потребления 1—2 *км*.

При такой организации краскоснабжения приготовление красок производится в специальном краскозаготовительном отделении, расположенном в отдельном корпусе.

При краскозаготовительном отделении устраивается небольшой склад лакокрасочных материалов, рассчитанный на 5—

7-дневную потребность, причем для растворителей на этом складе должны быть предусмотрены небольшие подземные резервуары.

Перемешивание красок производится насосами через замкнутую систему краскопроводов.

Подача краски к местах потребления производится насосами, установленными в отдельном помещении при краскозаготовительном отделении; в этом же помещении устанавливаются и насосы для перемешивания краски.

Трубы для подачи красок должны быть закольцованы, и подача краски по ним должна производиться непрерывно при соблюдении необходимого в сети давления.

При необходимости остановить систему вся краска из труб должна сливаться в краскораздаточные баки при краскозаготовительном отделении; система должна быть промыта растворителем во избежание обрастания труб краской.

В аварийных случаях вся краска должна спускаться в аварийную цистерну, а вся система заполняться инертным газом.

Система должна иметь контрольные приборы и предохранительные устройства, позволяющие контролировать давление в сети и поддерживать его в допустимых пределах.

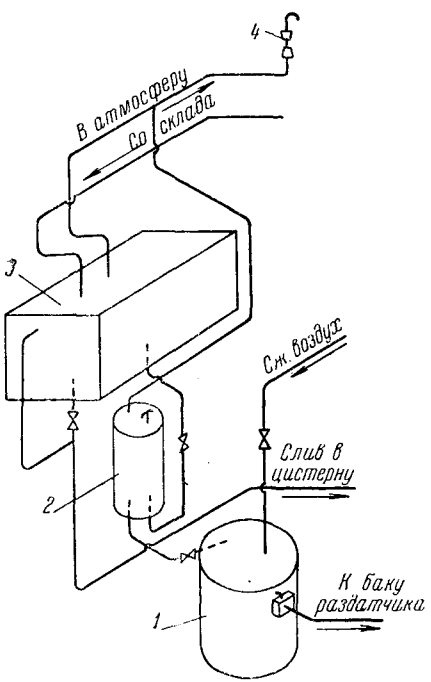


Рис. 127. Схема расположения краскомешалки, бака и мерника:

1 — краскомешалка; *2* — мерник; *3* — бак; *4* — огневой предохранитель

При относительно небольших суточных расходах краски для ее разведения и перемешивания применяют лопастные краскомешалки. Поступающая в заводской таре краска перегружается в бак краскомешалки, разводится растворителем и подвергается тщательному перемешиванию с доведением до необходимой рабочей вязкости. Растворитель подается из подвесного бака через мерный бачок, который обычно монтируется на стене выше краскомешалки.

На рис. 127 дана схема расположения бака, мерника и краскомешалки.

Краскомешалки, предназначенные для перемешивания красок, рассчитаны на относительно небольшую емкость баков и непродолжительность операции. Поэтому они должны обеспечивать возможность быстрой загрузки и выгрузки материалов с одновременной их фильтрацией.

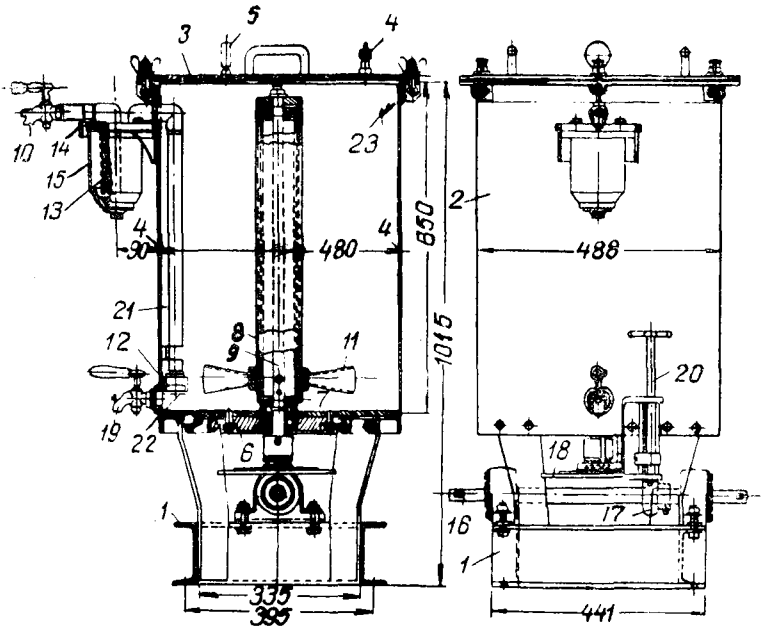


Рис. 128. Краскомешалка с нижним приводом:

1 — рама; *2* — бак; *3* — крышка бака; *4* — предохранительный клапан; *5* — манометр; *6* — фланец; *7* — корпус подшипника; *8* — труба; *9* — вертикальный вал; *10* — кран для готовой краски; *11* — лопасть; *12* — корпус фильтра; *13* — сетка; *14* — крышка фильтра; *15* — стакан; *16* — вал; *17* — ведущий фрикционный ролик; *18* — ведомый фрикционный диск; *19* — спускной кран; *20* — механизм выключения; *21* — красконагнетательная трубка; *22* — сетка; *23* — трубка для подвода сжатого воздуха

Наиболее употребительные конструкции краскомешалок состоят из бака для загрузки материалов, пропеллерной мешалки для перемешивания, фильтра для очистки готовых материалов, приводного механизма с электромотором для вращения мешалки.

Баки краскомешалок обычно делают емкостью от 50 до 500 *л*. В зависимости от емкости бака размер мешалки и мощность электромотора, а также конструкция приводного механизма будут различными.

Вал мешалки может входить в бак сверху или снизу; поэтому привод краскомешалки может быть верхним или нижним. Для удобства загрузки материалов предпочтительнее нижний привод (рис. 128).

Краскомешалка состоит из бака *2* емкостью около 100 *л*, двулопастной мешалки *11*, фильтра и приводного механизма с электромотором (на рисунке не показан).

Бак краскомешалки представляет собой металлический резервуар из котельного железа толщиной 4 *мм*, закрываемый сверху крышкой *3*, которая плотно прижимается к баку откидными болтами. На крышке бака смонтированы манометр *5*, контролирующий давление, и предохранительный клапан *4*, открывающийся при избытке давления внутри бака.

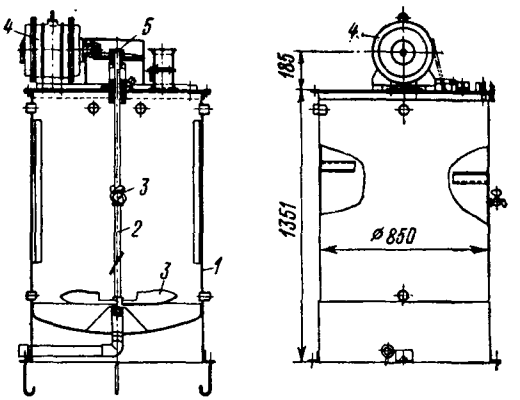


Рис. 129. Краскомешалка емкостью 500 *л* с верхним приводом:

1 — бак; *2* — приводной вал; *3* — пропеллерные мешалки; *4* — электромотор; *5* — зубчатая передача

В верхней части бака имеется трубка *23* для присоединения гибкого шланга воздушной сети при выгрузке готовых материалов; в нижней части бака — спускной кран *19* для слива краски в случае неисправности фильтра и для сливания растворителя при промывании бака. Снаружи на стенке бака смонтирован сетчатый фильтр, через который прогоняется готовая краска при разгрузке бака. Краска вытесняется сжатым воздухом по трубке *21*, имеющей сетку *22*, попадает в фильтр и после очистки через кран *10* сливается в ведро или другой сосуд для подачи ее к месту потребления.

Двулопастная мешалка *11* укреплена на трубе *8*, жестко соединенной с приводным валом *9*, получающим вращение от электромотора через промежуточный вал *16* и коническую фрикционную передачу *17—18*.

Бак с мешалкой и электромотор с промежуточным валом смонтированы на металлической раме *1*, которая может прикрепляться к полу фундаментными болтами.

ключение фрикционной передачи при остановке мешалки является рычажным приспособлением *20*, которое поднимает приводной вал *9* и разобщает диски фрикциона. В рабочем положении ведомый диск приводного вала прижимается к ведущему диску промежуточного вала пружиной (на рисунке не видна).

Конструкция промежуточного вала позволяет соединять на общий привод несколько краскомешалок, каждая из которых может работать самостоятельно.

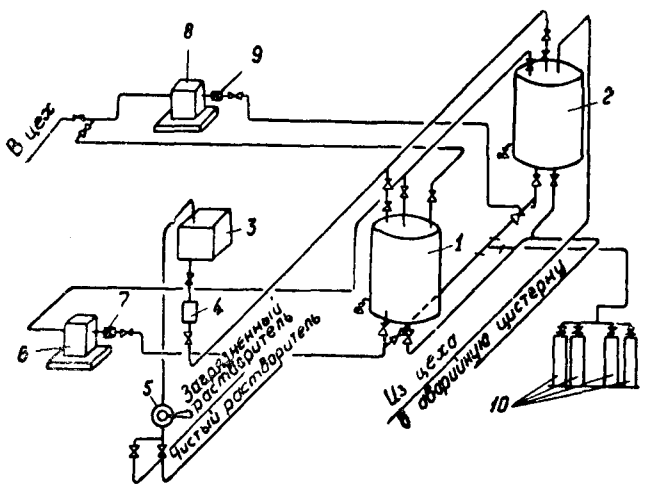


Рис. 130. Схема централизованного приготовления и подачи лакокрасочных материалов:

1 — бак-смеситель; *2* — бак-раздатчик; *3* — подвесной бак для растворителя; *4* — измерительный бачок; *5* — ручной насос; *6* — насос для перелива краски; *7* — фильтр; *8* — насос для подачи краски в цех; *9* — фильтр; *10* — баллоны с углекислотой

Такая конструкция краскомешалки очень удобна при необходимости размешивать краски различных сортов или различного цвета. При потреблении значительных количеств красок одного сорта и цвета следует употреблять краскомешалки с большой емкостью бака.

На рис. 129 представлена краскомешалка емкостью 500 *л* с верхним приводом. Устройство ее ясно из рисунка.

На рис. 130 приведена схема централизованного приготовления и подачи лакокрасочных материалов.

Подаваемые в бочках лакокрасочные материалы загружают для предварительного перемешивания в приводные пропеллерные краскомешалки, из которых они при помощи рециркуляционных насосов *6* подаются в бак-смеситель *1* для окончательного перемешивания. Если поступающие материалы достаточно жидки, то предварительного перемешивания можно не производить.

Загруженные в бак-смеситель материалы разбавляются растворителем, поступающим из подвесного бака *3* через мерник *4*, контролирующий количество поданного растворителя. Затем включаются рециркуляционные насосы, и краска начинает перемешиваться. После достижения нужной вязкости краска тем же насосом перекачивается в бак-раздатчик *2* такой же емкости, как и бак-смеситель. Эти баки являются взаимозаменяемыми.

Мощным шестеренчатым насосом *8* краска из бака-раздатчика подается во внешнюю сеть к местам потребления и после отбора части ее потребителями по обратному краскопроводу снова подается в бак-раздатчик.

11. ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Расчет расхода краски и воздуха при окрашивании распылением

При нанесении лакокрасочных покрытий методом воздушного распыления качество окраски в значительной мере зависит от степени измельчения лакокрасочного материала. Установлено, что средний диаметр капель, образующихся при распылении, зависит как от физических свойств материала (вязкости, плотности, поверхностного натяжения), так и от режима распыления (скорости воздуха, объемного отношения расхода краски к расходу воздуха).

Для данного материала, имеющего постоянную вязкость, плотность и поверхностное натяжение, средний диаметр капель находится в следующей зависимости от режима распыления:

$$C_p\varnothing = \frac{C_1}{W} + C_2 \left(\frac{V_к}{V_в}\right)^{1,5}$$

где C_1 и C_2 — постоянные коэффициенты для данного материала,

W — скорость воздуха,

$V_к$ — объем распыляемой краски,

$V_в$ — объем воздуха.

Таким образом, чтобы получить наибольшее измельчение частиц краски при распылении, надо увеличить скорость воздуха и уменьшить отношение расхода краски к расходу воздуха.

Экспериментальные исследования показали, что вытекающая из отверстия струя газа образует факел, структура которого не зависит от скорости истечения и диаметра сопла.

Первоначальная скорость струи W_0 постепенно падает за счет подтормаживающего действия окружающего воздуха, причем скорость струи падает не только по длине факела, но и в любом поперечном сечении, уменьшаясь от центра к периферии.

В результате основное ядро струи, имеющее в любой точке скорость, равную начальной, примет форму конуса. Установлено, что это ядро распространяется на длину, равную 3,5—4 диаметрам сопла; на этом участке и происходит наиболее активное дробление краски. В остальной зоне факела поток воздуха сильно завихрен, что способствует интенсивному перемешиванию частиц краски с воздухом. При удалении от сопла скорость воздуха резко падает и достигает на расстоянии 150—200 *мм* от сопла 20—35 *м/сек* при начальной критической скорости $W_{кр}$, достигающей 313 *м/сек*.

Оптимальным расстоянием головки краскораспылителя до окрашиваемой поверхности следует считать 200—300 *мм*.

При истечении воздуха из сопла давление его понижается от P_1 до P_2, а объем увеличивается от V_1 до V_2. С уменьшением отношения $\frac{P_1}{P_2}$ скорость истечения воздуха из сопла вначале возрастает, а дойдя до критической $W_{кр}$ остается постоянной. Для воздуха критическое отношение

$$\beta_{кр} = \frac{P_2}{P_1} = 0{,}53$$

Учитывая, что при окраске истечение воздуха из сопла происходит в атмосферу ($P_2 = 1$ *ата*), теоретическое давление перед соплом, которое обеспечит критическую скорость, будет равно

$$P_1 = \frac{P_2}{0{,}53} = 2 \text{ ата}$$

Теоретическая скорость истечения воздуха из сопла

$$W_{кр} = 18{,}3\sqrt{t + 273} \text{ м/сек}$$

где t — температура воздуха, °С.

При $t = 20°$ $W_{кр} = 313$ *м/сек*.

Теоретический расход воздуха

$$G = 14{,}4f\frac{P_1}{\sqrt{t + 273}} \text{ кг/час}$$

где f — живое сечение сопла, *мм*^{2},

P_1 — давление воздуха перед соплом, *кг/см*^{2}.

Действительный расход воздуха вследствие сопротивления в сопле и сжатию струи будет меньше.

Коэффициент, учитывающий трение в сопле и сужение струи, называется коэффициентом расхода μ, который принимается для краскораспылителей от 0,7 до 0,9 (в среднем равен 0,8).

Фактический расход воздуха через сопло

$$V = 9{,}6f\frac{P_1}{\sqrt{t + 273}} \text{ м}^3\text{/час}$$

где f — живое сечение сопла, *мм*^{2},

t — температура воздуха, °С,

P_1 — абсолютное давление воздуха, *кг/см*^{2}.

Опыты показывают, что нормальное распыление красок достигается при давлении воздуха в непосредственной близости от сопла от 2,5 до 3 *ата*.

Учитывая сопротивление в трубах и сопротивление в каналах краскораспылителя, в воздухосборнике следует поддерживать давление 2,5—3 *ата*.

Теоретическая скорость истечения краски из сопла краскораспылителя определяется по формуле

$$W = \sqrt{2g\frac{H}{\gamma_к}}$$

где H — напор, под влиянием которого происходит истечение лакокрасочного материала, выражаемый в *мм* вод. ст.,

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 *м/сек*^{2},

$\gamma_к$ — вес единицы объема краски, *г/см*^{3}.

Расход лакокрасочных материалов через сопло сечением f будет

$$Q = \mu f \cdot W \cdot 100 \cdot 60 \ см^3/мин$$

где μ — коэффициент расхода, учитывающий трение в сопле и сжатие струи,
f — сечение сопла, $см^2$,
W — скорость выхода краски, $м/сек$.

Коэффициент расхода μ рекомендуется принимать:

для материалов, имеющих вязкость по ВЗ-4 10—15 сек., $\mu = 0{,}4$
» » » » » ВЗ-4 20—30 сек., $\mu = 0{,}2$
» » » » » ВЗ-4 40 сек., $\mu = 0{,}1$

Подставляя значение скорости из предыдущей формулы и обозначая произведение всех постоянных величин, входящих в формулу, через τ, имеем

$$Q = \tau f \sqrt{\frac{H}{\gamma_к}} \ см^3/мин$$

В этой формуле величину τ следует принимать для материалов маловязких равной 106, средней вязкости — 53, а для материалов высокой вязкости — 27.

При расчете расхода краски из сопла необходимо установить величину разрежения в устье сопла, за счет которого и создается необходимый напор в краскораспылителе.

Опыты показывают, что величина этого разрежения зависит от диаметра сопла и давления воздуха, распыляющего краску, и колеблется в следующих пределах (табл. 63).

ТАБЛИЦА 63

Среднее значение разрежения

Давление воздуха перед соплом P_1, *ата*	Среднее значение разрежения, *мм* вод. ст.		Примечание
	$d_c = 1{,}2$ *мм*	$d_c = 1{,}8$ *мм*	
2,0	0,81	0,71	Приведенными значениями разрежения можно пользоваться при подсчете наибольшего расхода лакокрасочных материалов через сопло
2,5	1,06	1,08	
3,0	1,33	1,22	
3,5	1,38	1,42	

Удельный расход воздуха при распылении красок колеблется в широких пределах.

Если обозначить расход краски в литрах в час через Q, а расход воздуха в $м^3/час$ через V, то отношение $\frac{V}{Q} = a$, называемое коэффициентом удельного расхода воздуха, на основании многочисленных опытов имеет следующее численное значение при разных диаметрах сопла (табл. 64).

Применяя указанные соотношения между расходом краски и расходом воздуха и пользуясь формулой для определения расхода краски, будем иметь следующие приближенные численные значения расхода краски и воздуха (табл. 65) при разных диаметрах сопел краскораспылителя $\left(\frac{H}{\gamma_к}\right.$ округленно принято равным 1),

ТАБЛИЦА 64

Расход воздуха

Диаметр сопла, *мм*	Коэффициент удельного расхода воздуха при вязкости краски по ВЗ-4, сек.			Примечание
	10—15	20—30	40	
1	1,2	2,4	4,8	Для получения плоской струи будет расходоваться дополнительного воздуха от 70 до 90% к основному
1 —1,5	0,55	1,1	2,2	
1,5—2	0,3	0,6	1,2	
2 —3	0,2	0,4	0,8	
>3	0,12	0,25	0,5	

ТАБЛИЦА 65

Зависимость расхода воздуха от расхода краски

Диаметр сопла краскораспылителя, *мм*	Расход краски (в *л/час*) при вязкости краски по ВЗ-4			Расход воздуха (в *м³/час*) при вязкости краски по ВЗ-4		
	10—15 сек.	20—30 сек.	30 сек.	10—15 сек.	20—30 сек.	30 сек.
0,4	0,80	0,40	0,20	0,96	1,92	3,84
0,5	1,24	0,62	0,31	1,49	2,98	5,96
0,6	1,78	0,89	0,45	2,14	4,14	8,28
0,7	2,42	1,21	0,61	2,90	5,8	11,60
1,0	4,95	2,48	1,24	3,50	7,0	14,00
1,2	7,20	3,60	1,8	3,95	7,9	15,80
1,8	16,00	8,00	4,0	4,8	9,6	19,20
2,5	31,00	15,50	7,8	6,2	12,4	24,8

Расчет производительности при окрашивании распылением

Основные элементы, из которых слагается процесс окрашивания, следующие:

1. *Скорость окрашивания* W — перемещение факела распыленной краски относительно поверхности окрашивания при образовании полосы окрашивания за один проход краскораспылителя. Измеряют ее в *м/мин*.

2. *Подача* S — расстояние (в *мм*), на которое нужно переместить струю краски, чтобы перейти к нанесению следующей полосы окрашивания.

3. *Ширина факела* b — ширина (в *мм*) струи краски в месте соприкосновения ее с поверхностью окрашивания, измеренная перпендикулярно оси движения распылителя.

Производительность окрасочных работ является функцией скорости окрашивания W и подачи S и может быть выражена следующей зависимостью:

$$B = \frac{WS}{1000} \cdot 60 \ м^2/час$$

Величина подачи не должна быть более ширины факела

$$S \leqslant b$$

Обычно при нормальной работе краскораспылителя наибольшая толщина пленки ($\delta_{макс}$) будет в центре факела, уменьшаясь к периферии и достигая у краев толщины равной нулю. Поэтому для получения равномерного по толщине покрытия уменьшают величину подачи S с таким расчетом, чтобы при накладывании соседних полос друг на друга полученная суммарная толщина не превышала $\delta_{макс}$ (практически $S = 0{,}45$—$0{,}65$, причем ширина факела, равная 0,45, принимается при полной окраске изделия за 1 проход краскораспылителя).

При окрашивании распылением очень важно знать ширину факела в зависимости от расстояния сопла от окрашиваемой поверхности. С достаточной для практики точностью активная ширина факела для круглой струи может быть выражена следующей зависимостью:

$$b = 3{,}8\sqrt{l}\ мм$$

где l — расстояние от сопла до окрашиваемой поверхности.

Для плоской струи ширина факела зависит от диаметра сопла d_0 и может быть выражена зависимостью

$$b = \beta\sqrt{l}$$

постоянный коэффициент β для d_0 1,2 *мм* следует принимать равным 7, для d_0 1,8 *мм* — 9,5, а для d_0 2,5 *мм* — 12,9.

При окраске плоской струей слой краски получается более равномерным, что является большим преимуществом плоской струи.

Для получения равномерного по толщине покрытия рекомендуется применять следующие величины подачи для краскораспылителей КР и О-19 (табл. 66).

ТАБЛИЦА 66

Величина подачи

Вид струи	Диаметр материального сопла, *мм*	Расстояние сопла от окрашиваемой поверхности, *мм*	Рекомендуемая величина подачи, *мм*	
			коэффициент подачи 0,45	коэффициент подачи 0,65
Круглая	0,5; 0,7	200	25	35
	1,0; 1,2	300	30	40
	1,8	400	35	50
Плоская	1,2	200	45	65
		300	55	80
		400	65	90
»	1,8	200	60	90
		300	75	105
		400	85	125

Скорость окрашивания W практически принимается в следующих пределах (*м/мин*): при ручной работе 10—30, при автоматической 50—60.

Следует иметь в виду, что при малых скоростях окрашивания снижается производительность окрасочных работ и могут образовываться

натеки краски; при больших же — могут наблюдаться пропуски или недостаточная толщина пленки.

Установив величину подачи и скорость окрашивания, производительность окрасочных работ определится по формуле

$$B = \frac{WS \cdot 60}{1000} \ м^2/час$$

где W — скорость окрашивания, *м/мин*,

S — подача, *мм*.

Требуется, например, определить производительность окрасочных работ при нанесении краски плоской струей краскораспылителем КР-20 с соплом 1,8 *мм*. Расстояние сопла от поверхности окрашивания принято 300 *мм*, скорость окрашивания — 25 *м/мин*.

По табл. 66 находим величину подачи; для этих условий

$$S = 105 \ мм$$

Тогда производительность окрасочных работ

$$B = \frac{WS \cdot 60}{1000} = \frac{25 \cdot 105 \cdot 60}{1000} = 157{,}5 \ м^2/час$$

Расчет камер для окрашивания распылением

При расчете камер распыления, наиболее типичные разновидности которых приведены выше, должны быть определены следующие основные данные:

1) профиль конструкции и габаритные размеры камеры,

2) расход вентиляционного воздуха, гарантирующий безвредные и безопасные условия работы,

3) профиль конструкции и габаритные размеры фильтра для очистки воздуха,

4) производительность, режим работы и мощность привода вентилятора,

5) производительность, режим работы и мощность привода рециркуляционного водяного насоса в случае очистки воздуха распыленной водой.

Определение профиля конструкции и габаритных размеров камеры

В приведенных выше описаниях конструкций различных разновидностей камер распыления было указано, какие камеры в тех или иных условиях производства следует применять. При расчете камер определение профиля их конструкции обычно сводится к выбору типа камеры, наиболее отвечающего данным условиям производства. При особо специфических условиях профиль конструкции может решаться заново. Размеры корпуса камеры определяются с учетом габаритов изделий, загружаемых в камеру, и необходимых зазоров между изделиями и ограждениями камеры. Величина этих зазоров должна обеспечивать наибольшие удобства работы при наименьших расходах воздуха и при сохранении оптимальных санитарно-гигиенических условий.

Определение расхода вентиляционного воздуха в камере

Расход вентиляционного воздуха в камере обусловлен двумя величинами:

1) размером живого сечения открытых проемов или поперечных сечений камеры и

2) скоростью воздуха в проеме или в поперечном сечении.

Размер живого сечения открытого проема определяется габаритами изделия и необходимыми зазорами между изделиями и ограждениями камеры.

Скорость воздуха выбирается с таким расчетом, чтобы образующийся красочный туман не мог выйти через открытый проем в помещение.

Проникновение красочного тумана в помещение может происходить под влиянием: 1) диффузии паров растворителя и 2) кинетической энергии красковоздушной смеси при ударе ее об окрашиваемую поверхность.

Скорость диффузии паров наиболее употребительных растворителей красок не превышает 0,1 *м/сек*. Если характер процессов, совершаемых в закрытых камерах, может порождать только диффузию паров растворителей, например при кистевом окрашивании или при окрашивании окунанием, то скорость засасываемого через проем воздуха можно принимать не более 0,3—0,5 *м/сек*.

При окрашивании распылением гораздо более действенным фактором является скорость отраженной струи воздуха, смешанного с распыленными частицами краски, после удара ее об окрашиваемую поверхность. Наблюдения показывают, что эта скорость вблизи окрашиваемой поверхности достигает 0,7—0,8 *м/сек*. Чтобы красочный туман не достигал зоны дыхания рабочего и сдувался струей всасываемого воздуха, скорость последнего в зоне распыления краски должна быть не ниже 0,8 *м/сек*.

Если окрашивание производится через открытый проем камеры, а рабочий находится вне камеры, то расход воздуха определяется из условия создания скорости в открытом проеме не ниже 0,8 *м/сек*. При нахождении окрашиваемой поверхности вблизи проема эту скорость рекомендуется повышать до 1—1,5 *м/сек*.

Если рабочий находится внутри камеры, то скорость воздуха в любой точке рабочей зоны не должна быть меньше 0,8—1,0 *м/сек*.

Зная живое сечение открытых проемов, расход воздуха, обеспечивающий нормальные санитарно-гигиенические условия работы, можно определить по формуле

$$Q = FW \ м^3/сек = 3600\,FW \ м^3/час$$

где F — живое сечение открытых проемов или поперечное сечение камеры, $м^2$;
W — скорость воздуха в живом сечении, *м/сек*.

Определение размеров гидрофильтра

Размеры гидрофильтра при водяной очистке воздуха определяются из условий обеспечения наиболее полной очистки воздуха от красочной пыли и наиболее полного обезвоживания удаляемого воздуха при прохождении его через водоотделитель, который обычно устанавливается при выходе воздуха из гидрофильтра.

Длительный опыт эксплуатации гидрофильтров показывает, что наилучшая очистка воздуха от излишков влаги получается при скорости воздуха в водоотделителе, не превышающей 2,5—3 *м/сек*. При бо́льших скоростях воздуха частицы воды увлекаются воздухом, что может привести к осаждению влаги в воздуховодах и к обмерзанию наружных воздуховодов в зимнее время. Кроме того, повышение скорости в водоотделителе резко увеличивает сопротивление сети и повышает мощность привода вентилятора.

Размеры водоотделителя обычно определяют поперечное сечение камеры гидрофильтра, так как водоотделитель должен полностью перекрывать его. Получающиеся при этом скорости воздуха в камере гидрофильтра обеспечивают наилучшую очистку последнего от красочной пыли.

Поперечные размеры гидрофильтра определяются по формуле

$$F_г = l_г b_г = \frac{1{,}2Q}{W_0}$$

где $F_г$ — поперечное сечение камеры гидрофильтра, равное полному сечению водоотделителя, $м^2$,

Q — количество воздуха, проходящего через гидрофильтр, $м^3/сек$,

W_0 — скорость воздуха в живом сечении водоотделителя, $м/сек$,

1,2 — коэффициент, учитывающий перекрывание сечения водоотделителя железными пластинами и угольниками каркаса,

$l_г$ — длина гидрофильтра, $м$,

$b_г$ — ширина гидрофильтра, $м$.

Соотношение между длиной и шириной гидрофильтра зависит от количества рядов водораспылителей и поперечного размера создаваемого ими факела распыления. Чтобы создаваемая водораспылителями водяная завеса была сплошной, ширину гидрофильтра следует принимать не более 350 *мм* на каждый ряд устанавливаемых водораспылителей.

Зная количество рядов форсунок, нетрудно определить соотношение поперечных размеров гидрофильтра.

Так как расход воздуха уже известен, скорость воздуха в водоотделителе берем в пределах 2,5—3 *м/сек*, ширина гидрофильтра определяется, исходя из указанных выше соображений, то неизвестной величиной является только длина гидрофильтра.

Из приведенного выше соотношения находим

$$l_г = \frac{1{,}2Q}{W_0 b_г} \ м$$

Иногда по конструктивным соображениям длину камеры гидрофильтра принимают равной ширине камеры распыления. Тогда по указанному соотношению находят ширину камеры гидрофильтра

$$b_г = \frac{1{,}2Q}{W_0 l_г} \ м$$

Высота гидрофильтра обычно определяется конструктивно и складывается из следующих величин:

1) высоты ванны, в которую сливается вода после распыления ее форсунками,

2) высоты пятилопастного водоотделителя,

3) высоты камеры распыления воды, которая определяется наивыгоднейшей длиной факела распыления и расстоянием от ванны до активного основания факела.

Для получения наиболее эффективной очистки воздуха от красочной пыли рекомендуется устанавливать в камере распыления воды отбойный щиток, — тогда воздух, входя в гидрофильтр, должен будет сначала пересечь одну водяную завесу, а затем повернуть кверху и пересечь вторую водяную завесу. Расстояние между входным отверстием и обрезом щитка должно выбираться с таким расчетом, чтобы факелы первого ряда форсунок полностью перекрывали его. Практически оно не должно превышать 350 *мм*.

Такое же расстояние можно брать от обреза щитка до уровня воды в ванне.

Высоту ванны следует брать, исходя из ее емкости, которая должна составлять 8—12% часового расхода воды на рециркуляцию. Высота пятилопастного водоотделителя ~400 *мм*.

Определение производительности, режима работы и мощности привода вентилятора

Производительность вентилятора определяется общим количеством воздуха, которое должно быть удалено за пределы помещения. Если вентилятор обслуживает только одну камеру распыления, то его производительность

равна количеству проходящего через камеру воздуха, которое определяется указанным выше способом. Если от открытого проема камеры до всасывающего отверстия вентилятора имеются неплотности или дополнительные отверстия, то на расход воздуха в камере вводится поправочный коэффициент, учитывающий дополнительное подсасывание воздуха [5, 6, 7].

Режим работы вентилятора определяется его производительностью и развиваемым им напором, обеспечивающим преодоление всех сопротивлений, возникающих в сети, по которой будет удаляться воздух, смешанный с парами растворителей. Таким образом, чтобы определить величину напора, развиваемого вентилятором, надо определить сопротивление сети, на преодоление которого будет расходоваться напор, развиваемый вентилятором.

Потеря напора в сети складывается из:

а) потерь на трение $H_т = Rl$ *мм* вод. ст., где R — сопротивление 1 пог. *м* воздуховода постоянного сечения, *мм* вод. ст., l — длина воздуховода, *м*;

б) потерь напора в местных сопротивлениях сети

$$H_м = \Sigma\xi \frac{W^2\gamma}{2g} \text{ мм вод. ст.}$$

где $\Sigma\xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, определяемых опытным путем,

W — скорость воздуха при прохождении местного сопротивления, *м/сек*,

γ — удельный вес удаляемого воздуха, *кг/м*^{3};

g — ускорение силы тяжести, *м/сек*^{2}.

Значения коэффициентов местных сопротивлений такой сети, по опытным данным, рекомендуются следующие:

Краскоуловительная решетка при входе в гидрофильтр . .	$\xi_1 = 2{,}5$
Поворот над ванной с учетом удара воздуха о воду и стенку	$\xi_2 = 3{,}5$
Водяная завеса	$\xi_3 = 6$
Пятилопастный водоотделитель при расстоянии между пластинами 25 *мм* и угле наклона 90°	$\xi_4 = 24$
Воздухосборник за водоотделителем	$\xi_5 = 0{,}2$
Поворот на всасывающем воздуховоде	$\xi_6 = 0{,}25$
Диффузор за вентилятором	$\xi_7 = 0$
Зонт на конце воздуховода	$\xi_8 = 2{,}5$

Имея все эти данные и пользуясь таблицами коэффициентов сопротивлений на прямых участках, нетрудно подсчитать сопротивление всей сети. Для удобства подсчет сопротивлений сети сводят в таблицу.

Имея в виду, что вентилятор перемещает воздух, содержащий пары растворителей, которые тяжелее воздуха, а также учитывая, что воздуховоды с течением времени будут загрязняться красочной пылью, подсчитанные по таблице потери напора следует увеличить на 15—20%.

Зная производительность вентилятора и напор, который он должен развивать, выбирают тип вентилятора и номер, а по кривым находят число оборотов, при котором вентилятор обеспечит расчетный напор, и его коэффициент полезного действия.

Мощность электромотора для вращения вентилятора определяется по формуле

$$N = \frac{QHK}{3600 \cdot 102\eta_в\eta_р} \text{ квт}$$

ТАБЛИЦА 67

Расчет сопротивлений сети воздуховодов камеры распыления

Участок камеры	Расход воздуха, $м^3/час$	Размеры воздуховода		Длина воздуховода l, $м$	Скорость воздуха W, $м/сек$	Потеря напора на прямых участках воздуховода		Потеря напора в местных сопротивлениях		Общая потеря напора на уч-ке $H_п + H_м$, $мм$ вод. ст.	Потеря напора в сети $H_с$, $мм$ вод. ст.
		d, $мм$	$a \times b$			на 1 пог. $м$ R, $мм$ вод. ст.	на всей длине $H_п = Rl$, $мм$ вод. ст.	сумма коэффициента местных сопротивлений $\Sigma\xi$	потеря напора $H_м$, $мм$ вод. ст.		
Краскоуловительная решетка . .	15840	—	2000 × 500	—	4,4	—	—	2,5	3,1	3,1	3,1
Поворот над ванной	15840	—	2000 × 500	—	4,4	—	—	3,5	4,2	4,2	7,3
Водяная завеса .	15840	—	2000 × 600	—	3,7	—	—	6,0	5,1	5,1	12,4
Водоотделитель .	15840	—	2000 × 880	—	3,0	—	—	24,0	13,1	13,1	25,5
Воздухосборник .	15840	740	—	—	10,5	—	—	0,25	1,60	1,60	27,1
Всасывающий воздуховод	15840	740	—	2	10,5	0,12	0,24	0,25	1,60	1,90	29,0
Напорный воздуховод	15840	740	—	10	10,5	0,12	1,2	2,5	16,8	18,0	47,0
Итого										47,0	47,0
Неучтенные потери 15% . . .											7,0
Всего											54,0

где Q — производительность вентилятора, *м³/час*,
H — развиваемый вентилятором напор, *мм* вод. ст.
K — коэффициент запаса мощности, который следующим образом зависит от мощности мотора:

до 0,5 *квт*	$K=1{,}5$	1—2 *квт*	$K=1{,}2$
от 0,5—1,0 *квт*	$K=1{,}3$	2—3 *квт*	$K=1{,}15$
		>5 *квт*	$K=1{,}1$

$\eta_в$ — коэффициент полезного действия вентилятора,
$\eta_р$ — коэффициент полезного действия ременной передачи,
102 — эквивалент 1 *квт* в *кгм/сек*.

Определив потребную мощность для вращения вентилятора, по таблицам подбирают ближайший по мощности электромотор. Если число оборотов электромотора не совпадает с числом оборотов вентилятора, то вводят ременную передачу. Передачу следует применять клиноременную, которая не дает скольжения ремня, а поэтому более безопасна. Электромоторы следует применять взрывобезопасные в соответствии с характером окружающей среды.

Определение производительности и мощности привода насоса

Опыт эксплуатации гидрофильтров показывает, что наиболее эффективная очистка воздуха от красочной пыли получается при расходе воды, равном весу очищаемого воздуха. Если принять во внимание, что в больших камерах количество удаляемого воздуха измеряется десятками тысяч килограмм, то и расходы воды для очистки воздуха при указанных соотношениях получаются очень большими. Чтобы сократить расход воды и снизить эксплуатационные расходы, применяют рециркуляцию воды в камерах. Для этой цели их оборудуют центробежными насосами, которые забирают воду из ванны гидрофильтра и подают ее к форсункам, обеспечивая многократное ее использование.

Зная удельный расход воды, находят общий ее расход на очистку всего количества выбрасываемого воздуха

$$Q_{вд} = Q_{вз}K \ л/час$$

где $Q_{вз}$ — расход воздуха, *кг*,
K — коэффициент расхода воды.

При расчетах принимают следующие значения коэффициента расхода воды: для мелких камер распыления $K=1$ — 1,2, для средних 0,8—0,9, для крупных камер 0,7—0,8.

Количество форсунок определяют, исходя из общего расхода воды и расхода воды на одну форсунку, который можно установить по формуле

$$q = \mu \cdot 39{,}6d^2\sqrt{P}$$

где q — расход воды одной форсункой, *л/час*,
μ — коэффициент расхода воды; для форсунок $\mu=0{,}35$—0,43,
d — диаметр сопла форсунок, *мм*,
P — давление воды перед форсункой (2—4 *ата*).

Для распылительных камер следует употреблять форсунки с диаметром сопла не менее 4 *мм*, так как при меньшем диаметре и работе с рециркуляцией воды форсунки засоряются краской.

Зная производительность форсунки, определяют их количество

$$n_ф = \frac{Q}{q} \text{ штук}$$

где Q — общий расход воды,
q — расход воды одной форсункой.

Расстояние между форсунками при размещении их на водоподводящей трубе следует принимать не более 250 *мм*

$$l_ф = \frac{l_г n_р}{n_ф} = 250 \text{ мм},$$

где $l_ф$ — расстояние между форсунками,

$l_г$ — длина гидрофильтра,

$n_р$ — количество рядов форсунок,

$n_ф$ — общее количество форсунок.

Количество воды, теряемое с уходящим воздухом и на частичное добавление воды, по практическим данным составляет от 15 до 3% от количества рециркулируемой воды.

Зная расход воды и давление ее перед форсункой, по таблицам подбирают наиболее подходящий насос. Поскольку форсунки вполне удовлетворительно работают в широком диапазоне давлений (от 2 до 4 *ата*), практически не возникает необходимости менять табличные режимы работы насосов и данные мощности привода насосов, приведенные в справочных таблицах.

Наиболее подходящими насосами для рециркуляции воды в гидрофильтрах являются насосы среднего давления с диаметром нагнетательного патрубка от 25 до 65 *мм*.

При необходимости изменения табличного режима работы насоса пересчет ведут, исходя из зависимостей, существующих между числом оборотов и производительностью, напором и мощностью привода насоса

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \quad \frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2}; \quad \frac{N}{N_1} = \frac{n^3}{n_1^3}$$

Мощность электромотора для насоса подсчитывается по формуле:

$$N_н = \frac{Q\gamma HK}{3600 \cdot 102\eta_н\eta_р} \text{ квт}$$

где Q — производительность насоса, *л/час*,

γ — удельный вес жидкости, *кг/дм*^{3},

H — полный напор, *м*,

K — коэффициент запаса мощности,

$\eta_н$ — к. п. д. насоса,

$\eta_р$ — к. п. д. передачи,

102 — эквивалент 1 *квт* в *кГм/сек*.

Пример расчета камеры распыления

Требуется рассчитать камеру распыления для окраски станков с очисткой воздуха в гидрофильтре. Размер рабочего пространства камеры $l \times b \times h = 2 \times 2 \times 2{,}5$ *м*^{3}, размер открытого проема $F = b \times h = 2 \times 2{,}5 = 5$ *м*^{2}. Камера оборудована поворотным кругом, позволяющим окрашивать станок без захода в камеру.

Определение расхода выбрасываемого воздуха

Принимаем скорость воздуха в открытом проеме

$$W = 0{,}8 \text{ м/сек}$$

Расход воздуха $Q = FWK = 5 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}1 = 4{,}4$ *м*^{3}*/сек* $= 15840$ *м*^{3}*/час*, где $k = 1{,}1$ — коэффициент, учитывающий дополнительный подсос воздуха через неплотности.

Определение размеров гидрофильтра

Длину гидрофильтра принимаем равной ширине камеры

$$l_г = b = 2 \text{ м}$$

тогда ширина гидрофильтра при скорости воздуха в водоотделителе $W = 3$ *м/сек*

$$b_г = \frac{1{,}2Q}{Wl_г} = \frac{1{,}2 \cdot 4{,}4}{3 \cdot 2} = 0{,}88 \text{ м}$$

Высота краскоуловителей решетки при скорости 5 *м/сек* и длине, равной длине гидрофильтра

$$h_р = \frac{4{,}4}{5 \cdot 2} = 0{,}44 \text{ м}; \text{ принимаем } 0{,}5 \text{ м}$$

Выбор вентилятора и электромотора

Потерю напора в сети рассчитываем по обычно принятому методу. Как видно из табл. 67, общая сумма потерь напора на прямых участках и в местных сопротивлениях составляет 54 *мм* вод. ст.

На основании подсчитанных ранее расхода воздуха и общей суммы потерь напора в сети по кривым подбираем центробежный вентилятор по ОСТ 90033—40 № 6-$^1/_2$ низкого давления со следующей характеристикой:

Производительность	$Q = 15840$ *м³/час*
Развиваемый напор	$H = 54$ *мм* вод. ст.
Число оборотов	$n = 620$ об/мин.
К. п. д.	$\eta = 0{,}55$

Мощность электромотора для вращения вентилятора

$$N_в = \frac{15840 \cdot 54 \cdot 1{,}1}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}55 \cdot 0{,}95} = 5{,}0 \text{ квт}$$

здесь 1,1 — коэффициент запаса мощности электромотора,
0,95 — к. п. д. ременной передачи.

По каталогам подбираем ближайший большой электромотор марки МА-142-2/6 взрывобезопасного типа, развивающий мощность 5,5 *квт* при числе оборотов $n = 965$ об/мин.

Передачу от мотора к вентилятору принимаем клиноременную.

Расчет водораспылительной системы и выбор насоса и электромотора

Расход воды в гидрофильтре принимаем 0,8 *л* на 1 *кг* очищаемого воздуха. Общий расход воды

$$Q_{вд} = Q_{вз}\gamma K = 15840 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}8 = 15200 \text{ л/час} = 15{,}2 \text{ м}^3\text{/час}$$

Форсунки для распыления воды берем с диаметром отверстия $d = 4$ *мм*. Расход воды на такую форсунку при давлении воды 30 *м* вод. ст. составляет

$$q_ф = 388 \text{ л/час}$$

Следовательно, количество форсунок

$$n_ф = \frac{15200}{388} = 39 \text{ штук}$$

При трехрядном расположении в ряду будет 13 форсунок. Расстояние между форсунками

$$l_ф = \frac{2000}{13} = 154 \text{ мм}$$

Для данного расхода воды и потребного давления воды в форсунках по таблицам подбираем центробежный насос марки ЦНШ-40 со следующей характеристикой:

Производительность	$Q = 15{,}0$ м³/час
Полный напор	$H = 24$ м вод. ст.
Число оборотов	$n = 2925$ об/мин.
Потребная мощность	$N = 3{,}2$ квт

По каталогам подбираем электромотор взрывобезопасного типа марки МА-142-1/6 мощностью 3,8 квт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник проектанта машиностроительных заводов, Машгиз, 1946.
2. Н. В. Аронов, Р. М. Вовшина, А. В. Тихомиров, К. Н. Улащик, Альбом оборудования и аппаратуры окрасочных цехов, Гостехиздат, 1950.
3. Справочник «Машиностроение», 14, Машгиз, 1949.
4. И. П. Васильев и В. А. Лелянов. Механизация окрашивания и сушки в машиностроении, Машгиз, 1956.
5. Г. А. Максимов. Отопление и вентиляция, 11, Стройиздат, 1949.
6. Справочник по проектированию отопления и вентиляции, 1, Стройиздат. 1953.
7. Справочник сантехника, Стройиздат, 1948.
8. Я. Ю. Локшин, Г. Ю. Бершадский В. В. Жебровский, Я. Г. Муравин, Лакирование и печатание в жестянобаночном производстве, Пищепромиздат, Москва, 1954.
9. А. С. Лейкин. Выбор рационального режима окрашивания распылением, Гизлегпром, 1954.
10. Окраска деталей распылением в электрическом поле. Из опыта Горьковского автомобильного завода, Москва, 1955.
12. Технические параметры на проектирование установок для окраски изделий в электрическом поле высокого напряжения. Информационное письмо № 23—56 В/К «Лакокраспокрытие», 1956.

Глава XVI

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Наиболее эффективным средством ускорения процесса образования лакокрасочных покрытий является искусственная сушка окрашенных поверхностей. Значительно сокращая длительность технологического цикла окрашивания в условиях поточно-массового производства, она является единственным средством, позволяющим производить окрасочные работы непосредственно в потоке без нарушения общего производственного ритма предприятия.

На ускорение процесса сушки влияет ряд факторов; наиболее важным из них, значительно ускоряющим процесс сушки, является температура нагревания лакокрасочного слоя. Существенное влияние на длительность сушки могут оказывать также свет, влажность воздуха и в особенности степень его подвижности. При неподвижном воздухе среда, непосредственно соприкасающаяся со свежеокрашенной поверхностью, насыщается парами растворителей, и процесс сушки замедляется; кроме того, содержание кислорода в этой среде с течением времени уменьшается, что также замедляет процесс пленкообразования.

Чтобы создать условия, при которых окрашенные изделия подвергаются постоянному воздействию повышенных температур при интенсивном движении воздуха, сушку производят в специальных камерах или других сушильных устройствах. Характер физико-химических процессов, происходящих в лакокрасочном слое, и условия, при которых эти процессы протекают особенно интенсивно, определяют и конструкцию сушильных устройств и создаваемый ими тепловентиляционный режим. Правильно организованный процесс сушки на различных его стадиях должен иметь различный тепловентиляционный режим.

При сушке любых видов лакокрасочных материалов в начальной стадии процесса происходит интенсивное испарение растворителей. Поэтому при установлении конструкции сушильных устройств и расчете их тепловентиляционного режима прежде всего необходимо знать скорость испарения растворителей из

лакокрасочного слоя, чтобы правильно рассчитать необходимое количество свежего воздуха.

Значительное влияние на испарение растворителей оказывает и скорость воздушного потока в зоне сушки (рис. 131).

Приведенные кривые дают возможность при расчете камер правильно установить количество подаваемого свежего воздуха,

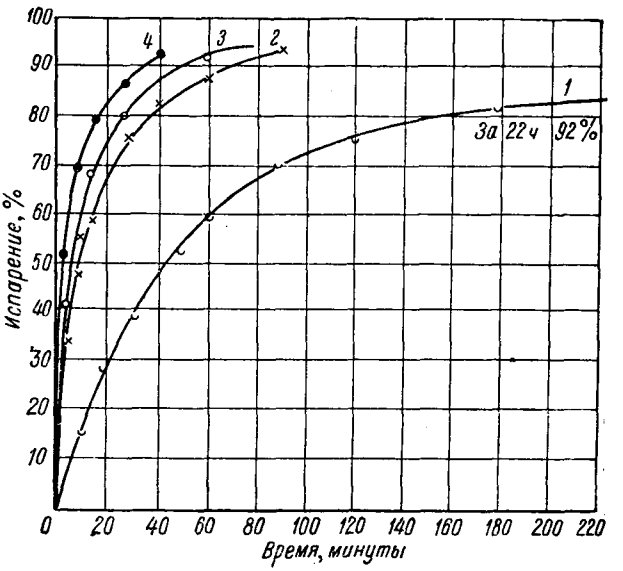


Рис. 131. Интенсивность испарения растворителя в зависимости от скорости воздушного потока:

1 — v=0,0 *м/сек* (в таких условиях за 22 часа испарилось 92% растворителя); *2* — v=0,3 *м/сек*; *3* — v=0,6 *м/сек*; *4* — v=1,2 *м/сек*

обеспечивающего безопасность работы при минимальных расходах тепла на его подогрев.

Еще более важное значение при выборе и расчете сушильных устройств имеет установление оптимальных режимов сушки для разных лакокрасочных материалов. Данные о длительности сушки наиболее употребительных материалов приведены на стр. 567.

Нормально функционирующие сушильные устройства должны быть сконструированы таким образом, чтобы в первой стадии сушки был обеспечен более интенсивный подвод тепла и свежего воздуха, чем во второй.

Для регулировки количества подаваемого для сушки тепла закрытые сушильные устройства оборудуют специальными при-

борами, контролирующими и регулирующими температуру в зоне сушки. Воздействуя на механизмы, регулирующие количество подаваемого теплоносителя, можно всегда поддерживать температуру зоны сушки в пределах, заданных технологическим режимом. Количество же подаваемого свежего воздуха за отсутствием аппаратуры автоматического регулирования практически в процессе сушки не регулируется, а устанавливается оптимально-необходимым и постоянным.

По своей конструкции и принципам действия сушильные устройства весьма разнообразны. Они различаются формами и размерами, способом теплового воздействия на окрашенную поверхность, режимом работы, видом теплоносителя и т. д. Все эти отличия могут иметь разнообразные сочетания, создавая большое количество разновидностей сушильного оборудования.

Наиболее существенным признаком, определяющим характер конструкции и принцип работы сушильных устройств, является способ теплового воздействия на окрашенную поверхность, подвергающуюся сушке. По этому признаку существующие сушильные устройства можно разделить на три класса:

1) конвекционные, с обогреванием окрашенных изделий горячим воздухом;

2) терморадиационные (отражательные), с обогреванием тепловой радиацией;

3) индукционные, с нагреванием индукционными токами.

Каждый из перечисленных классов может также различаться режимом работы, размером и формой сушильного пространства, способом загрузки и выгрузки изделий, видом теплоносителя и нагревательных приборов и т. д. Ниже дается подробное описание наиболее часто применяемых сушильных устройств, а также приводятся рисунки, иллюстрирующие их устройство [1, 2].

2. СУШИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА КОНВЕКЦИОННЫЕ

Этот вид сушильных устройств является наиболее многочисленным, насчитывающим большое количество разновидностей. Они имеют следующие наиболее характерные черты, отличающие их от сушильных устройств двух других классов:

1. Нагревание лакокрасочного слоя осуществляется непосредственной передачей тепла от циркулирующего горячего воздуха.

2. Рабочее пространство, где происходит процесс сушки окрашенных изделий, изолировано от внешней среды теплоизоляционными ограждениями.

Конвекционные сушильные устройства по их конструктивным признакам можно разделить на две категории:

1) камерные периодического действия и 2) тоннельные или коридорные непрерывного действия.

Камерные сушила характеризуются тем, что окрашенные изделия в них загружаются периодически, причем в течение всего процесса сушки они находятся в неподвижном состоянии.

Камерные сушила изготовляют в виде небольших шкафов или в виде одно- и многосекционных камер, размеры и формы которых могут быть самыми разнообразными.

В тоннельных или коридорных сушилах окрашенные изделия загружаются непрерывно и относительно равномерно, причем в процессе сушки они находятся в постоянном или периодическом движении.

Коридорные сушила строятся в виде одно- и многоходовых коридоров с открытыми проемами для загрузки и выгрузки изделий.

В зависимости от принятой организации работ и направления движения окрашиваемых изделий камерные сушила изготовляются тупиковыми или проходными.

Коридорные сушила, как правило, делаются проходными и загружаются обычно конвейерами периодического или непрерывного действия.

Теплоносителем в той и другой категории конвекционных сушил может быть пар, горячая вода, топочные газы, горячий воздух.

Сушильные шкафы. Простейшим типом конвекционных сушил являются сушильные шкафы. Конструктивно они представляют собой небольшие закрытые со всех сторон металлические коробки с открывающимися дверцами для загрузки и выгрузки изделий. Внутри шкаф обычно оборудуется сетчатыми полками, устанавливаемыми в несколько ярусов на полочный стеллаж; на эти полки и загружают подвергающиеся сушке детали или мелкие изделия.

Для нагрева воздуха в шкафах обычно служит электроэнергия, причем нагреватели встраиваются в конструкцию шкафа изолированно от его рабочей зоны. Движение нагретого воздуха принудительное — при помощи вентилятора. В целях экономии тепла осуществляется принцип рециркуляции воздуха.

Шкафы изготовляются одно- и двусекционные, чаще с независимой работой каждой секции.

На рис. 132 представлена типовая конструкция сушильного шкафа для сушки окрашенных мелких изделий в диапазоне температур 80—200°. Шкаф состоит из двух конструктивно одинаковых секций, работающих независимо.

Корпус шкафа состоит из общего сварного каркаса *1*, обшитого внутри и снаружи листовой сталью, с заполнением промежутка между листами шлаковой ватой *2*.

В каждой из секций, в верхней изолированной их части размещается тепловентиляционный центр, состоящий из осевого

вентилятора *5* и электрокалорифера *9*. Обслуживание электрокалорифера осуществляется через дверцу *11*.

Привод к вентилятору *6* размещается на кронштейне, установленном в верхней части корпуса шкафа.

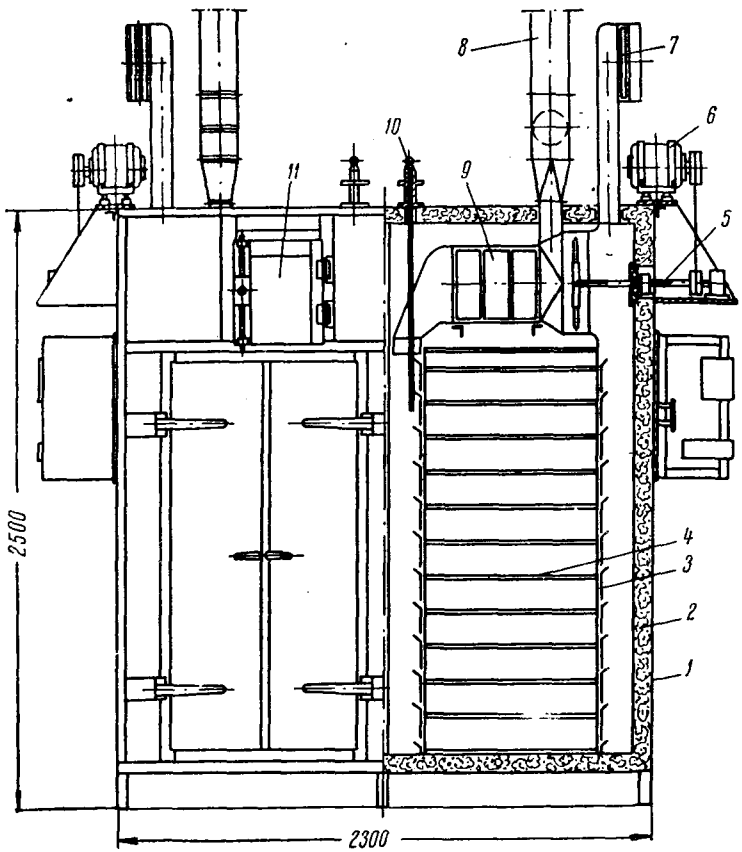


Рис. 132. Двусекционный сушильный шкаф:

1 — сварной каркас; *2* — промежуток, заполненный ватой; *3* — воздухораспределители; *4* — полки; *5* — вентилятор; *6* — мотор; *7* — фильтр; *8* — воздуховод; *9* — электрокалориферы; *10* — термопара; *11* — дверца

В нижней части секции шкафа между двумя щелевыми воздухораспределителями *3* находится сушильное пространство, оборудованное съемными полками *4*, установленными в 12 рядов по высоте, на которые и укладываются подлежащие сушке изделия. С передней стороны в каждой секции шкафа преду-

сматривается двустворчатая дверь для загрузки и выгрузки изделий.

Для обогрева шкафа используется рециркулирующий горячий воздух, подогреваемый от тепловентиляционного центра. Отсасываемый вентилятором через всасывающий воздухораспределитель частично охлажденный воздух нагнетается в электрокалорифер, где нагревается до необходимой температуры и через нагнетательный воздухораспределитель подается между полками, обогревая находящиеся на них изделия. Отдав часть своей теплоты изделиям, воздух снова засасывается вентилятором и так многократно повторяет свой цикл.

Освежение рециркулируемого воздуха осуществляется за счет частичного удаления его в атмосферу по воздуховоду *8* и подсоса в таком же количестве свежего воздуха из помещения с предварительной очисткой его от пыли в висциновом фильтре *7*.

Обогрев каждой секции шкафа производится трехсекционным электрокалорифером с открытыми спиралями из нихрома мощностью $5 \cdot 3 = 15$ *квт*; секции включаются последовательно.

Питание электрокалориферов производится от сети трехфазного тока напряжением 380/220 *в* с включением секций при 220 *в* на треугольник (Δ), при 380 *в* на звезду (Y).

В целях безопасности работы температура спирали не должна превышать 300°. Кроме того, предусматривается электрическая блокировка привода вентилятора с электрокалорифером; последний может включаться только после пуска вентилятора, вентилятор же не может быть включен при работающем электрокалорифере.

При неизменной мощности электрокалорифера в 15 *квт* различные температуры сушки в интервале 80—200° достигаются регулированием весовой загрузки секции окрашенными изделиями, а также при помощи приборов теплоконтроля и автоматического регулирования.

В качестве чувствительного элемента каждая секция шкафа оборудована хромелькопелевой термопарой *10*. Изменение температуры внутри секции воспринимается термопарой, импульс от которой передается на электронный регулятор типа ЭНР-47; при этом контакт электронного регулятора замыкается или размыкается и через промежуточное реле и контактор включает или выключает электрокалорифер.

Сушилки камерные периодического действия. Камерные сушилки являются наиболее универсальной разновидностью сушильных устройств. Они могут применяться для сушки и самых мелких деталей, загружаемых на многоярусных тележках-этажерках, и таких крупных изделий, как паровозы. Поэтому размеры и формы таких сушилок могут быть самыми разнообразными.

Камерные сушилки строят односекционными и многосекционными, тупиковыми и проходными, с паровым и электрическим обогревом.

Загрузка окрашенных изделий в них может производиться ручной укладкой, на тележках или на собственном ходу, если изделие является самоходным. Если изделия целесообразно сушить в подвешенном состоянии, то сушилку оборудуют подвесными монорельсами, по которым и подаются изделия. Тяжелые самоходные изделия можно загружать по рельсовому пути.

Обогрев сушилок в большинстве случаев производится непрерывно циркулирующим горячим воздухом, подогреваемым в выносных калориферах. Иногда обогрев осуществляют комбинированно при помощи внутренних нагревателей и выносных калориферов.

Конструктивно современные камерные сушилки представляют собой закрытые металлические коробки, состоящие из сварного каркаса, обшитого теплоизоляционными панелями, и оборудованные тепловентиляционными центрами.

Каркас сушилки обычно сварной из профилированного железа; его крепят к полу фундаментными болтами.

Панели представляют собой пустотелые металлические щиты с двойными стенками, промежуток между которыми заполнен теплоизоляционным материалом. Для этого чаще всего применяется шлаковая вата, которая имеет достаточно низкий коэффициент теплопроводности, негорюча, легка по весу и недорога по стоимости.

В небольших по размерам сушилках обшивка приваривается к каркасу с одновременным заполнением промежутка шлаковой ватой; в крупногабаритных сушилках с достаточным размером ограждений щиты обычно изготовляют отдельно, а затем монтируют на каркасе. Конструкция каркаса позволяет производить крепление щитов, не прибегая к болтовым соединениям. Это достигается устройством по периметру сушилки как снизу, так и сверху обвязки из швеллеров, между полками которых и закладываются заранее собранные панели. Образующиеся пустоты при стыковании соседних панелей также заполняются шлаковой ватой.

Двери сушилок, через которые производится загрузка и выгрузка изделий, также делают с теплоизоляцией, чтобы наружная сторона их не нагревалась выше 30—40°.

Пол сушилок обычно бетонный с жирной цементной затиркой во избежание выветривания. Если сушилки находятся в промежуточных этажах, то пол рекомендуется закрыть слоем теплоизоляции.

С целью экономии металла, идущего на более ответственные сооружения, можно изготовлять сушилки из кирпича

с облицовкой поверхности стен теплой штукатуркой. Перекрытие в таких сушилках делается из железобетона с засыпкой сверху слоем шлака. Такие сушилки проще в изготовлении и значительно дешевле.

Тепловентиляционные центры в камерных сушилках — выносные; их располагают на полу или на отдельных металлических подставках, конструктивно не связанных с корпусом сушилки. Это делается для того, чтобы возникающие при вращении вентилятора и электромотора вибрации не передавались на корпус сушилки. В кирпичных сушилках тепловентиляционные центры размещают непосредственно на перекрытии с устройством на них специальных набетонок для крепления вентиляторов.

Вентиляторы чаще всего применяются центробежные, как более надежные в эксплуатации, допускающие более широкий диапазон регулировки, чем осевые. При простых сетях воздуховодов, не имеющих больших сопротивлений, можно применять и осевые вентиляторы.

Электромоторы необходимо применять взрывобезопасные.

Калориферы для нагревания циркулирующего воздуха могут быть паровые, водяные, электрические и газовые. Подробное описание их приводится ниже.

Существенное влияние на одновременность, а следовательно и на продолжительность сушки оказывает равномерность температур в сушилке. Система распределения нагретого воздуха должна быть такова, чтобы температура в сушилке была достаточно равномерной. Так как горячий воздух всегда стремится подняться кверху, то в нижней зоне камеры температура может оказаться ниже, если подачу нагретого воздуха производить сверху. Чтобы получить наиболее равномерную температуру, следует горячий воздух подавать в нижнюю зону сушилки, а охлажденный воздух забирать в верхней зоне.

Система воздуховодов, по которым циркулирует горячий воздух, осуществляется таким образом, чтобы после подогревания в калорифере воздух равномерно подавался в нижнюю зону сушилки. Это достигается устройством в нижней зоне сушилки воздухораспределителей, выполненных в виде прямоугольных воздуховодов с отверстиями для выхода воздуха.

Для регулирования подачи воздуха отверстия снабжены задвижками, позволяющими получить равномерную подачу воздуха по всей длине секции камерной сушилки.

При значительной ширине секции воздухораспределители ставятся с обеих сторон, а при небольшой ширине можно подавать воздух с одной стороны секции.

Верхние, всасывающие воздуховоды, которые обычно устанавливаются у потолка, также имеют отверстия, снабженные за-

движками. В небольших сушилках всасывающие воздухораспределители можно не ставить.

Так как в процессе сушки рециркулируемый воздух постепенно обогащается парами растворителей, его необходимо освежать. Поэтому часть рециркулируемого воздуха, обогащенного парами растворителей, по отводному воздуховоду удаляется в атмосферу, а взамен через всасывающий патрубок к рециркулируемому воздуху подмешивается такое же количество свежего воздуха. Количество свежего воздуха, подаваемого в сушилку, зависит от количества выделяющихся паров растворителей и степени взрывоопасности последних.

Значения допустимых концентраций паров разных растворителей при различных температурах сушки приведены на стр. 562.

На рис. 133 показана наиболее типичная разновидность камерной сушилки периодического действия. Она имеет две одинаковые секции и рассчитана на одновременную загрузку двух тележек-этажерок, укомплектованных окрашенными деталями или мелкими изделиями. Корпус камеры выполнен из сварного каркаса, обшитого с наружной и внутренней сторон листовой сталью; промежуток между листами заполнен шлаковой ватой. Внутри каждой секции сушилки с каждой стороны имеются воздухораспределительные коробки, имеющие горизонтальные щели; через одну из них горячий воздух нагнетается в камеру, а через другую отсасывается из камеры.

Между стенками воздухораспределительных коробок размещается сушильное рабочее пространство, куда загружаются тележки.

С передней стороны сушилки имеются две двустворчатые двери для загрузки и выгрузки тележек.

Обогрев камеры осуществляется рециркулируемым горячим воздухом, нагреваемым в выносном паровом калорифере и подаваемым принудительно при помощи вентилятора. Вентилятор и калорифер размещены над камерой на специальной площадке, имеющей самостоятельные опоры.

Горячий воздух, нагнетаемый через щели подающего воздухораспределителя, проходит между полками тележки, обогревая находящиеся на них изделия, и частично охлажденный через щели приемного воздухораспределителя засасывается вентилятором, проходя через калорифер, снова подогревается, — и так многократно повторяет свой цикл.

Освежение рециркулируемого воздуха производится за счет частичного его отвода по воздуховоду в атмосферу и подсасывания в таком же количестве свежего воздуха через висциновый фильтр и патрубок.

Сушилка рассчитана на температурный режим от 60 до 100° при максимальной пропускной способности от 700 до 1000 *кг/час*.

Регулирование температуры сушилки осуществляется автоматическим прибором, воздействующим на клапан, регулирующий подачу пара к калориферу.

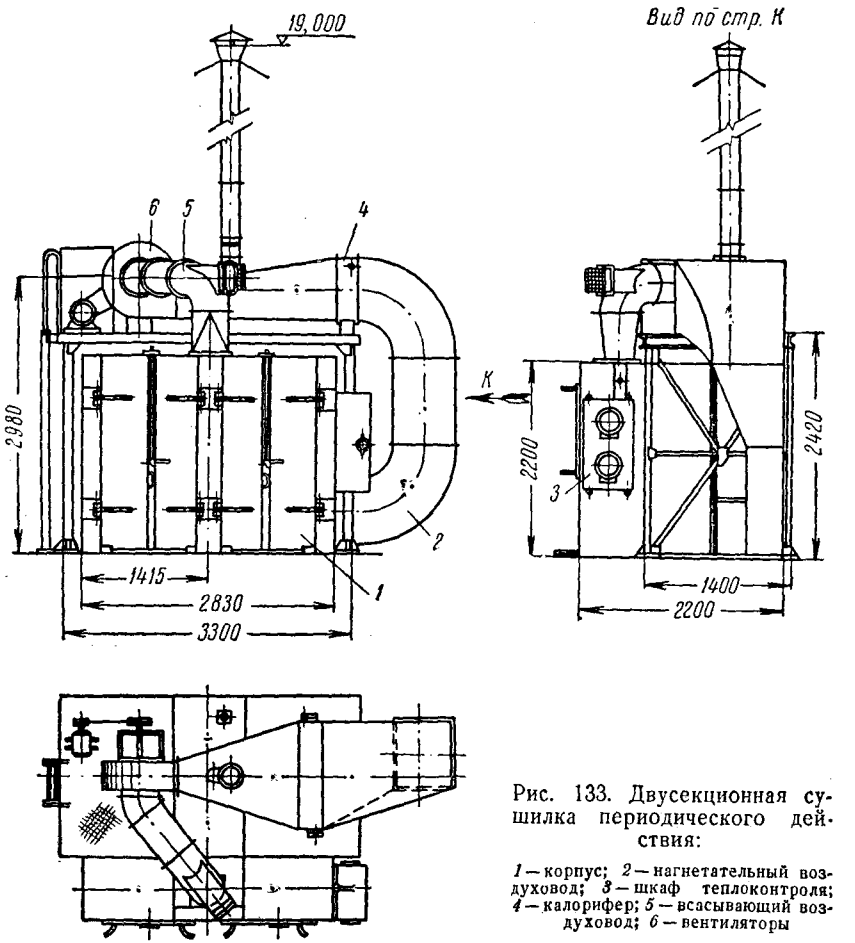


Рис. 133. Двусекционная сушилка периодического действия:

1 — корпус; *2* — нагнетательный воздуховод; *3* — шкаф теплоконтроля; *4* — калорифер; *5* — всасывающий воздуховод; *6* — вентиляторы

Автоматический прибор для регулирования температуры представляет собой термобаллон, соединенный капилляром с пневматическим мембранным механизмом, действующим на паровой клапан.

Все приборы контроля и регулировки температуры размещены в закрытом шкафу, смонтированном на боковой стенке камеры.

Сушилки коридорные непрерывного действия. Этот тип сушилок находит широкое применение в условиях массового производства промышленных изделий, когда окрашивание и сушка производятся поточным методом.

В зависимости от типа транспортных устройств, перемещающих изделия в процессе сушки, применяются различные конструктивные решения сушилок.

Передвижение изделий в процессе окрашивания и сушки может производиться подвесными однониточными и двуниточными конвейерами, пластинчатыми и тележечными конвейерами, штанговыми конвейерами, приводными рольгангами и т. п.

При передвижении изделий подвесными однониточными конвейерами сушилки строятся в виде одно- и многоходовых горизонтальных коридоров. Трасса конвейера внутри сушилки может иметь или один прямой ход, или несколько ходов в прямом и обратном направлениях. Соответственно этому такие сушилки называются или одноходовыми, или многоходовыми. При транспортировке окрашенных изделий двуниточным конвейером трасса конвейера внутри сушилки может иметь горизонтальное или вертикальное направление с одним прямым ходом или несколькими ходами в том и другом направлениях. В первом случае сушилки называются горизонтальными одно- или многоходовыми, во втором случае — вертикальными.

При передвижении окрашенных изделий пластинчатыми, тележечными и штанговыми конвейерами сушилки строятся тоннельными с прямым рабочим ходом конвейера. Иногда такие тоннельные сушила могут соединяться параллельно по нескольку сушилок в один общий блок. Такое соединение уменьшает поверхность ограждений, снижает теплопотери, дает значительную экономию затрат на изготовление сушилок и снижает эксплуатационные расходы.

Основное достоинство сушилок непрерывного действия заключается в возможности сушки в них без остановки для загрузки и выгрузки изделий и в возможности осуществить процесс сушки в полном соответствии с характером процесса высыхания лакокрасочных материалов. Последнее достигается разделением сушилки на три зоны, соответствующие начальному, основному и конечному периоду сушки.

При значительной пропускной способности сушилки первую зону, в которую необходимо подавать большое количество тепла и свежего воздуха, целесообразно отделить от основной зоны сушки перегородкой и оборудовать самостоятельным тепловентиляционным центром. Сушка в этой зоне может производиться при более высокой разности температур входящего и выходящего воздуха, чем в основной зоне сушки.

Во второй — основной — зоне сушки необходимо поддерживать температуру, соответствующую заданному технологическому режиму сушки при оптимальной разности температур входящего и выходящего воздуха.

В третьей зоне необходимо поддерживать пониженную температуру, чтобы разогретое изделие могло охладиться для выполнения последующей операции. В эту зону горячий воздух для подогрева не подается, а понижение температуры достигается за счет притока цехового воздуха через открытый проем сушилки.

Конструктивно зональность сушки достигается устройством двух перегородок, отделяющих первую и третью зону от основной зоны сушки. В одноходовых сушилках такие перегородки делают поперечными с отверстиями для прохода изделия, а в многоходовых горизонтальных сушилках устраивают продольные перегородки, отделяющие частично или полностью первую и третью зону от основной зоны сушки.

При таком конструктивном решении сушилки изделия, подвергающиеся сушке, проходят последовательно все зоны сушки. Сушка производится при оптимальных температурных и вентиляционных режимах, одинаковых для всех изделий.

Одноходовые и многоходовые сушилки непрерывного действия имеют следующие конструктивные элементы: корпус сушилки, тепловентиляционное оборудование, транспортные устройства.

Корпус таких сушилок представляет собой металлический сварной каркас из профилированного железа с обшивкой из металлических панелей. Панели, как и в камерных сушилках, изготовляются в виде пустотелых металлических щитов с двойными стенками, промежуток между которыми заполняется шлаковатой или другим теплоизоляционным материалом. Монтаж таких щитов в коридорных сушилках особенно удобен. По наружному контуру сушилки делается металлический каркас, имеющий снизу и сверху обвязку из швеллеров, поставленных полками навстречу друг другу. Заранее заготовленные панели последовательно закладываются между полками верхних и нижних швеллеров, образуя боковые стены сушилки. Стыки между двумя соседними панелями теплоизолируют так же, как и в камерных сушилках. Потолочное перекрытие сушилки делают из таких же панелей, уложенных тем же способом, как и в боковых стенках. Такая конструкция ограждений коридорных сушилок не нуждается в болтовых соединениях и позволяет произвести монтаж их очень быстро.

К достоинствам таких сушилок следует отнести также возможность быстрого демонтажа их без какого-либо разрушения основных элементов корпуса, что позволяет переносить их с одного места на другое.

По тем же соображениям, как и в камерных сушилках, в коридорных сушилках корпус может также изготовляться из кирпича и железобетона.

Тепловентиляционное оборудование этих сушилок обычно состоит из одного или нескольких вентиляторов с электромоторами и калориферов. Вентиляторы предпочтительнее ставить центробежные низкого давления. Во избежание искрения при возможном касании ротора, последний изготовляют из цветного металла.

Количество и производительность вентиляторов зависят от количества подаваемого в сушилку воздуха, а это, в свою очередь, определяется пропускной способностью сушилок и принятым режимом сушки.

Электромоторы следует выбирать взрывобезопасные.

В зависимости от принятого теплоносителя калориферы в коридорных сушилках могут применяться паровые, водяные, электрические и газовые. При обогреве крупных изделий большого веса целесообразно применять смешанный нагрев, устанавливая, кроме выносных калориферов, внутренние трубчатые нагреватели.

Тепловентиляционные центры следует делать выносными, располагая их на полу или на отдельных площадках над сушилкой. В кирпичных сушилках их можно располагать непосредственно на перекрытии сушилки.

Подача воздуха в сушилку должна производиться по системе воздухопроводов через специальные воздухораспределители. По тем же соображениям, которые были приведены при описании сушилок периодического действия, горячий воздух следует подавать в нижнюю зону сушилки, а для последующего нагревания забирать воздух из верхней зоны, осуществляя принцип поперечного тока.

В тоннельных сушилках иногда целесообразно подавать воздух навстречу движению изделия, т. е. по принципу противотока.

Выбранный принцип подачи воздуха определяет конструкцию воздуховодов и воздухораспределителей.

На рис. 134 представлена сушилка тоннельного типа непрерывного действия, предназначенная для сушки окрашенных тракторов на линии главного сборочного конвейера.

В процессе сушки покрытий движение трактора совершается непрерывно и осуществляется конвейером (на рис. не показан) по специальным направляющим.

Конструктивно сушилка представляет собой прямолинейный тоннель, выполняемый из теплоизоляционных панелей, смонтированных на сварном каркасе из профилированного железа.

Торцевые стенки тоннеля имеют открытые проемы для входа и выхода изделий. Для снижения теплопотерь входной проем перекрывают металлической перегородкой с отверстием,

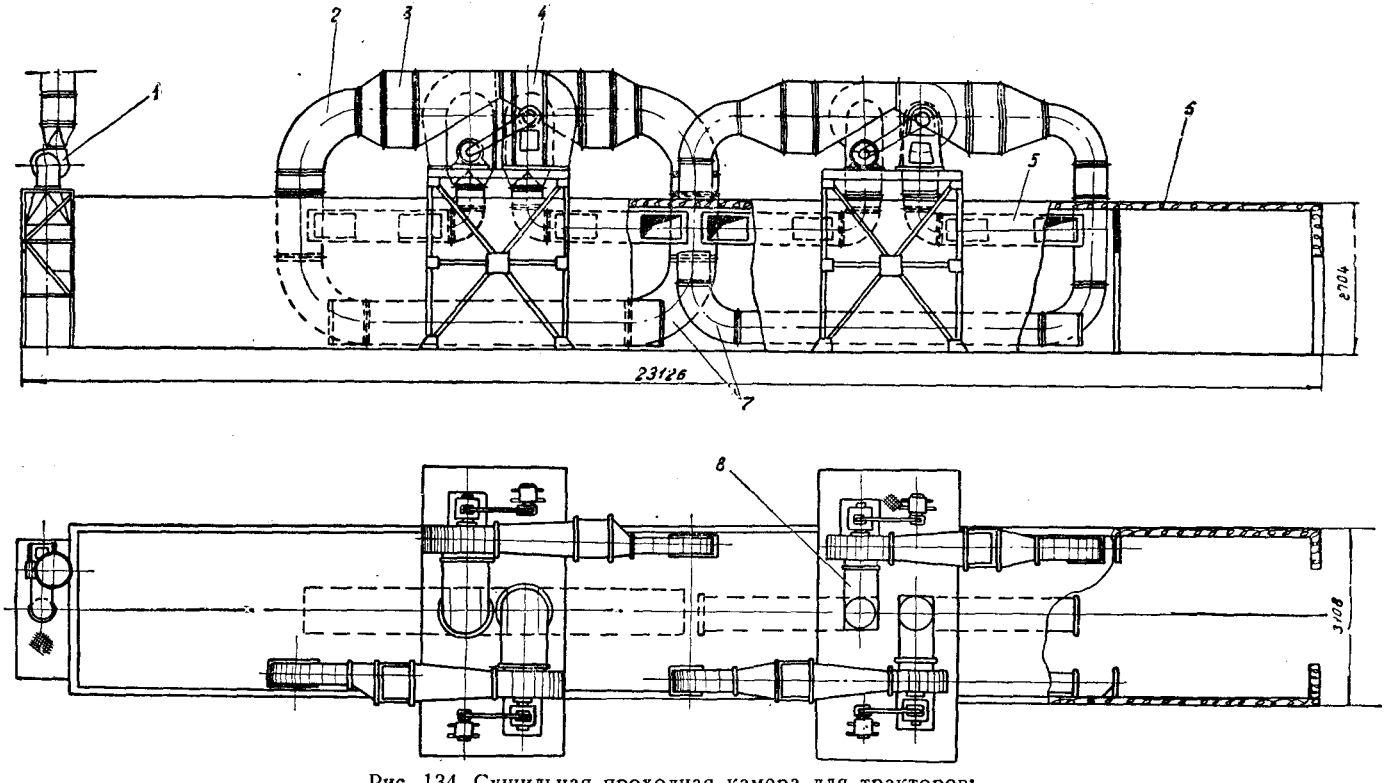


Рис. 134. Сушильная проходная камера для тракторов:

1 — вытяжной вентилятор; *2* — нагнетательный воздуховод; *3* — калорифер; *4* — вентилятор; *5* — всасывающий воздухораспределитель; *6* — теплоизоляционные панели; *7* — нагнетательный воздухораспределитель; *8* — всасывающий воздуховод.

вырезанным по поперечному контуру трактора. На расстоянии 2 *м* от перегородки входного проема поставлена вторая такая же перегородка, образующая как бы тамбур, в котором одна из торцевых стенок всегда перекрыта проходящим трактором. Это значительно снижает живое сечение открытого проема и уменьшает количество выходящего через проем нагретого воздуха и входящего в сушилку холодного воздуха.

Сушилка обогревается рециркулируемым горячим воздухом, подогреваемым в выносных калориферах. Теплоносителем является насыщенный пар давлением 3—4 *ата*.

Сушилка разделена на две зоны, каждая из которых оборудована самостоятельными тепловентиляционными центрами. Первая зона, в которой изделия должны быстро прогреваться, оборудована двумя мощными тепловентиляционными агрегатами, вторая зона — двумя агрегатами меньшей теплопроизводительности.

Чтобы не ставить в первой зоне очень мощных вентиляторов, тепловой перепад в ней следует брать значительно больше, чем во второй зоне, в которой сушка должна производиться при более равномерной температуре.

Подача нагретого воздуха производится по воздуховодам через воздухораспределители, уложенные в нижней зоне вдоль боковых стенок сушилки.

Всасывание воздуха предусмотрено через отверстия прямоугольного воздуховода, расположенного в верхней зоне сушилки.

Для удаления воздуха, насыщенного в процессе сушки парами растворителей, над выходным проемом сушилки предусмотрено всасывающее отверстие, присоединенное к вытяжному центру. Регулирование количества удаляемого воздуха производится при помощи дроссельного клапана, установленного на напорном воздуховоде, соединенном с атмосферой.

Тепловентиляционные центры, состоящие из центробежных вентиляторов низкого давления, приводимых в движение взрывобезопасными электромоторами, и пластинчатых паровых калориферов, смонтированы над камерой на специальных площадках.

3. ТЕРМОРАДИАЦИОННЫЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Этот тип сушильных устройств основан на принципе поглощения окрашенной поверхностью инфракрасных лучей.

Повышение в результате этого температуры окрашенной поверхности вызывает быстрое высыхание лакокрасочного слоя, превращающегося в твердую пленку, которая в большинстве случаев приобретает более высокие физико-механические качества, чем пленка, полученная при конвекционной сушке.

Обыкновенная лампа накаливания до 75% потребляемой энергии преобразуется в инфракрасные лучи и может служить генератором излучения.

Наиболее же эффективными генераторами являются специальные лампы накаливания, нить которых в отличие от обычных ламп, имеющих температуру накала 2920° К, нагревается до 2500° К. Такие лампы до 80—90% потребляемой энергии преобразуют в энергию инфракрасного излучения; светоотдача их в 3 раза ниже, чем осветительных ламп.

Московский электроламповый завод выпускает такие лампы мощностью в 250 и 500 *вт*. Лампы имеют вольфрамовую нить с температурой накала 2500° К. Питание ламп осуществляется от сети переменного тока напряжением 110—127 *в*. Колбы ламп, имеющие или сферическую (для ламп мощностью 250 *вт*), или параболическую форму (для ламп мощностью 500 *вт*), заполнены смесью азота и аргона.

Внутренняя поверхность колбы покрыта тонким слоем серебра, который служит рефлектором. Длина волны максимального излучения у этих ламп $\lambda_{макс.} = 1{,}05$; энергетический к. п. д. равен 0,7.

Основное преимущество таких генераторов излучения заключается в возможности мгновенного их ввода в эксплуатацию без предварительного разогрева и в способности давать большую плотность теплового потока, в десятки раз превышающую плотность при сушке конвекцией.

Установлено, что при сушке тепловой радиацией с нагревом генератора излучения до 800° мощность теплового потока примерно в 70 раз больше, чем при сушке конвекцией при температуре сушки 100° и скорости воздуха 2 *м/сек*.

Это является основным фактором, способствующим быстрому нарастанию температуры облучаемой поверхности и ускорению процесса сушки.

Следует, однако, указать, что при терморадиационной сушке на скорость высыхания оказывает влияние и ряд других факторов.

Существенное влияние оказывает поглощательная способность пигмента; темные пигменты лучше поглощают лучи, чем светлые, и быстрее нагреваются при облучении. Еще более важное влияние на скорость высыхания лакокрасочных покрытий оказывает направление температурного градиента внутри лакокрасочного слоя. Рассмотрим, как протекает процесс пленкообразования при сушке конвекцией и при сушке тепловой радиацией.

На рис. 135 изображена схема процесса сушки при нагревании лакокрасочного слоя инфракрасными лучами. Как видно из рисунка, передача тепла красочному слою в основном происхо-

дит от поверхности изделия. Красочный слой нагревается снизу, и в начальной стадии процесса пары растворителей беспрепятственно уходят в окружающую среду. Проходя из нижней зоны красочного слоя в верхнюю зону, пары растворителей интенсивно прогревают вышележащие слои краски. Таким образом, тепло от нижних нагретых слоев красочного слоя передается к верхним слоям не только конвекцией, но и за счет термодиффузии, что способствует быстрому нагреву всего красочного слоя. При этом

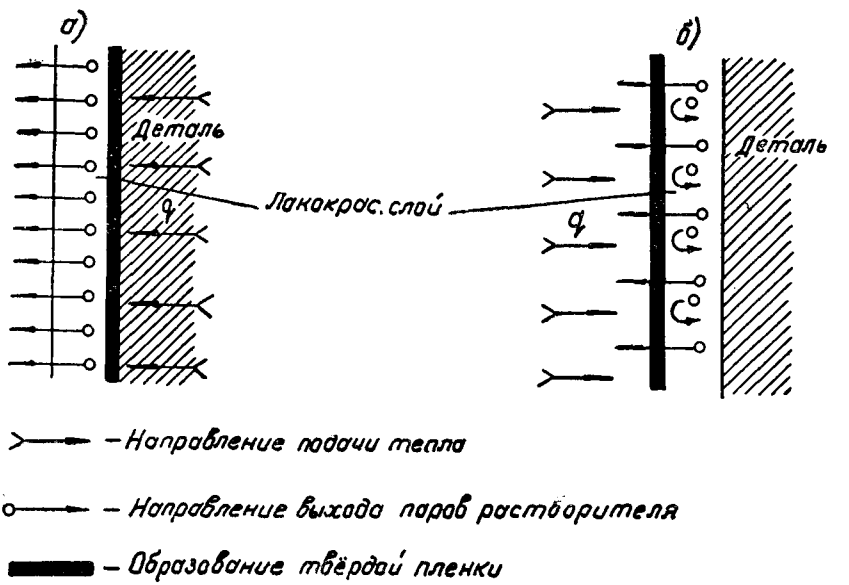


Рис. 135. Схема процесса сушки при нагревании инфракрасными лучами и конвекцией:

а — сушка инфракрасными лучами; *б* — сушка конвекцией

отверждение покрытия начинается с нижней зоны, постепенно продвигаясь к верхней.

Совершенно другая картина получается при сушке красочного слоя конвекцией. В этом случае красочный слой нагревается сверху и на его поверхности образуется твердая корка, препятствующая выходу паров растворителя. Передача тепла от верхней зоны красочного слоя к нижней происходит только за счет теплопроводности, так как конвекционные токи жидкости и явления термодиффузии за счет паров растворителей почти отсутствуют.

Таким образом, ускорение процесса высыхания лакокрасоч-

ных покрытий при терморадиационном нагреве в сравнении с конвекцией обусловлено:

1) более интенсивной передачей тепла от источника нагрева к окрашенной поверхности, подвергающейся сушке;

2) более благоприятными условиями пленкообразования вследствие передачи тепла от нижних слоев лакокрасочного слоя к верхним слоям. Это способствует беспрепятственному выходу паров растворителей.

Интенсивность и равномерность нагревания окрашенной поверхности, подлежащей сушке, зависит:

а) от мощности генераторов излучения;

б) от равномерности распределения теплового потока на облучаемой поверхности;

в) от расстояния генераторов излучения от окрашенной поверхности;

г) от характера облучаемой поверхности.

Первые два условия решаются конструкцией терморадиационных сушил и могут устанавливаться в оптимальных пределах.

Мощность генераторов излучения выбирается в зависимости от режима сушки лакокрасочных материалов. При сушке лакокрасочных материалов темных цветов температура на окрашиваемой поверхности может приниматься выше, чем при сушке материалов светлых тонов.

При сушке лакокрасочных материалов светлого тона малейшее перегревание может привести к пожелтению лакокрасочного покрытия.

Для деревянных изделий этот метод сушки следует применять только при наличии надежно работающих приборов теплоконтроля, автоматически выключающих питание ламп как только температура поверхности изделия окажется выше допускаемой.

В современных установках для сушки лакокрасочных покрытий энергетическая освещенность, т. е. мощность лучистого потока, колеблется от 0,1 до 0,8 *вт/см*^{2} или от 1 до 8 *квт/м*^{2}.

Равномерность распределения теплового потока в сушилках достигается тем, что лампы, являющиеся в них генераторами излучения, устанавливаются в шахматном порядке на небольшом расстоянии друг от друга.

Расстояние генераторов излучения от окрашенной поверхности берется в пределах 150—300 *мм*.

Следует иметь в виду, что при сушке окрашенных изделий сложного рельефа это расстояние будет переменным; а следовательно и высыхание лакокрасочного слоя будет неравномерным. Поэтому для изделий сложной конфигурации при недостаточной равномерности распределения лучистого потока по поверхности окраски этот метод сушки может оказаться неэффективным.

Поверхности, на которые не будут падать инфракрасные лучи, или поверхности, значительно удаленные от генераторов излучения, не будут прогреваться и высыхание лакокрасочного слоя на них будет замедлено.

Значительное влияние на интенсивность и равномерность сушки оказывает и характер окрашенных изделий, подвергающихся сушке. Доказано, что красочный слой, нанесенный на толстостенные металлические изделия, будет высыхать значительно медленнее, чем на изделиях тонкостенных. За счет значительного поглощения тепла толстостенным изделием нарастание температуры на его поверхности будет замедлено.

Приведенная на рис. 136 кривая наглядно иллюстрирует эту зависимость.

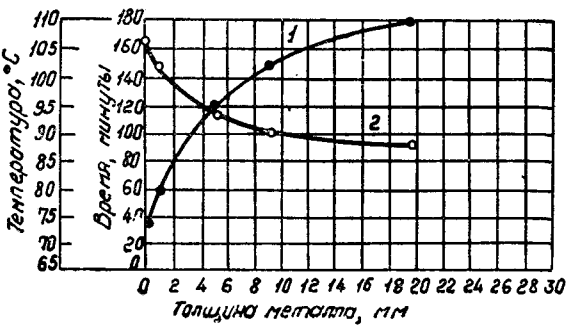


Рис. 136. Зависимость времени и температуры высыхания покрытия от толщины металла в условиях терморадиационной сушки:
1 — высыхание; *2* — температура изделий

Терморадиационные сушилки могут иметь самые разнообразные конструктивные решения. Они могут выполняться в виде легких стационарных или передвижных щитов, стационарных закрытых камер или тоннелей. Опыт эксплуатации открытых щитовых сушилок показывает, что большое количество тепла в них уносится с нагреваемым воздухом, который интенсивно циркулирует вблизи нагретого изделия. Большое количество тепла в таких сушилках теряется также вследствие рассеивания инфракрасных лучей в окружающее пространство, в особенности при сушке поверхностей, имеющих сложную решетчатую форму. Все это побуждает производить экранирование сушилок путем облицовки их листовой обшивкой. Чтобы свести к минимуму рассеивание инфракрасных лучей, обшивку делают из полированного алюминия. При этом инфракрасные лучи, не поглощенные окрашенной поверхностью, падают на алюминиевую облицовку и, отражаясь многократно от ее поверхности, попадают на окрашенную по-

верхность. Это значительно повышает к. п. д. сушилки. Ниже приведены наиболее интересные конструкции терморадиационных сушилок.

На рис. 137 показана передвижная открытая сушилка непрерывного действия, предназначенная для сушки краски на боковых стенках цельнометаллических железнодорожных вагонов. Она представляет собою сборную металлическую конструкцию, состоящую из каркаса *1* с опорной металлической рамой, ходовой части *2* с приводным механизмом, источников облучения *3* и пусковых устройств.

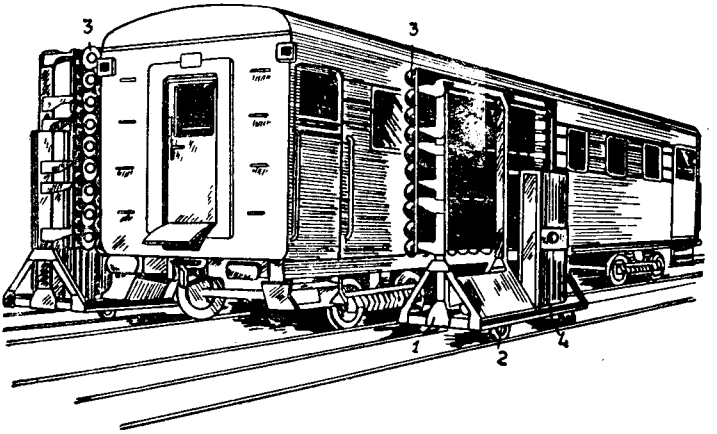
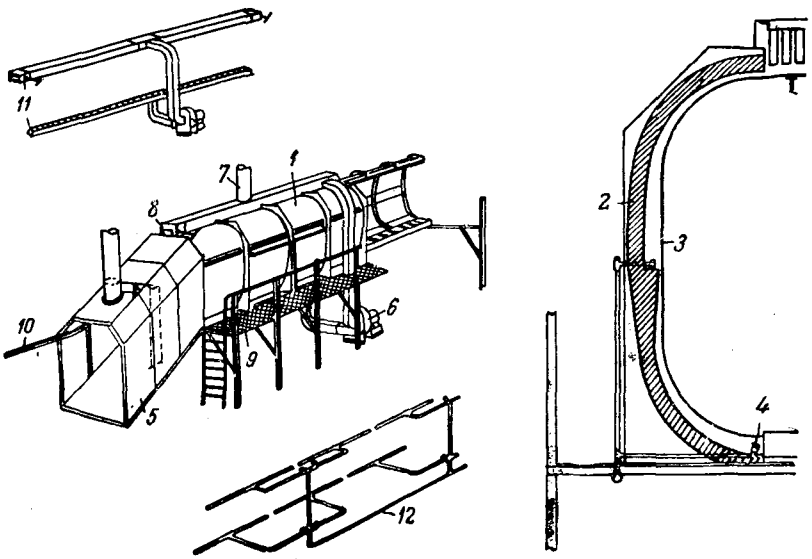


Рис. 137. Передвижная терморадиационная сушилка для железнодорожных вагонов:
1 — каркас; *2* — ходовая часть; *3* — генераторы излучения; *4* — шкаф управления

Каркас из углового железа опирается на массивную раму, на которой смонтирована и вся ходовая часть сушилки. На каркасе, на горизонтальных металлических полосах, укреплены источники облучения. Ходовая часть сушилки состоит из приводного механизма и двух скатов колес, поставленных на рельсы, уложенные сбоку вдоль вагона. Приводной механизм состоит из электромотора, редуктора и системы цепных передач.

Скорость передвижения сушилки и длина активной поверхности облучения определяются расчетом и зависят от длительности высыхания покрытий. Для данного случая активная длина сушилки — 3 *м*, а рабочая скорость передвижения — 0,15 *м/мин*. При передвижении сушилки на холостом ходу скорость может быть увеличена до 5 *м/мин* путем переключения передачи приводного механизма. Длительность высыхания покрытий на одновременно облучаемой поверхности вагона при этом составляет $3 : 0{,}15 = 20$ мин.

Генераторами излучения в сушилке являются лампы, установленные в специальных патронах. Лампы соединены параллельно и сгруппированы в секции, равномерно распределенные на три фазы. Питание ламп производится от шинок, укрепленных изолированно на каркасе сушилки. Расстояние между лампами и облучаемой поверхностью может изменяться в пределах от 150 до



а — поперечный разрез стенки сушилки

Рис. 138. Сушилка терморадиационная с газовым обогревом:

1 — корпус; *2* — теплоизоляционные панели; *3* — поверхности нагрева; *4* — газовые горелки; *5* — наклонный тамбур сушилки; *6* — вентиляционный агрегат для рециркуляции воздуха; *7* — выход отработанной газовоздушной смеси; *8* — отверстие с шибером для всасывания свежего воздуха; *9* — площадка для наблюдения за работой горелок; *10* — монорельс конвейера; *11* — схема рециркуляции воздуха; *12* — схема включения горелок

300 *мм* путем перестановки металлических полос, на которых смонтированы лампы.

Питание к лампам и электродвигателю приводного механизма подается от цехового распределительного пункта через гибкий кабель (на рисунке не показан) и шкаф управления *4*, смонтированный на каркасе сушилки.

Управление электродвигателем осуществляется при помощи реверсивного магнитного пускателя, расположенного в шкафу управления. Для ограничения движения сушилки предусмотрены концевые выключатели.

Значительный интерес представляют терморадиационные сушилки с газовым обогревом. Величина и форма таких сушилок могут быть самыми разнообразными. Источниками облучения

служат специальные отражатели с газовым обогревом или непосредственно стенки сушилки, нагреваемые газом до красного каления.

На рис. 138 представлена тоннельная сушилка непрерывного действия, внутренние стенки которой нагреваются газовыми горелками до темно-красного каления.

Корпус сушилки *1* состоит из отдельных секций, расположенных на некоторой высоте над уровнем пола, и имеет два наклонных тамбура *5*, являющихся тепловым затвором, препятствующим выходу горячего воздуха через открытые проемы. Для уравнивания температуры в различных зонах сушилки предусмотрен вентиляционный центр *6*, осуществляющий интенсивную рециркуляцию воздуха. Для отвода части воздуха, загрязненного парами растворителей, служит воздуховод *7*, соединенный с атмосферой. Свежий воздух может подсасываться через отверстие всасывающего воздуховода *8*.

Следует указать, что газовое обогревание источников облучения значительно дешевле, чем обогревание электричеством, и является перспективным.

4. ИНДУКЦИОННЫЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Нагревание металлов индукционными токами высокой частоты получило в промышленности самое широкое распространение. Оно успешно применяется для плавки металлов, для термической обработки металлорежущего инструмента, для поверхностной закалки массивных стальных изделий и т. д.

Использование этого метода нагревания для сушки окрашенных поверхностей до сих пор еще не получило широкого практического применения, хотя возможность и целесообразность его применения практически доказана.

Сущность этого метода заключается в том, что при пропускании тока большой силы и высокой частоты через контур проводника внутри контура создается мощное быстропульсирующее магнитное поле; если в это поле поместить железный предмет, то за счет индуктируемых в нем вихревых токов можно нагреть его до любой практически необходимой температуры. При нанесении на этот предмет лакокрасочного материала происходит быстрое его нагревание благодаря передаче тепла от нагретого предмета к слою краски.

Прогрев лакокрасочного слоя идет снизу вверх, что, как было указано выше, создает более благоприятные условия высыхания лакокрасочной пленки.

Нагрев производится при нахождении окрашенного металлического изделия внутри контура проводника, по которому пропускали ток с частотой 600—800 пер/сек. и выше.

Создаваемое при этом внутри контура проводника быстро пульсирующее магнитное поле возбуждает в нагреваемом изделии вихревые токи, в результате чего температура изделия равномерно повышается.

Продолжительность сушки черных лаков при 280° сокращается до 3—5 мин.

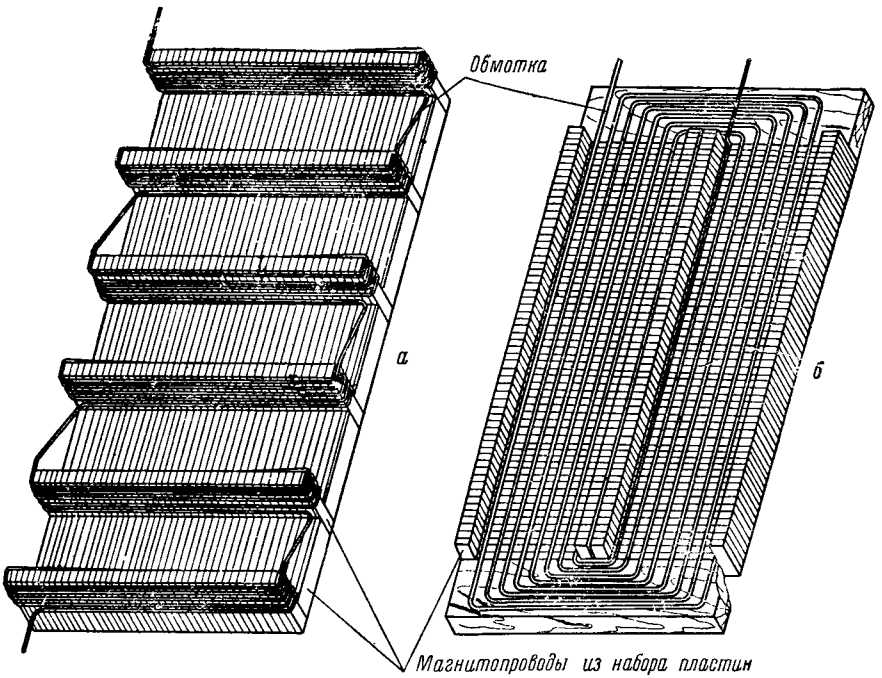


Рис. 139. Индукторы:

а — индуктор с сосредоточенной обмоткой; *б* — индуктор с распределительной обмоткой и явно выраженным полюсом

Твердость, водостойкость и стойкость к минеральному маслу у пленок, подвергавшихся индукционной сушке, оказалась выше, чем у пленок, высушенных в термостате.

Сушка токами промышленной частоты. Сушка осуществляется электроэнергией от сети переменного тока напряжением 220—380 *в*; преобразователи частоты тока при этом не требуются. Нагрев изделий производится за счет вихревых токов, возбуждаемых плоским индуктором, устанавливаемым на небольшом расстоянии (10 *мм*) от нагреваемой поверхности [8].

Опыты показали, что при нагревании токами промышленной частоты ферромагнитных материалов до относительно невысоких

температур индуктируемые вихревые токи почти полностью затухают на глубине 2 *мм*. Нагрев более глубоких слоев металла происходит только за счет теплопроводности.

Индукторы, являющиеся основными элементами установок для сушки ТПЧ, состоят из магнитопровода и обмотки. Обмотка может укладываться на поверхности магнитопровода или вокруг его полюсов. В первом случае обмотка называется «распределенной», во втором случае «сосредоточенной». Индукторы с сосредоточенной обмоткой следует применять только для местного нагрева отдельных выступающих участков окрашенных изделий. На рис. 139 показаны индукторы той и другой формы.

Сушильные установки с применением ТПЧ с успехом используются для сушки окрашенных контейнеров, цельнометаллических вагонов и т. п. Установка для сушки лакокрасочных покрытий цельнометаллических вагонов состоит из следующих основных элементов:

1) кассет с набором нагревательных секций с индукторами для сушки боковых и торцевых стенок вагона;

2) пневматического оборудования для подвода и прижатия кассет к стенкам вагона, а также для отвода их в период передвижения вагона;

3) механизмов для подъема вагона в фиксированное положение по высоте для совмещения выступающих гофр вагона с выемками в нагревательных секциях;

4) электролебедки для передвижения вагона;

5) электрической части установки, включающей сеть питания, распределительное электрооборудование, статические конденсаторы и др.

Сушка окрашенного вагона производится в следующей последовательности.

Загрунтованный или зашпатлеванный вагон при помощи электролебедки подается на место сушки и фиксируется механизмом автоматической остановки. Затем кузов вагона при помощи четырех электрических домкратов поднимается на определенную высоту для совмещения гофр вагона с выемками нагревательных секций. Включением пневматических механизмов кассеты перемещаются на роликах по поперечным двутавровым балкам и прижимаются к стенкам вагона. Упоры, имеющиеся на кассетах, позволяют иметь необходимый зазор между стенкой вагона и поверхностью нагревательных секций.

Наивыгоднейшая величина зазора 10 *мм*.

После установки кассет к ним подается питание от сети напряжением 380/220 *в*. Для регулирования режимов сушки в сети имеется регулятор напряжения (автотрансформатор). Нагреватели разделены на две группы; одна обслуживает правую, а вторая левую сторону вагона.

Каждая группа подключена к отдельному контактору и имеет самостоятельное управление.

Опыт эксплуатации установки показал, что сушку лакокрасочных покрытий выгоднее производить с перерывами. * После нагрева поверхности вагона до необходимой температуры нагревательные секции отключаются, а после небольшого перерыва снова включаются. Повторяя такое включение и выключение несколько раз, вагон удается высушить за 45—60 мин. при минимальных расходах электроэнергии. Расход электроэнергии на 1 $м^2$ поверхности практически составляет 0,6—0,9 *квт-ч*.

При поверхности вагона 100 $м^2$ и общей длительности включения нагревательных секций 10 мин. установленная мощность составит

$$N = \frac{100 \cdot (0{,}6 \div 0{,}9) \cdot 60}{10} = 360 - 540 \text{ квт}$$

Сравнительные испытания физико-механических свойств лакокрасочных покрытий, полученных при сушке конвекцией, инфракрасными лучами и индукционной сушке, показали, что при сушке ТПЧ покрытия получаются вполне качественными, не уступая по свойствам покрытиям, полученным при сушке другими методами.

Следует, однако, указать, что такие установки доступны лишь крупным предприятиям, обладающим достаточными резервами электрической мощности. Единовременные затраты на строительство такой установки также очень высоки. Поэтому такой метод сушки нельзя считать универсальным и следует применять в следующих случаях:

1) при сушке окрашенных изделий из листовой стали, имеющих незначительный рельеф поверхности;

2) при необходимости максимального сокращения времени сушки при температурах, превышающих 100°;

3) при сушке покрытий на толстостенных металлоемких изделиях.

5. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Как уже указывалось, наиболее эффективным средством ускорения высыхания лакокрасочных покрытий является повышение температуры сушки.

Следует, однако, иметь в виду, что при применении масляных покрытий под влиянием высокой температуры изменяется цвет олифы, следовательно может изменяться и цвет покрытия. Поэтому при необходимости сохранить неизменными светлые тона покрытий высокотемпературную сушку применять не следует.

* Такой прием *пульсирующей подачи* теплоносителя дает значительный экономический эффект также и при других способах, в частности терморадиационном.

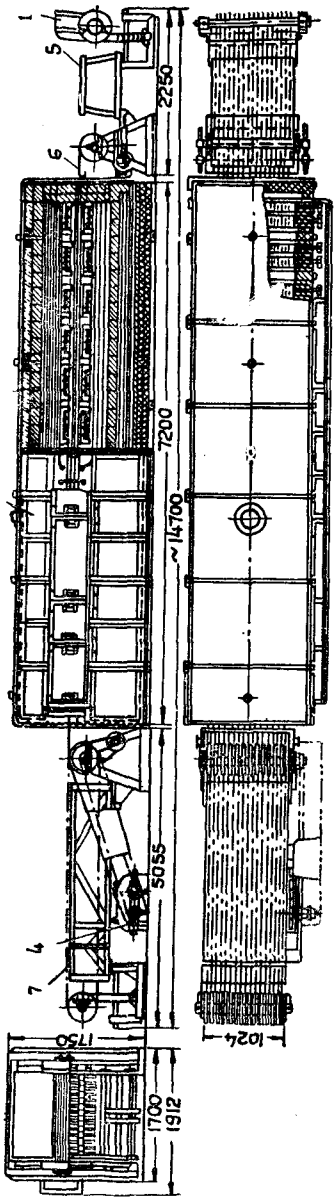


Рис. 140. Высокотемпературная окрасочно-сушильная установка для листов железа:
1 — валики для окраски; *2* — корпус сушилки; *3* — нагревательные приборы; *4* — привод конвейера; *5* — подставка; *6* — конвейер сушильной камеры; *7* — конвейер зоны охлаждения

При высокотемпературной сушке промышленных металлических изделий необходимо учитывать возможность их деформации, а также влияние высоких температур на механические свойства изделия.

Получение высоких температур достигается применением электричества или газа, при этом поверхности нагревательных приборов должны иметь температуру порядка 800—1000°. При таких температурах металлические поверхности нагревательных приборов будут интенсивно излучать инфракрасные лучи и, следовательно, сушка окрашенных изделий при прямом воздействии инфракрасных лучей будет производиться главным образом за счет облучения последними и в меньшей степени — за счет конвекции.

Высокотемпературные сушильные устройства конструктивно мало отличаются от конвекционных. Основное отличие их заключается в конструкции нагревательных приборов и в характере и толщине теплоизоляции. При наличии открытых проемов в случае непрерывной подачи изделий в сушилку должны быть приняты меры к снижению теплопотерь через проемы, так как при высоких температурах сушки они могут быть весьма значительны. Это может быть достигнуто устройством тамбуров, поперечных диафрагм и т. п.

На рис. 140 представлена большая промышленная окрасочно-сушильная установка.

Установка служит для сушки лакированного динамного железа при 500—600°. Она обслуживается двуниточным конвейером *6*, на который укладываются листы железа. Нагревательными приборами служат открытые спирали *3*, намотанные на фарфоровые сердечники. Приборы расположены в нижней зоне сушилки. Холостая ветвь конвейера проходит под сушилкой. Регулировка температуры в заданных пределах производится автоматически при помощи температурного реле, выключением отдельных нагревательных элементов.

Наблюдения за ходом процесса сушки показывают, что в момент поступления свежеокрашенных листов в зону высоких температур интенсивно испаряющиеся пары растворителей вспыхивают на поверхности изделий и быстро сгорают. Теплота, образующаяся в результате сгорания растворителей, используется для повышения температуры рабочей зоны сушилки. Так как продолжительность их горения открытым пламенем измеряется секундами, а весь процесс сушки длится 1,5—2 минуты, то самовоспламенения пленки не наблюдается, и процесс пленкообразования протекает нормально. Пленка получается очень твердой и отвечает всем техническим требованиям.

Общая мощность нагревательных приборов сушилки — 180 *квт*.

Сушильные устройства, потребляющие столь значительные мощности, возможны только на крупных предприятиях, имеющих большие резервы электрических мощностей. Поэтому при применении высокотемпературных сушильных камер следует переходить на газовый обогрев описанными выше нагревательными устройствами (стр. 485—486).

6. ВЫБОР ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Выбор теплоносителя. Для подогрева описанных выше сушильных устройств могут служить: 1) пар или горячая вода; 2) электроэнергия; 3) горючие газы.

Выбор теплоносителя в конкретных производственных условиях зависит от температурных режимов сушки, диктуемых технологическими требованиями, и видов теплоносителя, которыми располагает данное предприятие.

Для большинства лакокрасочных материалов оптимальные температурные интервалы сушки лежат в пределах 80—130°. Расширение этого интервала может вызываться лишь особыми условиями, вытекающими из свойств лакокрасочных материалов или из необходимости максимального ускорения процесса сушки.

При температурах сушки до 110° может быть выбран любой из перечисленных выше теплоносителей, учитывая лишь имеющиеся на предприятии виды тепловой энергии и их стоимость. В большинстве случаев наиболее низкую стоимость имеет пар или горячая вода, наиболее высокую — электроэнергия.

Однако при выборе того или иного теплоносителя нельзя игнорировать и многие другие факторы — условия эксплуатации сушильных устройств, безопасность работы, легкость регулировки температур и т. д.

Учитывая все эти факторы, надо при выборе теплоносителя руководствоваться следующими правилами:

1. В тех случаях, когда по технологическим требованиям температура сушки должна быть в пределах 50—110° и нет особых причин, вызывающих необходимость максимального сокращения длительности сушки, — теплоносителем должен служить пар.

2. Если по технологическим условиям температура сушки должна быть выше 110° или необходимо максимально сократить длительность сушки, в качестве теплоносителя следует выбрать электроэнергию.

3. Горючие газы надо применять только в том случае, если другие виды теплоносителя совершенно отсутствуют; при этом должны быть приняты меры пожарной безопасности.

Выбор конструкции нагревательных приборов определяется видом теплоносителя, местом установки и другими факторами. Если теплоносителем служит пар или горячая вода, то в качестве воздухонагревателей применяют пластинчатые и лепестковые калориферы, гладкотрубные нагреватели, ребристые и гладкие трубы и т. п.

На рис. 141 изображен один из наиболее часто применяемых видов таких нагревателей — паровой пластинчатый калорифер. Его устройство ясно из рисунка.

Электрические воздухонагреватели в большинстве случаев делаются в виде открытых спиралей или в виде закрытых трубчатых нагревателей, в которых спираль изолирована от воздуха, подогревающего окрашенные изделия.

Воздухонагреватели делают выносными и устанавливают на рециркуляционных сетях с принудительной продувкой их воздухом, в котором содержание паров растворителей не должно превышать установленных норм. Температура нагревания спиралей при установке их в обычных конвекционных сушилках при продувке не должна превышать 250—300°. При установке спиралей в высокотемпературных сушилках температура их может достигать 800—1000°. В этом случае имеются особые условия сушки, рассчитанные на сгорание паров растворителя, совершенно исключающие возможность образования взрывоопасных концентраций.

Выносные спиральные воздухонагреватели могут изготовляться в виде металлических коробок с теплоизоляционными стенками и открытыми по торцам проемами, куда присоединяются раструбы рециркуляционных систем. Спирали, рассчитанные на нагревание до 250—300°, наматывают между противоположными стенками коробки на изоляторы. Концы спиралей выводят наружу и размещают в герметической клеммовой коробке, куда подводят и наружные провода, по которым подается питание калориферу.

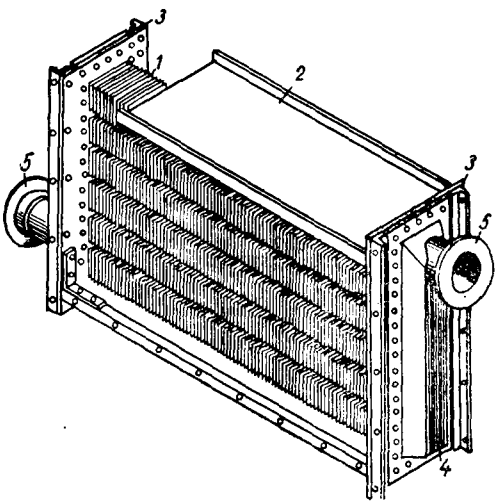


Рис. 141. Воздухонагреватель паровой:

1 — секции калорифера; *2* — облицовочные листы; *3* — трубные доски; *4* — крышка; *5* — фланцы для присоединения паропроводов

На рис. 142 представлена конструкция электрокалорифера с открытыми спиралями. Он состоит из трех параллельно включенных секций мощностью по 5 *квт* каждая. Меняя мощность секций и включая такие калориферы по нескольку штук последовательно и параллельно, можно иметь нагревательные установки различной мощности. В справочной таблице приводятся подробные характеристики таких электрокалориферов.

Образец воздухонагревателей, собранных из трубчатых элементов, показан на рис. 143. Каждый элемент представляет собою металлическую трубку диаметром 12—14 *мм*, в центре которой по всей ее длине расположена нихромовая спираль. Все свободное пространство внутри трубки заполняют чистым сухим кварцевым песком. Чтобы создать сплошную монолитную массу без воздушных промежутков, трубку обжимают на специальном

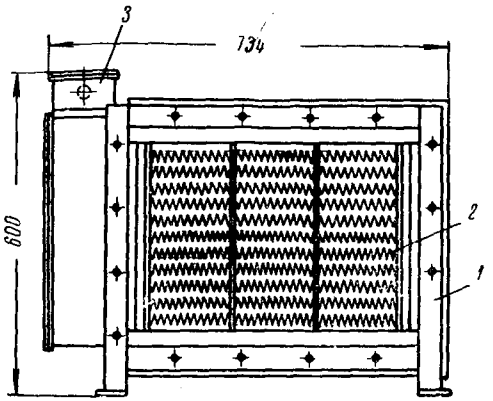


Рис. 142. Электрокалорифер с открытыми спиралями:

1 — корпус; *2* — секция с нагревательными элементами (спиралями); *3* — коробка ввода

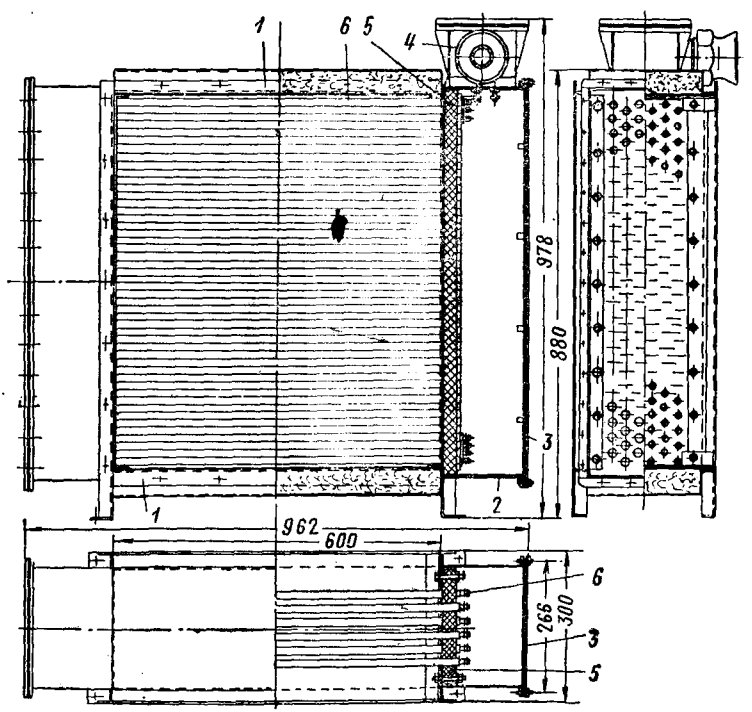


Рис. 143. Воздухонагреватель трубчатый:

1 — каркас; *2* — клеммовая коробка; *3* — крышка; *4* — вводная коробка; *5* — трубная доска; *6* — нагревательный элемент

станке, что повышает коэффициент теплопроводности песчаного слоя. Концы спиралей присоединяют к изолированным от трубки медным сердечникам, выходящим наружу и являющимся клеммами элемента, к которым подводят питание.

Трубчатые элементы монтируют в трубные доски в 3—6 рядов и закрывают с двух сторон теплоизолирующими стенками, а со сторон, куда выводят клеммы нагревателей, — герметическими коробками *2*. К торцевым отверстиям воздухонагревателя присоединяются раструбы рециркуляционной системы. Трубчатые элементы рассчитаны на напряжение 55 *в* и включаются последовательно или по четыре при напряжении сети 220 *в*, или по две при напряжении сети 110—127 *в*.

7. ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СУШИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Расчет конвекционных сушилок

При расчете камер для сушки лакокрасочных материалов определяется:

1) количество тепла, расходуемое в процессе сушки окрашенных изделий;

2) воздухообмен в сушилке, обеспечивающий нормальное течение процесса сушки и гарантирующий безопасность работы;

3) тепломощность нагревательных приборов, компенсирующая все теплопотери и обеспечивающая расчетную температуру сушилки;

4) производительность вентиляционных центров и мощность их приводов [3—7].

Тепловые потери

Тепловые потери в конвекционной сушилке периодического действия складываются из:

W_1 — потерь тепла через внешние ограждения,

W_2 — потерь тепла на нагревание окрашенных изделий и транспортных средств,

W_3 — потерь тепла на нагревание краски и испарение растворителя,

W_4 — потерь тепла на нагревание свежего воздуха, подаваемого взамен выбрасываемого загрязненного.

Количество тепловых потерь через внешние ограждения зависит от конструкции последних. Чтобы потери тепла были минимальными, ограждения должны обладать высокими теплоизоляционными качествами. Однако чем выше эти качества, тем больше расходуется выбранного теплоизоляционного материала и тем дороже стоит сушилка. Поэтому конструкция ограждений должна обеспечивать не максимальное, а оптимальное термическое сопротивление. Наиболее правильным критерием для определения толщины теплоизоляции является наружная температура ограждений сушилки, которую выбирают в пределах 25—30°. Такая температура ограждений снаружи безопасна для окружающих и получается при наивыгоднейшей толщине теплоизоляции.

Ограждения сушилок могут выполняться из самых разнородных материалов. Часто конструкция ограждений предрешается характером имеющихся на предприятиях местных материалов. При выборе конструкций ограждений следует иметь в виду, что в камерах для сушки окрашенных изделий, которые обычно обогреваются интенсивно циркулирующим горячим воздухом, должно быть совершенно чисто. Наличие пыли и грязи неизбежно вызовет оседание последних на красочный слой и ухудшит внешний вид покрытия.

Поэтому наиболее целесообразно такие сушилки делать с металлическими ограждениями с прослойкой тепловой изоляции.

Следует, однако, указать, что необходимость экономии дефицитных металлов вынуждает прибегать и к устройству сушилок из кирпича и железобетона. Чтобы поверхность стен внутри сушилок не выветривалась, их покрывают слоем теплой штукатурки и окрашивают битумным лаком с алюминиевой пудрой.

Как уже указывалось, в металлических сушилках наибольшее распространение получили ограждения в виде пустотелых металлических щитов с двойными стенками, пространство между которыми заполняется теплоизоляционным материалом. В качестве такой изоляции может применяться шлаковая или стеклянная вата, а также другие изоляционные материалы, близкие им по свойствам. Эти материалы не только обладают высокими теплоизоляционными качествами, но и являются, кроме того, не горючими, что имеет для окрасочных цехов очень важное значение.

При температурах сушки до 120° толщину слоя шлаковой ваты для стен и потолка принимают в 80 *мм*, для дверей в целях их облегчения — 60 *мм*.

Полы в сушилках при расположении их в первом этаже здания делают бетонные. При размещении сушилок в верхних этажах здания полы рекомендуется изолировать утепленной обмазкой.

Тепловые потери через ограждения сушилки определяют по формуле

$$W_1 = FK(t_2 - t_1) \text{ ккал/час}$$

где F — площадь ограждений, $м^2$,

K — коэффициент теплопередачи ограждения, *ккал/час · м² · град*

t_2 — расчетная температура камеры, °С.

t_1 — расчетная температура помещения, °С.

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_{вн}} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_н}} \text{ ккал/час} \cdot м^2 \cdot \text{град}$$

где $a_{вн}$ — коэффициент теплоперехода (тепловосприятия) от среды внутри сушилки к внутренней стенке ограждения,

$a_н$ — коэффициент теплоперехода (теплоотдачи) от наружной поверхности стенки в окружающую среду,

δ — толщина каждого из слоев теплоизоляции, *м*,

λ — коэффициент теплопроводности материала каждого слоя, *ккал/час · м² · град.*

Пользуясь табличными данными, легко определить значение K. Для сушилок, имеющих ограждения из пустотелых металлических щитов, изготовленных из листового железа толщиной 1 *мм* с прослойкой из шлаковой ваты толщиной 80 *мм*

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7{,}5} + \frac{0{,}001 \cdot 2}{45} + \frac{0{,}080}{0{,}08} + \frac{1}{12}} = 0{,}8 \text{ ккал/час} \cdot м^2 \cdot \text{град}$$

где 7,5 — коэффициент тепловосприятия внутренней стенки сушилки,

12 — коэффициент теплоотдачи внешней стенки сушилки,

45 — коэффициент теплопроводности железа,

0,08 — коэффициент теплопроводности шлаковой ваты

Тепловые потери на нагревание окрашенных изделий и транспортных средств находим по формуле

$$W_2 = G_{изд} C (t_2 - t_1) + G_{тр} C (t_2 - t_1) \text{ ккал/час}$$

где $G_{изд}$ и $G_{тр}$ — вес изделий и вес транспортных средств, загружаемых в сушилку, *кг/час*,

C — теплоемкость материала изделий и транспортных средств, *ккал/кг* · °С,

t_1 и t_2 — температура изделий и транспортных средств до и после их нагревания, °С.

Тепловые потери на нагревание краски и испарение растворителя определяем по формуле

$$W_3 = G_к C_к (t_2 - t_1) + G_р q \text{ ккал/час}$$

где $G_к$ — вес краски, загружаемой в сушилку на поверхности изделий, *кг/час*,

$C_к$ — теплоемкость краски, *ккал/кг* · °С,

t_1 и t_2 — температура краски до и после нагревания, °С,

$G_р$ — вес растворителя, содержащегося в загруженной краске, *кг/час*,

q — теплота испарения растворителя, *ккал/кг* (для лакового бензина $q = 90$, для скипидара $q = 70$).

Тепловые потери на нагревание свежего воздуха определяем по формуле

$$W_4 = G_в C_в (t_2 - t_1) \text{ ккал/час}$$

где $G_в$ — количество свежего воздуха, поступающее в сушилку в течение часа, *кг*,

$C_в$ — тепломкость воздуха, *ккал/кг* · °С,

t_1 и t_2 — температура воздуха до и после нагревания.

Количество свежего воздуха определяем по допустимой концентрации паров растворителя в сушилке. Чтобы работа сушилки была совершенно безопасной, образующиеся в процессе сушки пары растворителей необходимо удалять. Практически это производится удалением части рециркулируемого воздуха в атмосферу. Взамен этого воздуха в сушилку подается такое же количество свежего воздуха путем подмешивания его к рециркулируемому воздуху.

Допустимые концентрации паров растворителя (в *г/м*³) в рециркулируемом воздухе при температуре нагревательных поверхностей не выше 300° можно принимать в следующих пределах:

Температура сушки, °С	Концентрация паров растворителя
250—200°	0,5—1
200—150°	1 —2
150—100°	2 —4
100— 75°	4 —5
75— 40°	5 —10

Общая сумма потерь тепла в сушилке составляет

$$\sum W = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) K$$

где K — поправочный коэффициент, учитывающий потери тепла через неплотности, стенки воздуховодов, вентилятор и т. д. Значение K принимают от 1,1 до 1,2 в зависимости от количества неучтенных теплопотерь.

Если подмешивание свежего воздуха при выносном тепловентиляционном центре производится через отверстие всасывающего воздуховода перед вентилятором, то методически правильнее расход тепла на его подогревание не включать в сумму теплопотерь в сушилке, а учитывать при выборе калорифера путем снижения температуры смеси воздуха, поступающего в калорифер.

Температура смеси рециркулируемого и холодного воздуха определяется по формуле

$$t_{см} = \frac{G_р t_р + G_с t_с}{G_р + G_с} \cdot °C$$

где $G_р$ и $G_с$ — весовое количество рециркулируемого и свежего воздуха, *кг*,
$t_р$ и $t_с$ — температура рециркулируемого и свежего воздуха, °С.

При подборе калорифера среднюю температуру воздуха, проходящего через калорифер, принимают равной полусумме температур смеси и выходящего из калорифера воздуха.

На основании сделанного расчета теплопотерь составляется тепловой баланс сушилки (табл. 68).

ТАБЛИЦА 68

Тепловой баланс сушилки

Статьи расхода тепла	Числовое значение	Статьи прихода тепла	Числовое значение
Потери тепла через внешние ограждения	W_1	Поступление тепла с нагретым воздухом	ΣW
Потери тепла на нагревание изделий и транспортных средств	W_2		
Потери тепла на нагревание краски и испарение растворителя	W_3		
Потери тепла на нагревание свежего воздуха . .	W_4		
Прочие потери тепла . . .	$W_п$		
Итого . . .	ΣW	Итого . . .	ΣW

Определение производительности и мощности приводов тепловентиляционных агрегатов сушилки

Количество рециркулируемого горячего воздуха определяем по формуле

$$Q_{рец} = \frac{\Sigma W}{C(t_2 - t_1)} \quad кг/час$$

где ΣW — общая сумма потерь тепла в сушилке, *ккал/час*,
C — уд. теплоемкость рециркулируемого воздуха, *ккал/час* · °С,
t_1, t_2 — температура воздуха при входе в сушилку и выходе из нее, °С.

Разность температур $t_2 - t_1$, или тепловой перепад в сушилке, берут с таким расчетом, чтобы температура сушки была по возможности равномерной. При этом, однако, надо иметь в виду, что чем меньше тепловой перепад, тем больше количество рециркулируемого воздуха (см. формулу) и тем больше будет затрачиваться электроэнергии на его рециркуляцию. Оптимальное значение теплового перепада при температурах сушки от 80 до 110° лежит в пределах 8—12°. При более высоких температурах тепловой перепад можно довести до 10—15% численного значения температуры сушилки.

Зная общую сумму потерь тепла и количество рециркулируемого воздуха, по справочным таблицам подбирают калорифер соответствующей теплопроизводительности.

При применении электрических калориферов их установленная мощность определяется формулой

$$N = \frac{\Sigma W}{864K} \text{ квт}$$

где ΣW — общая сумма потерь тепла, *ккал/ч*,
864 — тепловой эквивалент 1 *квт-ч*, *ккал*,
K — к. п. д. калорифера.

Чтобы установить режим работы вентилятора, необходимо определить сопротивление сети воздуховодов, по которым будет перемещаться рециркулируемый воздух. Напор, развиваемый вентилятором, должен преодолеть все сопротивления, возникающие в сети. Потери напора в сети складываются из потерь напора на трение в воздуховодах и потерь в местных сопротивлениях. Общая потеря напора в сети

$$H_{\text{общ}} = H_{\text{п}} + H_{\text{м}} = \Sigma Rl + \Sigma\xi \frac{W^2\gamma}{2g} \text{ мм вод. ст.}$$

где $H_{\text{п}}$ — потеря напора на прямых участках сети, *мм* вод. ст.,
$H_{\text{м}}$ — потеря напора в местных сопротивлениях сети, *мм* вод. ст.,
R — потеря напора на 1 пог. *м* прямого участка сети, *мм* вод. ст.,
l — длина участка, *м*,
W — скорость воздуха на данном участке, *м/сек*,
$\Sigma\xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений,
γ — уд. вес воздуха, *кг/м*^{3},
$g = 9{,}81$ *м/сек*^{2}.

Метод расчета потерь напора в сети воздуховодов сушильной камеры совершенно аналогичен приведенному в расчете камер распыления. Разница лишь в том, что при расчете потерь напора в сети сушильных камер необходимо вносить поправку на температуру воздуха. Таблицы коэффициентов сопротивления и динамических напоров, приводимые в различных справочниках, составлены из условия перемещения воздуха, имеющего температуру 20° и $\gamma = 1{,}2$ *кг/м*^{3}.

Поэтому при подсчете потерь напора на прямых участках табличные значения коэффициентов сопротивлений надо умножать на $\left(\frac{\gamma}{1{,}2}\right)^{0.852}$ [3, 6], где γ — вес 1 *м*^{3} воздуха в килограммах при расчетной температуре. Потери напора в местных сопротивлениях определяются также с поправкой на температуру. При подсчете динамического напора значение должно быть принято соответствующим расчетной температуре воздуха.

После подсчета общей потери напора в сети вносят поправку для всей сети на температуру воздуха по формуле

$$H = H_0 \frac{T + t}{T + 20}$$

где H — действительная потеря напора в сети при расчетной температуре воздуха,
H_0 — потеря напора в сети, рассчитанная по таблице,
T — абсолютная температура,
t — расчетная температура рециркулируемого воздуха.

Рассчитав указанным методом действительную потерю напора в сети, по кривым подбирают вентилятор, удовлетворяющий данным условиям, и устанавливают число его оборотов, обеспечивающее расчетный напор,

компенсирующий потери напора в сети, а также его коэффициент полезного действия.

Мощность электромотора для вращения вентилятора определяют по формуле

$$N_в = \frac{QHk}{3600 \cdot 102\eta_в\eta_р} \quad квт$$

где Q — расход воздуха, $м^3/час$,

H — напор, развиваемый вентилятором, $мм$ вод. ст.,

k — коэффициент запаса мощности электромотора,

$\eta_в$ — к. п. д. вентилятора,

$\eta_р$ — к. п. д. ременной передачи.

В этой формуле значение H должно быть пересчитано на нормальный воздух, имеющий температуру 20°.

Определив потребную мощность электромотора по таблицам, подбираем ближайший бо́льший по мощности электромотор взрывобезопасного типа, развивающий мощность N. Если число оборотов электромотора не совпадает с числом оборотов вентилятора, то вводят клиноременную передачу.

Расчет конвекционной сушилки тоннельного типа непрерывного действия

Основные данные для расчета:

Вес изделий, проходящих через сушилку в час	$G_{изд.} = 20000$ $кг$
Вес движущихся частей конвейера, проходящих через сушилку в час	$G_{конв.} = 500$ $кг$
Размер сушилки	$lbh = 30 \times 3{,}5 \times 2{,}5$ $м$
Расчетная температура сушки	$t_2 = 100°$
Расчетная продолжительность сушки	$T = 1{,}5$ часа
Расчетная температура цеха	$t_1 = 20°$
Теплоноситель и его параметры—пар давлением	$P = 3$ $ати$
Вес лакокрасочных материалов, загружаемых в сушилку в час	$G_к = 14$ $кг$
в том числе летучих растворителей	$G_р = 5{,}6$ $кг$

Сушилка имеет зону разогрева и зону сушки, каждая из которых должна быть оборудована самостоятельными тепловентиляционными центрами. Объем зоны разогрева принимаем равным $^1/_3$ объема сушилки.

Расчет зоны разогрева

Назначение сушилки — сушка тракторов после окраски.

В целях более равномерного распределения подаваемого в сушилку тепла принимаем для зоны разогрева следующий режим сушки:

Расчетная температура разогрева	$t_р = 80°$
Продолжительность разогрева	$T = 0{,}5$ часа
Средняя температура сушилки	$t_{ср} = 80°$

Расчет теплопотерь зоны разогрева

Потери тепла через внешние ограждения и пол сушилки

$$W_1 = F_{огр} K_{огр} (t_2 - t_1) + F_п k_п (t_2 - t_п) =$$

$$= \frac{255}{3} \cdot 0{,}8\ (80 - 20) + \frac{105}{3} \cdot 0{,}4\,(80 - 10) = 5100\ ккал/час$$

Потери тепла на разогревание изделий и конвейера в течение 0,5 часа

$$W_2 = \frac{G_{изд} + G_{конв}}{0{,}5} C (t_2 - t_1) =$$

$$= \frac{20000 + 500}{0{,}5} \cdot 0{,}115 (80 - 20) = 284000 \text{ ккал/час}$$

Полезный расход тепла на нагревание краски и испарение растворителя (считая, что последний испарится полностью)

$$W_3 = G_{кр} \cdot C_{кр} (t_2 - t_1) + G_p q =$$

$$= \frac{14}{0{,}5} \cdot 0{,}5 (80 - 20) + \frac{5{,}6 \cdot 90}{0{,}5} = 1850 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла с воздухом, выходящим через открытый проем сушилки, считая приведенный размер открытого проема $bh = 2{,}5 \times 2$ *м*, определяем следующим образом.

Количество поступающего через проем свежего воздуха находим по формуле

$$G = 1{,}92 b \sqrt{h^3} \sqrt{\frac{(\gamma_н - \gamma_{вн}) \gamma_н \gamma_{вн}}{\left(\sqrt[3]{\gamma_н} + \sqrt[3]{\gamma_{вн}}\right)^3}} \text{ кг/сек}$$

где 1,92 — постоянный коэффициент,

b — ширина отверстия, *м*,

h — высота отверстия, *м*,

$\gamma_н$ — удельный вес наружного воздуха, *кг/м*^{3},

$\gamma_{вн}$ — удельный вес воздуха внутри камеры, *кг/м*^{3}.

Для данного случая будем иметь

$$Q = 1{,}92 \cdot 2{,}5 \sqrt{2^3} \sqrt{\frac{(1{,}2 - 1)\, 1{,}2 \cdot 1}{\left(\sqrt[3]{1{,}2} + \sqrt[3]{1}\right)^3}} \cdot K =$$

$$= 1{,}92 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}81 \sqrt{\frac{0{,}24}{(1{,}06 + 1)^3}} \cdot 0{,}5 =$$

$$= 1{,}92 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}81 \cdot 0{,}165 \cdot 0{,}5 = 1{,}11 \text{ кг/сек} =$$

$$= 4000 \text{ кг/час} \text{ или } 2000 \text{ кг за период разогрева}$$

Здесь $K = 0{,}5$ — коэффициент, учитывающий перекрытие входного проема камеры проходящим изделием.

При таком количестве поступающего через проем свежего воздуха концентрация паров растворителя $\beta = \frac{5600}{2000}$, при 80° $\gamma = 1$ и $\beta = 2{,}8$ *г/м*^{3}, что вполне допустимо.

Потери тепла на нагревание этого воздуха составляют

$$W_4 = G_в C_в (t_2 - t_1) = 4000 \cdot 0{,}24 (80 - 20) = 57600 \text{ ккал/час},$$

где $G_в$ — весовое количество свежего воздуха, *кг/час*,

$C_в$ — теплоемкость воздуха, *ккал/кг* · °С,

t_2 — температура воздуха внутри сушилки, °С,

t_1 — температура цеха, °С.

Общая сумма потерь тепла в сушилке

$$\Sigma W = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) K =$$

$$= (5100 + 28400 + 1850 + 57600) 1{,}1 = 383000 \text{ ккал/час}$$

где K — коэффициент, учитывающий неучтенные потери.

Определение количества рециркулируемого воздуха и выбор нагревательных приборов

Предусматривается комбинированный обогрев сушилки за счет установки гладкотрубных нагревателей внутри сушилки и выносных тепловентиляционных центров.

Устанавливаются в пределах зоны разогрева внутри сушилки на боковых ее стенках с каждой стороны гладкотрубные нагреватели по 15 рядов труб диаметром 75 *мм*; длина трубы — 10 *м*. Тогда в зоне разогрева будет 300 пог. *м* труб с общей поверхностью нагрева $F \approx 70$ *м*^{2}.

Такие нагреватели обеспечат следующее количество тепла:

$$\Sigma W_{тр} = FK(t_т - t_{ср.\ возд}) = 70 \cdot 12\,(142{,}8 - 80) = 53000\ ккал/час$$

здесь K — коэффициент теплоотдачи паровых труб ($K = 12$),

$t_т$ — температура пара при $p = 3$ *ати*, °С,

$t_{ср.\ возд}$ — средняя температура подогреваемого воздуха, °С.

Остальная часть тепла подается выносными тепловентиляционными центрами. Количество подаваемого ими тепла

$$\Sigma W_ц = 383000 - 53000 = 330000\ ккал/час$$

Количество рециркулируемого воздуха

$$Q_{рец} = \frac{\Sigma W_ц}{C\Delta t} = \frac{330000}{0{,}24 \cdot 35} = 39300\ м^3/час \text{ при } t = 80°$$

Тепловой перепад Δt принят для зоны разогрева 35°.

Чтобы не иметь чрезмерно тяжелых агрегатов, устанавливаются два тепловентиляционных центра, каждый теплопроизводительностью 165 000 *ккал/час* при подогревании 19 650 *м*^{3}*/час* воздуха. Определяем температурный критерий

$$M = \frac{t_к - t_н}{t_п - \frac{t_к + t_н}{2}} = \frac{115 - 80}{142{,}8 - \frac{115 + 80}{2}} = \frac{35}{142{,}8 - 97{,}5} = 0{,}78$$

По номограмме находим $P_п = 795$. Принимаем к установке четыре калорифера модели 7Б12, включенных два последовательно и два параллельно. Для такой установки $P_п = 840$, $R = 0{,}068$. Для данного значения R и расхода воздуха $Q = 19\,650$ *м*^{3}*/час* $= 19\,650$ *кг/час* по номограмме сопротивление установки $H = 11$ *мм* вод. ст.

Расчет сети воздуховодов и выбор вентилятора и электромотора

Каждый из установленных агрегатов производит подачу горячего воздуха в нижнюю зону камеры с одной ее стороны через специальные воздухораспределители. Отбор охлажденного воздуха будет производиться через отверстие в потолке камеры.

Схема сети представлена на рис. 144.

Общая потеря напора в сети согласно подсчетам, приведенным в табл. 69, составляет $H = 35$ *мм* вод. ст.

По количеству подаваемого вентилятором воздуха и общей потере напора в сети, подсчитанной в табл. 69, подбирается центробежный вентилятор ВРС № 8 среднего давления со следующей характеристикой:

Производительность . .	19650 *м*^{3}*/час*
Развиваемый напор . .	35 *мм* вод. ст.
Число оборотов	350 об/мин.
К. п. д.	0,58

Мощность электромотора для вращения вентилятора с учетом температуры воздуха

$$N = \frac{QHk}{3600 \cdot 102\eta_в\eta_р} \cdot \frac{273+20}{273+t} = \frac{19650 \cdot 35 \cdot 1{,}10}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}58 \cdot 0{,}95} \cdot \frac{273+20}{273+115} = 2{,}9 \text{ квт}$$

По таблицам подбираем ближайший больший электромотор газовзрывобезопасного типа марки МА-142-1/6, развивающий мощность 3,8 *квт* при числе оборотов 960 в минуту.

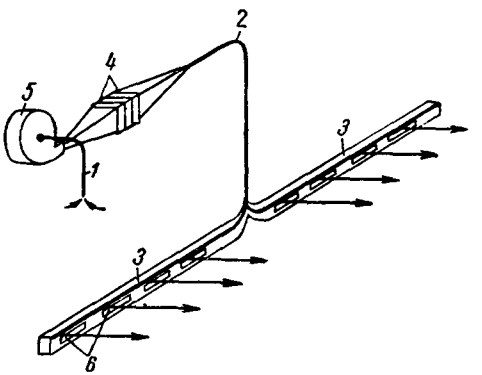


Рис. 144. Схема сети воздуховодов тепловентиляционного центра сушильной камеры:

1 — всасывающий воздуховод; *2* — нагнетательный воздуховод; *3* — воздухораспределители; *4* — калорифер; *5* — вентилятор; *6* — отверстия с шиберами

Передачу от мотора к вентилятору принимаем клиноременную.

Расчет зоны сушки

В зоне сушки принимаем следующий режим:

Средняя температура зоны сушки . $t_{ср} = 100°$
Продолжительность сушки . . . . . $T = 1$ час
Нагревание изделий и транспорта от $t_1 = 80°$ до $t_2 = 100°$

Расчет потерь тепла в зоне сушки

Потери тепла через внешние ограждения и пол сушилки

$$W_1 = F_{огр} K_{огр} (t_2 - t_1) + F_п k_п (t_2 - t_п) =$$

$$= \frac{255 \cdot 2}{3} \cdot 0{,}8\,(100 - 20) + \frac{105 \cdot 2}{3} \cdot 0{,}4\,(100 - 10) = 13400 \text{ ккал/час}$$

Потери тепла на нагревание изделий и транспорта от 80 до 100°

$$W_2 = (Q_{изд} + Q_{конв})\, C\, (t_2 - t_1) =$$

$$= 20500 \cdot 0{,}115\,(100 - 80) = 47000 \text{ ккал/час}$$

ТАБЛИЦА 69

Расчет потерь напора в сети воздуховодов сушильной камеры

№ участка	Расход воздуха Q, $м^3/час$	Характеристика воздуха: t	Характеристика воздуха: γ	Размер воздуховодов: ab	Размер воздуховодов: d	Поперечное сечение воздуховода F, $м^2$	Длина участка воздуховода l, $м$	Скорость воздуха W, $м/сек$	Потеря напора на 1 пог. $м$ R, $мм$ вод. ст.	$\left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,852}$	$R'l$*, $мм$ вод. ст.	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\xi$	Потеря напора в местных сопротивлениях Z, $мм$ вод. ст.	$\frac{\gamma}{1,2}$	Z'**, $мм$ вод. ст.	Общая потеря напора $R'l+Z$, $мм$ вод. ст.	Потеря напора в сети H_c, $мм$ вод. ст.
1	19 650	80	1,0	—	885	0,615	1,5	9	0,076	0,86	0,1	0,65	3,2	0,83	2,65	2,75	2,75
	Калориферы	2×2 = = 4 шт.		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	13,75
2	19 650	115	0,9	—	810	0,515	5	10,5	0,1	0,79	0,4	1,3	8,8	0,75	6,6	7	20,75
3	9 825	115	0,9	800×350	495	0,280	4,0	5,00***	0,15	0,79	0,5	2,5	3,8	0,75	2,85	3,35	24,10
																	24,1
	Неучтенные потери 10%																2,4
																	26,5

Общая потеря напора в сети с поправкой на температуру:

$$H = H_{\text{расч.}} \cdot \frac{T+t}{T+20} = 26{,}5 \cdot \frac{273+15}{273+20} = 35 \text{ мм вод. ст.}$$

* $R'l = RZ\left(\frac{\gamma}{1,2}\right)^{0,852}$.

** $Z' = Z\frac{\gamma}{1,2}$.

*** Средняя скорость в воздухораспределителе.

Потеря тепла на догревание краски не принимается во внимание.

Потери тепла с воздухом, выходящим через открытый выходной проем, определяется следующим образом: для снижения потерь тепла через открытый проем в конце сушилки устанавливается тамбур, отделяющий его от зоны сушки поперечной перегородкой с вырезом для прохода изделия. Температура тамбура принимается 80°. Тогда количество уходящего через проем горячего воздуха, равное количеству входящего холодного воздуха, будет таким же, как и в зоне разогрева, т. е. $Q = 4\,000$ *кг/час*.

Потери тепла с уходящим воздухом

$$W_3 = QC(t_2 - t_1) = 4000 \cdot 0{,}24\,(80 - 20) = 57600 \text{ ккал/час}$$

Общая сумма теплопотерь в сушилке

$$\Sigma W = (W_1 + W_2 + W_3)\,K = (13400 + 47000 + 57600)\,1{,}08 = 127700 \text{ ккал/час}$$

где K — коэффициент, учитывающий неучтенные потери.

Определение количества рециркулируемого воздуха и выбор нагревательных приборов

Весовое количество рециркулируемого воздуха

$$Q_{\text{рец}} = \frac{\Sigma W}{C\,\Delta t} = \frac{127700}{0{,}24 \cdot 15} = 35400 \text{ кг/час}$$

Для получения более равномерной температуры в зоне сушки тепловой перепад Δt принимаем 15°.

Объемное количество воздуха при $t_{\text{рец}} = 100°$ и $\gamma = 0{,}947$ *кг/м*³

$$Q_{\text{рец}} = 35400 : 0{,}947 = 37400 \text{ м}^3/\text{час}$$

Устанавливаем для нагрева зоны сушки два тепловентиляционных центра производительностью 17700 *кг/час*, каждый теплопроизводительностью

$$W_{\text{нагр}} = \frac{127700}{2} = 63850 \text{ ккал/час}$$

Температурный критерий

$$M = \frac{t_к - t_н}{t_п - \frac{t_к + t_н}{2}} = \frac{115 - 100}{142{,}8 - \frac{115 + 100}{2}} = 0{,}43; \quad P_п = 440$$

Подбираем два калорифера марки 7Б15, которые устанавливают последовательно. Для данной установки $P_п = 586$; $R = 0{,}166$; $H = 24$ *мм* вод. ст.

Выбор вентилятора и электромотора. Схема сети воздуховодов аналогична схеме в зоне разогрева. Потерю напора в сети рассчитывают аналогично зоне разогрева и принимают ее равной 48 *мм* вод. ст. (расчет не приводится).

Тогда по количеству подаваемого вентилятором воздуха и потере напора в сети по таблицам подбираем центробежный вентилятор марки ВРС № 3 среднего давления со следующей характеристикой:

Производительность . .	18700 *м*³/*час*
Развиваемый напор . .	48 *мм*
Число оборотов	400 об/мин.
К. п. д.	0,58

Мощность электромотора для вращения вентилятора с учетом температуры воздуха

$$N = \frac{QHK}{3600 \cdot 102\eta_в\eta_р} \cdot \frac{273+20}{273+100} = \frac{18700 \cdot 48 \cdot 1{,}15}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}58 \cdot 0{,}95} \cdot \frac{293}{373} = 4{,}3 \text{ квт}$$

По таблицам подбираем ближайший больший электромотор газовзрывобезопасного типа марки МА-142-2/6 мощностью 5,5 *квт* при 965 об/мин.

Передачу от электромотора к вентилятору принимаем клиноременную.

Общий тепловой баланс сушилки. Сводя результаты всех расчетов прихода и расхода тепла, имеем следующий тепловой баланс сушилки (табл. 70).

ТАБЛИЦА 70

Тепловой баланс сушилки

Статьи прихода тепла	Колич. выражение, *ккал/час*	Статьи расхода тепла	Колич. выражение, *ккал/час*
Зона разогрева		*Зона разогрева*	
Подача тепла гладкотрубным калорифером, установленным внутри камеры	53 000	Потери тепла через ограждения	5 100
Подача тепла горячим воздухом, поступающим от двух выносных тепловентиляционных центров	330 000	Потери тепла на разогревание изделий и транспортных средств	284 000
		Расход тепла на нагревание краски и испарение растворителя	1 850
		Потери тепла с воздухом, уходящим через открытый проем	57 600
		Прочие потери тепла . . .	34 450
Итого . . .	383 000	Итого . . .	383 000
Зона сушки		*Зона сушки*	
Подача тепла горячим воздухом, поступающим от двух выносных тепловентиляционных центров	127 700	Потери тепла через ограждения	13 400
		Потери тепла на нагревание изделий и транспортных средств	47 000
		Потери тепла с воздухом, уходящим через открытый проем	57 600
		Прочие потери тепла . . .	9 700
Итого . . .	127 700	Итого . . .	127 700
Всего . . .	510 700	Всего . . .	510 700

Расход пара при давлении 3 *ати* и теплоте испарения $q = 510{,}5$ *ккал/кг*

$$Q_п = \frac{510700}{510{,}5} = 1000 \text{ кг/час}$$

Расчет терморадиационных сушильных устройств

Для лучистой энергии сохраняет свою силу закон эквивалентности энергии и работы. Лучистый поток, поглощаемый каким-либо телом, преобразуется в тепловую энергию, подчиняясь общему закону сохранения энергии.

Расчет терморадиационных сушильных устройств с достаточной для практических целей точностью производится для определения количества и мощности излучателей, обеспечивающих минимальную длительность сушки при заданной температуре.

Количество и мощность излучателей, которые должны быть установлены на единицу облучаемой поверхности, определяют величиной требуемой энергетической освещенности или облученности.

Энергетической освещенностью называют мощность лучистого потока, отнесенную к единице облучаемой поверхности и выражаемую обычно в *вт/см*^{2}. Величина энергетической освещенности зависит как от характера облучаемого объекта (допускаемой температуры нагрева, теплопроводности материала изделия, толщины материала облучаемого объекта и т. д.), так и от конструкции сушильных устройств (качества излучателей, экранирования сушильных устройств, интенсивности воздухообмена и т. д.).

Зависимость энергетической освещенности от стольких переменных величин не позволяет выработать универсальный аналитический метод расчета терморадиационных сушильных устройств. Поэтому можно говорить лишь о приближенном подсчете требуемой энергетической освещенности.

Количество энергии, поглощаемой единицей поверхности облучаемого тела в единицу времени, может быть выражено следующей зависимостью:

$$Q_1 = 0{,}86 W \eta \alpha A \ ккал/час$$

где 0,86 — тепловой эквивалент 1 *вт-ч, ккал*,

W — мощность, подводимая к излучателям, *вт*,

η — энергетический коэффициент полезного действия излучателей,

α — коэффициент поглощения тепла облучаемой поверхностью,

A — коэффициент, учитывающий взаимное расположение изделия и излучателя и пространственное распределение лучистого потока.

При выбранных источниках излучения и заданном характере облучаемой поверхности величины η, α и A являются известными. Задача сводится к определению количества источников излучения выбранной мощности, которые надлежит установить на единицу облучаемой поверхности, чтобы обеспечить заданный технологический режим сушки.

Следует иметь в виду, что условия нагревания облучаемого изделия в течение цикла сушки неодинаковы.

В начальный период температура поверхности изделия постепенно повышается, а затем, дойдя до допустимой технологическими условиями величины, она должна остаться постоянной; при этой температуре и протекает основной процесс пленкообразования.

При терморадиационном нагреве первая стадия процесса обычно протекает достаточно быстро. Во второй стадии, когда температура на поверхности остается стабильной, лучистый поток, падающий на облучаемую поверхность, должен компенсировать тепло, теряемое этой поверхностью, и обеспечивать на поверхности заданную температуру сушки.

Тепло, теряемое облучаемой поверхностью при заданной температуре сушки, складывается из

1) тепла, отдаваемого облучаемой поверхностью в окружающую среду;

2) полезного расхода тепла на нагревание краски и испарение растворителя;

3) тепла, расходуемого на прогревание толщи материала изделия.

При двустороннем облучении изделий из листового металла прогревание металла и краски и испарение растворителей обычно заканчиваются в первой стадии процесса сушки. Поэтому для установившегося температурного

режима вся эффективная мощность излучателей будет расходоваться на потери тепла облучаемой поверхностью в окружающую среду за счет конвекции и лучеиспускания.

Сумма данных тепловых потерь определяется зависимостью

$$Q_2 = (a_к + a_л) F (t_{изд} - t_{ср})$$

где $a_к$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией, *ккал/м²·°С*,

$a_л$ — коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием, *ккал/м²·°С*,

F — поверхность, отдающая тепло, *м²*,

$t_{изд}$ — температура поверхности изделия, °С,

$t_{ср}$ — температура окружающей среды, °С.

Чтобы температура на облучаемой поверхности оставалась стабильной и не было перегрева лакокрасочного покрытия, очевидно должно существовать равенство

$$Q_1 \approx Q_2$$

или

$$0{,}86 W \eta \alpha A \approx (a_к + a_л) F (t_{изд} - t_{ср})$$

или

$$W \approx \frac{(a_к + a_л) F (t_{изд} - t_{ср})}{0{,}86 \eta \alpha A} \quad вт$$

Отсюда допустимая энергетическая освещенность

$$E \approx \frac{W}{F \cdot 10000} \approx \frac{(a_к + a_л)(t_{изд} - t_{ср})}{8600 \eta \alpha A} \quad вт/см^2$$

Анализируя приведенную зависимость энергетической освещенности от величин, входящих во вторую часть уравнения, можно установить, что:

1) величина энергетической освещенности тем больше, чем больше разность температур облучаемой поверхности и окружающей эту поверхность среды;

2) энергетическая освещенность тем больше, чем больше коэффициенты теплоотдачи конвекцией ($a_к$) и лучеиспусканием ($a_л$);

3) энергетическая освещенность тем больше, чем меньше α — коэффициент поглощения тепла облучаемой поверхности.

Все это позволяет сделать следующие практические выводы, которыми надлежит руководствоваться при проектировании терморадиационных сушильных устройств:

1. Терморадиационные сушильные устройства следует проектировать закрытыми, приближая температуру окружающей среды к температуре поверхности изделия.

2. Воздухообмен в зоне облучения не должен превышать потребностей в свежем воздухе, диктуемых противопожарными нормами.

3. Применение терморадиационных сушильных устройств особенно эффективно при сушке тонкостенных изделий, покрытых темными красками.

В качестве примера приводится

Расчет терморадиационной сушилки для сушки металлических листов, окрашенных железным суриком

Листы подаются в сушилку пластинчатым конвейером и облучаются сверху специальными лампами с зеркальными отражателями. Мощность одной лампы 250 *вт*. Облучение одностороннее. Сушилка сверху экранирована.

Основные данные для расчета следующие:

Производительность сушилки	60 пог. *м/час*
Ширина листа	0,8 *м*
Скорость конвейера	1 *м/мин*
Температура поверхности листа при сушке	160°
Длительность сушки	10 мин.
Температура среды	80°

Определение энергетической освещенности

По приведенной выше формуле энергетическая освещенность

$$E \approx \frac{(a_к + a_л)(t_{изд} - t_{ср})}{8600\eta\alpha A} \quad вт/см^2$$

Коэффициент полезного действия ламп можно принять $\eta = 0{,}7$.

Коэффициент поглощения тепла облучаемой поверхностью принимаем $\alpha = 0{,}7$.

Суммарный коэффициент теплоотдачи принимаем

$$a_к + a_л = 12 \; ккал/м^2 \cdot час \cdot °C$$

Учитывая, что листы идут непрерывно, принимаем для расчета $A = 1$. Энергетическая освещенность при этих данных составит

$$E \approx \frac{12(160 - 80)\,2}{8600 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}7 \cdot 1} = 0{,}456 \; вт/см^2 = 4{,}56 \; квт/м^2$$

здесь 2 — коэффициент, учитывающий двустороннюю теплоотдачу.

При мощности источников облучения 250 *вт* на 1 $м^2$ необходимо 4 560 : 250 = 18 штук.

Устанавливаем лампы в шахматном порядке. При ширине листа 0,8 *м* количество ламп по ширине принимаем равным 4, по длине устанавливаем четыре лампы на 1 пог *м*, а всего 16 ламп.

При скорости конвейера $v_к = 1$ *м/мин* и длительности на 1 пог. *м* сушки $t = 10$ мин. общая длина сушилки

$$L = v_к t = 1 \cdot 10 = 10 \text{ пог. } м$$

Общее количество ламп на всю сушилку $n_л = 16 \cdot 10 = 160$ шт. Общая мощность ламп на всю сушилку $\sum W = 160 \cdot 0{,}25 = 40$ *квт*.

Расчет электрических воздухонагревателей

В технике сушки лакокрасочных покрытий широкое применение находят электрические воздухонагреватели. Необходимость использования электрического нагрева обусловлено отсутствием на данном предприятии других видов теплоносителя или высокими температурами сушки, при которых некоторые виды лакокрасочных материалов образуют особенно прочные и качественные покрытия. Так как расход тепла в конвекционных сушильных камерах зависит от их пропускной способности, от температуры сушки и ряда других факторов, то теплопроизводительность воздухонагревателей может изменяться в самых широких диапазонах. Чтобы не иметь большого количества разновидностей воздухонагревателей, целесообразно их конструкции унифицировать, сведя их к нескольким типоразмерам по потребляемой мощности. В целях равномерности нагрузки фаз при включении их в сеть трехфазного тока воздухонагреватели изготовляют секционными с количеством секций

кратным трем. Задаваясь мощностью одной секции в 3,5 и 7,5 *квт* и соединяя воздухонагреватели по 2, 4 и 8 штук, можно иметь 39 разновидностей нагревательных установок с диапазоном мощности от 9 до 180 *квт*.

Выше указывалось, что наиболее простыми и надежными в эксплуатации являются воздухонагреватели со спиральным проводником из круглой нихромовой проволоки диаметром 2—4 *мм*.

Расчет таких воздухонагревателей сводится к определению диаметра и длины проволоки и к установлению оптимальных геометрических размеров как отдельных секций, так и собранных из нескольких секций воздухонагревателей.

Ниже дается пример расчета электрического воздухонагревателя

Основные данные для расчета следующие:

Мощность воздухонагревателя	15 *квт*
Количество секций	3
Мощность секции	5 *квт*
Напряжение сети	220 *в*
Температура поверхности спирали	300°
Материал проводника	нихром марки Х15Н60

Определение диаметра и длины проводника секции

Удельное сопротивление нихрома при 300°

$$\rho = \rho_0 [1 + a (t_п - t_0)] = 1{,}1 [1 + 0{,}00011 (300 - 20)] = 1{,}13 \; ом/м \cdot мм^2$$

где ρ_0 — удельное сопротивление нихрома при 20°,
a — температурный коэффициент,
$t_п$ — конечная температура проводника при нагреве,
t_0 — начальная температура проводника, равная 20°.

Диаметр проводника секции определяем по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho N^2 \cdot 10^5}{\pi^2 E^2 \nu}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1{,}13 \cdot 5^2 \cdot 10^5}{\pi^2 \cdot 220^2 \cdot 2}} = 2{,}16 \; мм$$

где N — мощность секций, *квт*,
E — напряжение сети, *в*,
ν — удельная мощность проводника, *вт/см²* (принимается от 1 до 2 *вт/см²*).

Учитывая, что проводник будет свит в спираль, окончательно принимаем диаметр проводника

$$d = \frac{2{,}16}{0{,}8} = 2{,}8 \; мм$$

Длину проводника в секции находим по формуле

$$L = \frac{Rf}{\rho} = \frac{9{,}7 \cdot \frac{\pi d^2}{4}}{\rho} = \frac{9{,}7 \cdot 0{,}78 \cdot 2{,}8^2}{1{,}13} = 52{,}5 \; мм$$

где R — сопротивление секции, *ом*,
f — поперечное сечение проводника, *мм²*,
ρ — удельное сопротивление, *ом/м · мм²*.

Сопротивление проводника R находим по формуле

$$R = \frac{E}{I} = \frac{220}{22{,}7} = 9{,}7 \; ом$$

где E — напряжение сети, *в*,
I — сила тока в проводнике в амперах при сопротивлении R

$$I = \frac{N}{E} = \frac{5000}{220} = 22{,}7 \ а$$

Удельная мощность проводника (фактически)

$$P = \frac{N}{\pi\, dl} = \frac{5000}{\pi \cdot 0{,}28 \cdot 5250} = 1{,}07 \ вт/см^2$$

Определение геометрических размеров секции

Наружный диаметр витка спирали принимается равным $10d$

$$d_с = 10d = 28 \ мм$$

Средний диаметр витка

$$d_{ср} = d_с - d = 28 - 2{,}8 = 25{,}2 \ мм$$

Длина витка

$$l_в = \pi d_{ср} = 3{,}14 \cdot 25{,}2 = 79 \ мм$$

Число витков спирали секции

$$n_в = \frac{l}{l_в} = \frac{52500}{79} = 665 \text{ витков}$$

Шаг витка спирали берется равным $3d$

$$t_в = 3 \cdot 2{,}8 = 8{,}4 \ мм$$

Растянутая длина спирали

$$L_с = 665 \cdot 0{,}0084 = 5{,}6 \ м$$

Активную длину рамки секции принимаем конструктивно

$$L_р = 490 \ мм$$

Общее число рядов спирали

$$n_р = \frac{L_с}{L_р} = \frac{5600}{490} = 12 \text{ рядов}$$

Размеры рамки (в *мм*) окончательно следующие:

Длина рамки	530
Ширина рамки	400
Глубина рамки	100

Поверхность нагрева спирали секции

$$F_с = \pi dl = \pi \cdot 0{,}0028 \cdot 52{,}5 = 0{,}465 \ м^2$$

Вес проволоки $Q = 2{,}7$ *кг*.
Живое сечение для прохода воздуха $F_ж = 0{,}148$ $м^2$.
Оптимальная скорость воздуха (по оптимальному сопротивлению проходу воздуха) $V_{опт} = 8$—15 *м/сек*.

Устанавливая три секции последовательно друг за другом, будем иметь воздухонагреватель мощностью $N_в = 15$ *квт*, теплопроизводительностью $15 \cdot 864 = 13\,000$ *ккал/час*.

Секции монтируются в металлическом каркасе из углового железа. Концы спиралей выводятся в закрытую клеммовую коробку. Питание к клеммам спиралей подводится через вводную коробку, расположенную сверху на клеммовой коробке.

Воздухонагреватель включается в сеть трехфазного тока или «треугольником» при напряжении 220 *в*, или «звездой» при напряжении 380 *в*.

Во избежание больших теплопотерь секции воздухонагревателя обшиваются двойными металлическими стенками, промежуток между которыми заполняется теплоизоляцией.

Определение температуры поверхности спиралей

Количество тепла, отдаваемое нагретыми спиралями, определяем по формуле

$$\Sigma W = N_в \cdot 864 = \pi dla_0 \left(t_{пр} - \frac{t_н + t_к}{2}\right)$$

где a_0 — коэффициент теплоотдачи поверхности спирали при данной скорости воздуха, *ккал/м² · час*.

$$864N_в = \pi dla_0 t_{пр} - \pi dla_0 \frac{t_н + t_к}{2}$$

откуда

$$t_{пр} = \frac{864N_в + \pi dla_0 \frac{t_н + t_к}{2}}{\pi dla_0} = \frac{864N_в}{\pi dla_0} + \frac{t_н + t_к}{2}$$

$$t_{пр} = \frac{864 \cdot 15}{\pi \cdot 0{,}0028 \cdot 52{,}5a_0} + \frac{t_н + t_к}{2}$$

Например, требуется нагреть 8000 *м³/час* рециркулируемого воздуха от $t_н = 120°$ до $t_к = 140°$.

Скорость воздуха $V = \frac{8000}{36000 \cdot 0{,}148} = 15$ *м/сек*.

Для данной скорости $a_0 = 200$ *ккал/м²*

$$t_{пр} = \frac{864 \cdot 15 \cdot 0{,}9}{\pi \cdot 0{,}0028 \cdot 52{,}5 \cdot 200} + \frac{120 + 140}{2} = 127 + 130 = 257°$$

Необходимо отметить, что промышленностью изготовляются герметизированные нагревательные элементы разной мощности; при проектировании электронагревателей следует ими пользоваться как менее опасными в пожарном отношении и более долговечными в эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Аронов, Р. М. Вовшина, А. В. Тихомиров, К. Н. Улащик, Альбом оборудования и аппаратуры окрасочных цехов, Госхимиздат, 1950.
2. Справочник «Машиностроение», т. 14, Машгиз, 1949.
3. Б. М. Аше, Отопление и вентиляция, ОНТИ, 1936.
4. Г. А. Максимов, Отопление и вентиляция, ч. II, Стройиздат, 1949.
5. А. В. Лыков, Теория сушки, Госэнергоиздат, 1950.
6. Х. Б. Глауберман, Отопление, вентиляция и сушка, Гизлегпром, 1949.
7. Справочник по проектированию отопления и вентиляции, т. I, Главстройпроект, 1953.
8. Г. Н. Мушкин, Скоростная сушка лакокрасочных покрытий токами промышленной частоты, 1953.
9. П. Д. Лебедев, Сушка инфракрасными лучами, Энергоиздат, 1955.

Глава XVII

ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В окрасочных цехах с большой механизацией производственных процессов важное значение имеет механизация внутрицехового транспорта.

Характер устройств для механизации внутризаводского транспорта зависит главным образом от количества изделий, проходящих по технологическому маршруту в единицу времени, от их размера и веса, а также от расстояний, на которые изделие необходимо перемещать.

В окрасочных цехах предприятий индивидуального и мелкосерийного производства транспортировка изделий обычно производится на ручных тележках, перекатываемых по бетонному полу или (в случае тяжелых грузов) по рельсовым путям.

В условиях серийного выпуска окрашиваемых изделий транспортными средствами служат рольганги, подвесные пути с подъемно-транспортными устройствами, крановое оборудование и т. п.

Перемещение грузов при этом может производиться как по горизонтальному, так и по вертикальному направлению.

Более сложные транспортные устройства применяются в окрасочных цехах с массовым выпуском изделий. Окрашивание и все сопутствующие ему операции в таких цехах производятся непрерывно-поточным методом при постоянном движении изделий по всем операциям технологического процесса. Транспортировка изделий в таких цехах обычно осуществляется при помощи конвейеров самых разнообразных конструкций [1, 2].

Ниже дается лишь общее описание наиболее употребительных разновидностей транспортных устройств, применяемых в окрасочных цехах. Более подробное ознакомление с конструкциями и их расчетом можно получить в специальных курсах транспортного оборудования.

1. УСТРОЙСТВА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Тележки. Этот вид транспортных устройств широко применяется при периодическом перемещении грузов на небольшие расстояния, например в окрасочных цехах с индивидуальным или

мелкосерийным характером производства. Грузоподъемность и конструкции тележек самые разнообразные. В зависимости от размера и веса перевозимых изделий их изготовляют в виде открытых передвижных платформ или многоярусных этажерок. Из соображения безопасности в пожарном отношении ободы колес безрельсовых тележек обтягиваются резиновыми бандажами.

На рис. 145 показана тележка этажерочного типа с независимым креплением одной пары колес. Она предназначена для перевозки мелких окрашенных деталей между рабочими местами, а также для загрузки деталей в сушильную камеру.

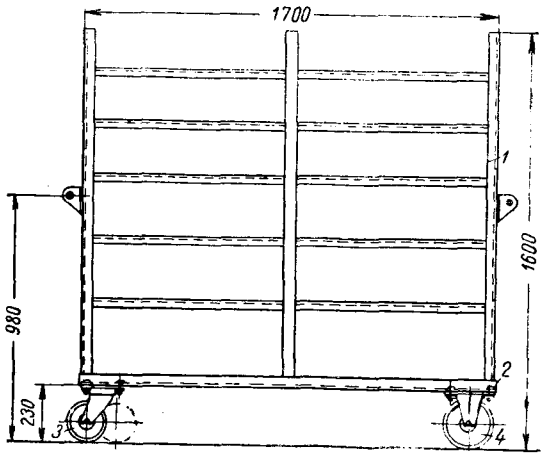


Рис. 145. Тележка-этажерка:

1 — этажерка; *2* — рама тележки; *3* — ходовые колеса передние; *4* — ходовые колеса задние

Тележка представляет собой сварную металлическую конструкцию, состоящую из рамы *2* с ходовыми колесами *3* и *4* и многоярусной этажерки *1* со съемными сетчатыми полками. Этажерка — съемная и прикрепляется к раме болтами. Независимое крепление одной пары колес и возможность поворота их в двух плоскостях позволяет производить разворот тележки на ограниченной площади, что очень важно при многократных перебросках изделий на небольших площадях.

Для перевозки окрашенных изделий большого веса служат тележки-платформы, на которые детали могут укладываться только в один ярус. Конструктивные их отличия от выше описанных тележек заключаются в отсутствии у них верхней надстройки. Ходовая часть тележек такая же.

При окраске тяжелых изделий или изделий больших габаритов тележки часто служат не только средством передвижения, но

и рабочим местом, на котором производятся все технологические операции. В этих случаях тележки оборудуются поворотной платформой, позволяющей производить обработку изделия со всех сторон, без перехода рабочего с одного места на другое. Такая конструкция тележки в особенности удобна при окрашивании изделий в камерах распыления, так как избавляет рабочего от необходимости заходить внутрь камеры.

На рис. 146 показана тележка, предназначенная для окраски шоферских кабин тракторов. Она состоит из рамы *1* с ходовой

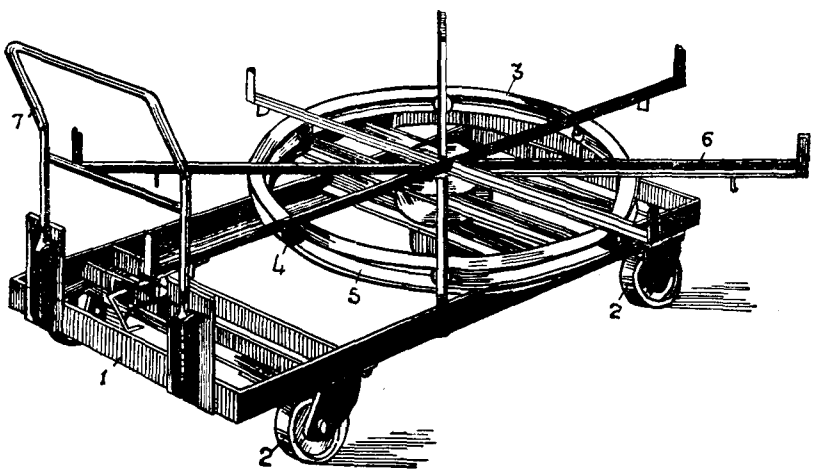


Рис. 146. Тележка с поворотной платформой:

1 — рама тележки; *2* — ходовые колеса; *3* — поворотный круг; *4* — ролик; *5* — неподвижный круг *6* — консольные балки; *7* — рукоятка

частью *2* и поворотного круга *3*, снабженного роликами *4*, которые перекатываются по неподвижному кругу *5*, укрепленному на раме тележки.

Так как кабина на окрашивание поступает без пола, а ее габариты превосходят габариты тележки, то на поворотном круге имеются небольшие консольные балки *6*, на которые кабина и опирается своими вертикальными стенками.

В окрасочных цехах находят применение и тележки с подъемной платформой (рис. 147). На них можно перевозить любые изделия, уложенные в ящики, на этажерки и специальные подставки или другие приспособления, имеющие высокие ножки, позволяющие подъемную платформу тележки подвести снизу под приготовленные к перевозке изделия.

Подвесные пути и кранбалки. Этот вид транспортных устройств находит применение главным образом в окрасочных

цехах, имеющих грузопотоки средней напряженности и относительно большие интервалы времени между последовательными передачами грузов. Подвесные пути и кранбалки служат как для вертикального, так и для гориознтального перемещения окрашиваемых изделий. Они применяются в качестве основного вида транспорта в условиях серийного производства или подсобного — в условиях массового производства.

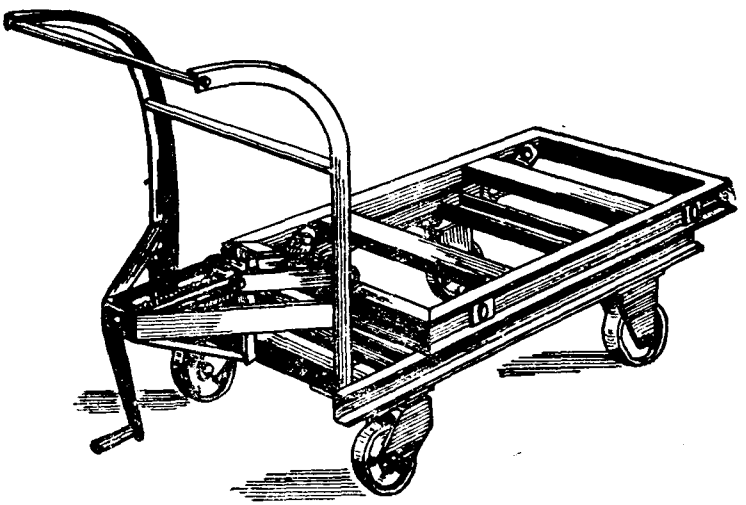


Рис. 147. Тележка с подъемной платформой

Подвесной путь состоит из следующих основных узлов:

1) рельсового пути, укрепленного на перекрытиях здания, на стенных кронштейнах или на балках, специально сооружаемых в металлических конструкциях;

2) тележек, которые перемещаются по рельсовому пути проталкиванием их вручную или при помощи специальных механизмов;

3) грузоподъемных механизмов, которые подвешиваются к тележкам и служат для подъема и опускания грузов;

4) приспособлений для захвата грузов, подвешиваемых к грузоподъемным механизмам.

Подвесной путь может быть однорельсовый и двурельсовый. Наибольшее распространение в окрасочных цехах получили однорельсовые пути (монорельсы).

Длина подвесных путей может достигать 500 *м* и более. Радиус закругления подвесного пути обычно принимается от 1 до 5 *м*, в зависимости от конструкции тележек: при ручных тележках радиус закругления — от 1 до 3 *м*, при тельферах — от 1 до

5 *м*. Высота подвесных путей в окрасочных цехах может колебаться от 2,5 до 5 *м*. При проталкивании грузов по рельсу вручную высота подвесного пути должна быть не более 4—5 *м*, так как при большей высоте движение тележек становится неплавным.

Подвесной путь может разветвляться или пересекаться с другими подвесными путями. Для возможности перемещения изделий

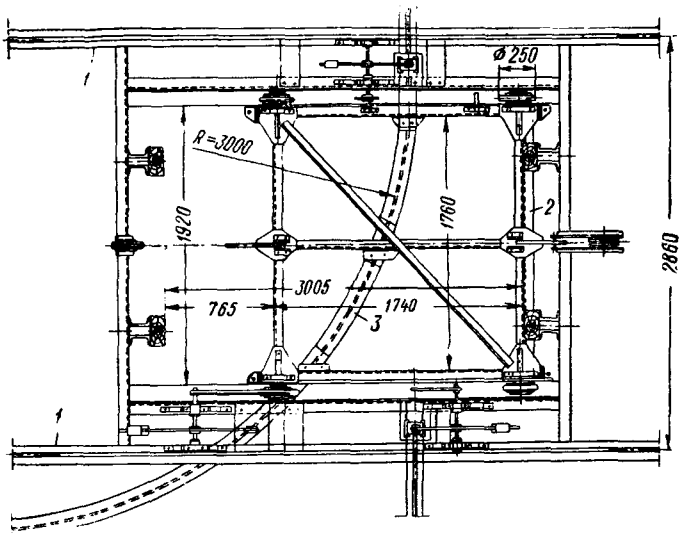


Рис. 148. Ручная рамная стрелка на два направления:

1 — поперечный путь для перевода стрелок; *2* — прямолинейный участок пути стрелки; *3* — криволинейный участок пути стрелки

с подвесного пути на разветвление или на другой путь применяются стрелки или поворотные круги. Они представляют собой подвесные, передвижные или вращающиеся конструкции, на которых укреплены небольшие прямолинейные отрезки подвесных путей. При необходимости передать груз с основного пути на разветвление стрелку устанавливают в такое положение, чтобы концы отрезка пути стрелки совпали с концами соединяемых путей, которые в местах установки стрелок имеют разрыв.

Для передачи груза на пересекающиеся пути применяют поворотные круги, имеющие один прямолинейный отрезок подвесного пути. При передаче на другой путь тележка с подвешенным к ней грузом перемещается на отрезок пути поворотного круга, круг поворачивается до совмещения с концами другого пути, и груз передается на другой путь.

Иногда поворотные круги дополняются криволинейными отрезками, позволяющими подавать грузы на разветвления путей.

В стрелках и поворотных кругах любой конструкции должны быть предусмотрены замки, надежно закрепляющие стыкующиеся концы подвесных путей с отрезками путей стрелок и кругов, а также замки, закрывающие свободные концы отрезков пути во избежание скатывания с них тележек.

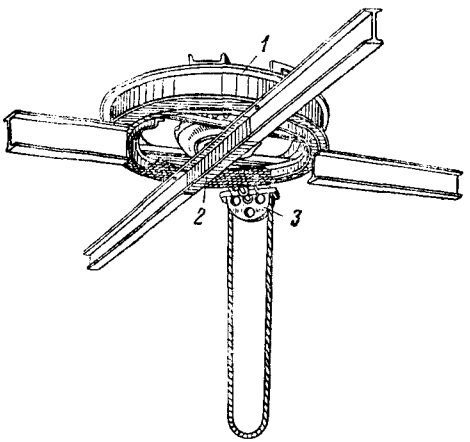


Рис 149. Поворотный круг с ручным механизмом:

1 — поворотный круг; *2* — передаточный путь; *3* — механизм поворота круга

На рис. 148 показана ручная рамная стрелка, работающая на два направления. Ее устройство и принцип работы ясны из рисунка.

На рис. 149 изображен поворотный круг с ручным механизмом для передачи окрашиваемых изделий на пересекающийся путь.

Одним из существенных недостатков подвесных путей является то, что они могут обслуживать только узкую зону производственной площади, над которой они проходят. Условия же работы в окрасочных цехах часто требуют перемещения изделий на любые участки производственной площади. Этому требованию удовлетворяют подвесные кранбалки, которые, перемещаясь вдоль обслуживаемой ими площади, в то же время могут осуществлять поперечную передачу окрашиваемых изделий при помощи подъемно-транспортных приспособлений, передвигающихся по самой кранбалке.

На рис. 150 показана кранбалка с ручным приводом для передвижения вдоль цеха и для подъема грузов и передвижения их вдоль кранбалки. Она представляет собой легкую рамную конструкцию, опирающуюся на четыре колеса, передвигающиеся по путям, подвешенным к перекрытиям или к фермам здания. В качестве подъемно-транспортного приспособления, передвигающегося по кранбалке, может служить тележка (кошка) с подъемным механизмом и механизмом передвижения.

Грузоподъемные механизмы. Как уже указывалось, в окрасочных цехах изделия приходится перемещать не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении, например при загрузке и разгрузке транспортных тележек или конвейеров при

перемещении изделий с одного рабочего места на другое и т. д. Часто приходится перемещать тяжелые изделия, которые вручную поднять невозможно.

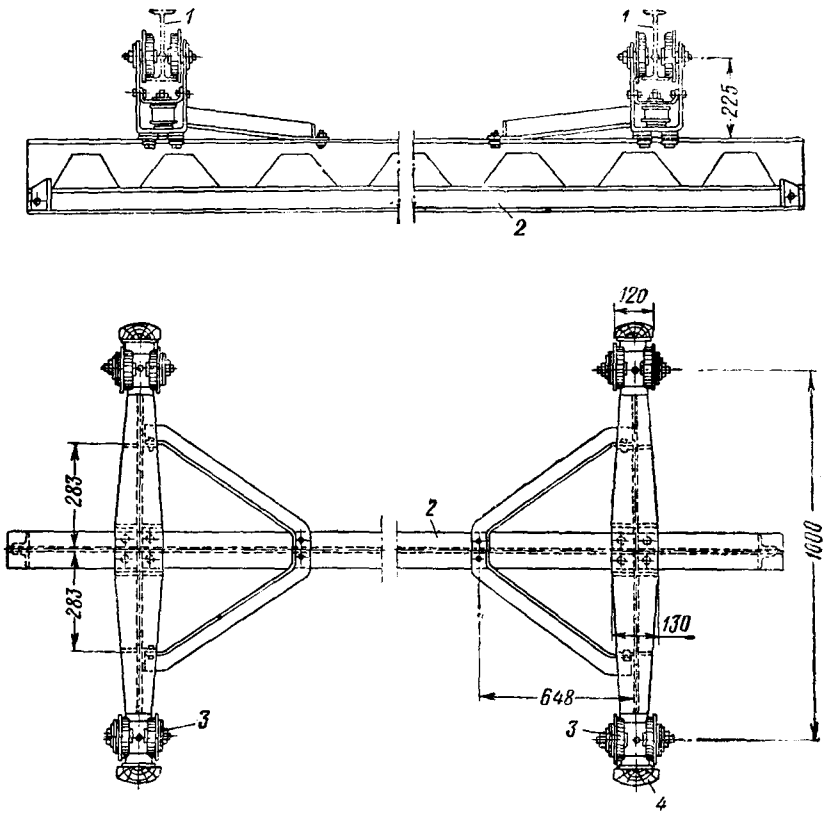


Рис. 150. Кранбалка с ручным приводом:

1 — подвесные пути; *2* — монорельс кранбалки; *3* — тележка кранбалки; *4* — деревянная подушка (амортизатор)

Для этих целей в окрасочных цехах применяются ручные или пневматические подъемники и подъемно-транспортные устройства.

В качестве ручных подъемников и подъемно-транспортных приспособлений в окрасочных цехах могут служить ручная тележка (кошка) с ручным передвижением, с подвешенной к ней быстроходной талью и ручная тележка с механизмом передвижения и быстроходной талью [2, 3].

Быстроходные тали выпускаются грузоподъемностью в 0,5 и 1 *т* со скоростью подъемника 1,44 и 0,7 *м/мин.*

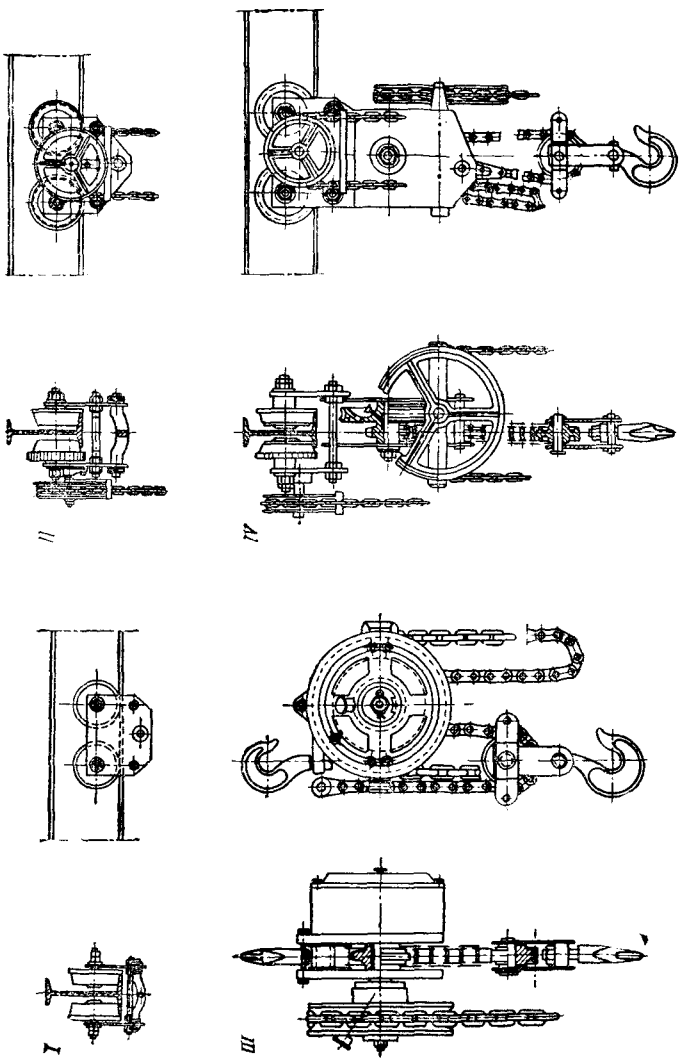


Рис. 151. Ручные подъемники и подъемно-транспортные приспособления:
I — ручная тележка (кошка) без механизма передвижения; *II* — ручная тележка (кошка) с механизмом передвижения; *III* — быстроходная таль с пластинчатой цепью; *IV* — ручная тележка с червячным подъемным механизмом и механизмом передвижения

На рис. 151 показаны наиболее употребительные разновидности ручных подъемников и подъемно-транспортных приспособлений.

Недостатком ручных подъемных механизмов является слишком малая скорость подъема. Поэтому при необходимости частых подъемов тяжелых грузов в окрасочных цехах применяют пневматические подъемники.

Пневматические подъемники выпускаются с высотой подъема 1200, 1500 и 1800 *мм*, грузоподъемностью от 170 до 1760 *кг* в зависимости от давления воздуха и диаметра цилиндра.

На рис. 152 изображены пневматические подъемники и показаны способы их подвешивания к транспортным тележкам. Электрические подъемники применять в окрасочных цехах не разрешается, так как они могут искрить в контактных соединениях.

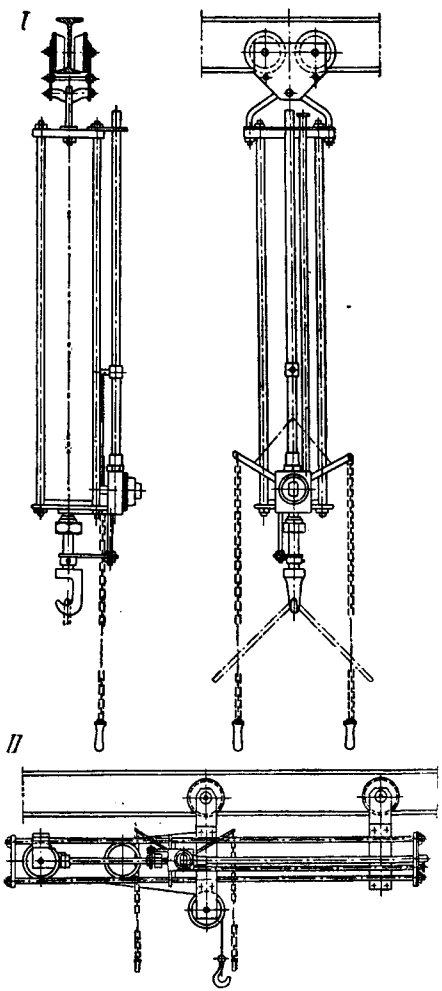


Рис. 152. Пневматические подъемники:
I — вертикально расположенные;
II — горизонтальные

2. УСТРОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Этот вид транспортных устройств находит с каждым годом все бóльшее распространение в окрасочных цехах предприятий массового и серийного производства. Основное их достоинство заключается в полной автоматизации передвижения окрашиваемых изделий как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Такие транспортные устройства могут обслуживать и отдельные агрегаты и целые поточные линии окрашивания, выполняя не только транспортные, но и вспомогательные технологические функции: они могут служить для опускания и подъема изделий при окунании, для поворота изделий при

окрашивании их распылением, для перемещения изделий при сушке их в камерах и т. п.

Из различных разновидностей транспортных устройств непрерывного действия в окрасочных цехах применяются главным образом подвесные одноцепные и двуцепные конвейеры, тележечные, пластинчатые и штанговые конвейеры.

Конструкции основных элементов конвейеров, работающих в окрасочных цехах, имеют некоторые специфические особенности, важнейшими из которых являются:

1) низкие скорости передвижения, обусловленные главным образом замедленными процессами обработки и сушки изделий;

2) работа при повышенных температурах при транспортировке изделий через сушильные камеры;

3) выполнение не только транспортных, но и вспомогательных технологических функций по поднятию и повороту изделий при их окрашивании и сушке;

4) необходимость изменения скорости при изменении технологического режима;

5) работа во взрывоопасной среде, загрязненной красочной пылью и парами растворителей;

6) работа в отдельных случаях в агрессивных средах (в парах воды, щелочей, кислот, растворителей и т. п.).

Перечисленные особенности оказывают существенное влияние на конструкцию конвейеров, в той или иной степени усложняя ее. Как правило, они порождают:

а) необходимость установки более сложных передаточных механизмов с включением дополнительных редукторов, вариаторов скоростей и клиноременных передач;

б) сложность трассы конвейера с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

в) сложные поворотные подвески и поворотные столы с приспособлениями для автоматического поворота их на 180 или 360°;

г) необходимость установки моторов, пусковых устройств и электропроводки во взрывобезопасном исполнении;

д) необходимость применения специальной смазки вследствие растворения минеральных масел парами растворителей.

Ниже дается краткое описание наиболее часто применяемых конвейеров непрерывного действия.

Подвесные одноцепные конвейеры имеют наибольшее распространение в окрасочных цехах. Они позволяют транспортировать различные по весу и габаритам изделия по сложному пути с изменением направления движения как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Благодаря этому можно установить в поточной линии последовательную транспортную связь между всеми операциями технологического процесса, выполнение которых территориально разобщено. Возможность же перегибов

трассы конвейера в горизонтальной и вертикальной плоскостях и верхнее его расположение позволяют использовать такой конвейер для опускания и подъема изделий при окраске окунанием, для передвижения изделий в многоходовых сушильных камерах и для разворота изделий на поворотных подвесках при необходимости обрабатывать изделия с одного рабочего места.

Подвесные конвейеры в ряде случаев позволяют полностью автоматизировать все процессы подготовки, окрашивания и сушки изделий, сводя функции рабочего персонала к навеске и снятию изделий [4—6].

Основными конструктивными элементами одноцепного подвесного конвейера являются (рис. 153) рельсовый путь *4* с тяговой цепью *1*, каретками *2* и подвесками *3*; привод *6*; натяжное устройство *7*; поворотное устройство *8*; поддерживающие конструкции *5*; предохранительная сетка *9*.

Рельсовый путь конвейера обычно прокладывается из двутавровых железных балок № 12—16 в зависимости от нагрузки на 1 пог. *м* пути и расстояния между опорами, причем рельс подвешивают за верхнюю полку, а нижняя полка служит для перекатывания кареток с подвешенными грузами. Подвешивать рельсы рекомендуется к фермам или перекрытиям здания, чтобы не загромождать производственную площадь цеха. Иногда рельсовый путь конвейера прокладывается на стенных кронштейнах или на самостоятельных опорных металлических конструкциях.

В качестве тяговых органов подвесных конвейеров наиболее часто применяются:

1) разборные штампованные цепи с шагом 100 или 160 *мм*,

2) пластинчато-втулочные цепи с шагом 80, 100, 125 и 160 *мм*.

Наиболее удобны и рациональны разборные штампованные цепи, допускающие перегиб трассы в обоих плоскостях. Минимальные радиусы вертикальных перегибов таких цепей — от 2,5 до 7,5 *м* в зависимости от нагрузки на цепь и числа шагов цепи между соседними каретками. Для уменьшения радиуса перегиба при большом шаге подвесок иногда в ходовую часть конвейера вводят холостые каретки. Особо тяжелые и высокогабаритные изделия подвешиваются к траверсам, укрепленным на двух или четырех каретках.

Для одноцепных подвесных конвейеров изготовляются три типа кареток: 1) рабочая — для подвески изделия, 2) траверсная — для крепления траверсы с грузовой подвеской; 3) холостая — для соединения с цепью без подвешивания на нее груза.

Предельная нагрузка на рабочую каретку колеблется от 300 до 600 *кг* в зависимости от скорости конвейера и шага цепи.

Подвески конвейера изготовляются самой разнообразной конструкции, которая зависит от формы, размеров и веса изделия,

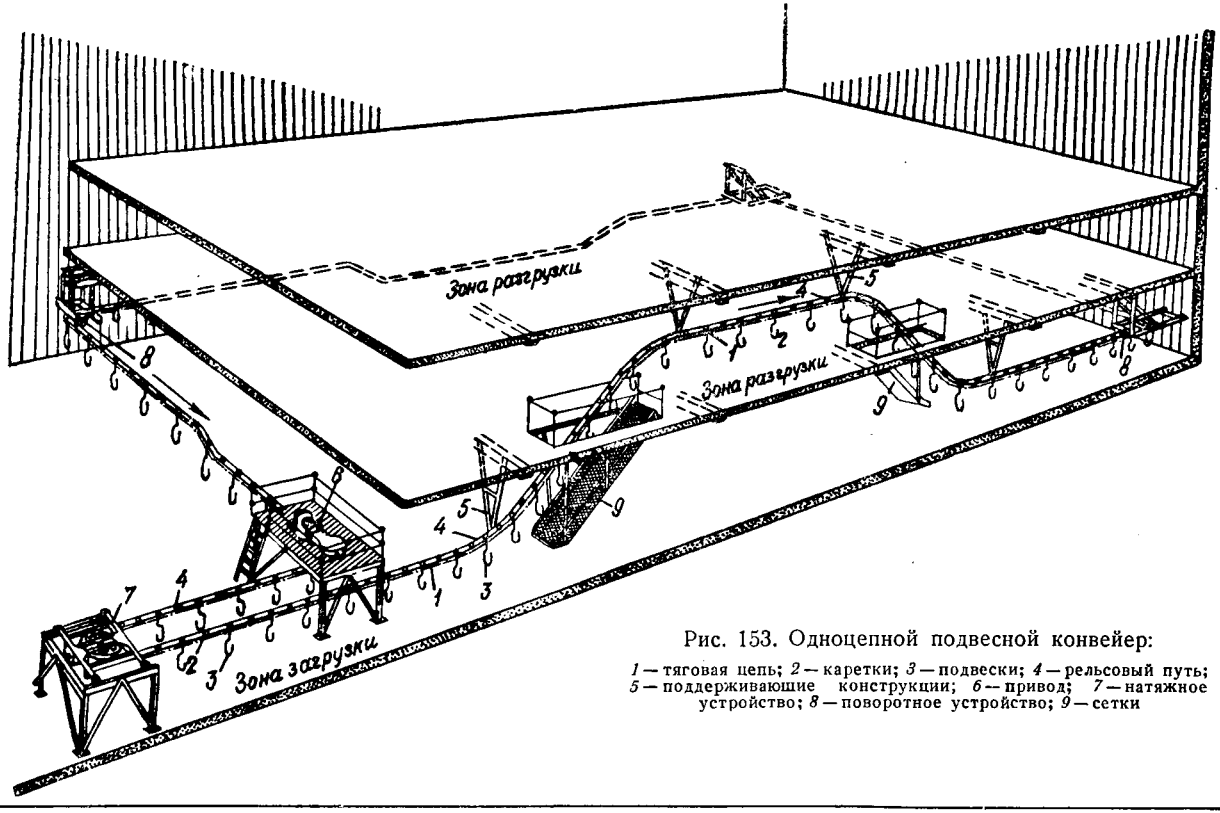


Рис. 153. Одноцепной подвесной конвейер:

1 — тяговая цепь; *2* — каретки; *3* — подвески; *4* — рельсовый путь; *5* — поддерживающие конструкции; *6* — привод; *7* — натяжное устройство; *8* — поворотное устройство; *9* — сетки

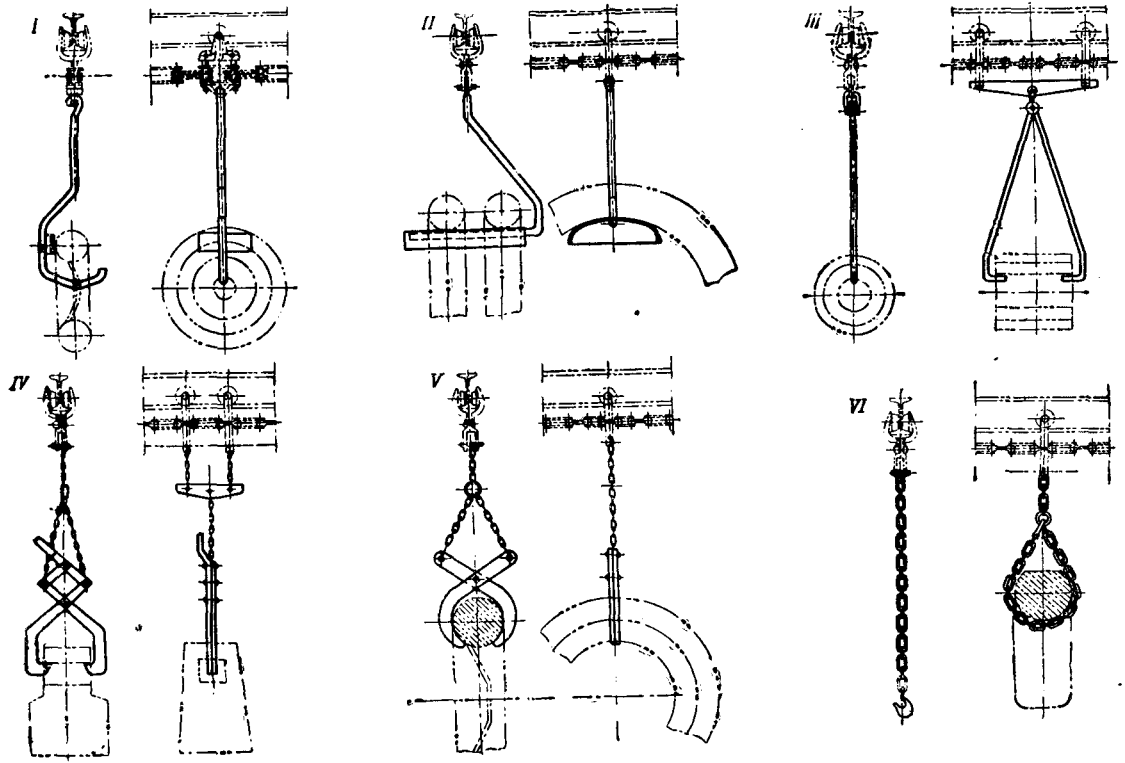


Рис. 154. Подвески для конвейеров:

I — крюковая подвеска для автомобильных колес; *II* — крюковая подвеска для нескольких грузов кольцеобразной формы; *III*, *IV* и *V* — кольцевые захватные подвески; *VI* — цепные подвески.

а также от способа их загрузки. Они имеют вид крюков, захватов, рамок с крючками и т. д. На рис. 154 показаны различные виды подвесок, применяемых для конвейеров.

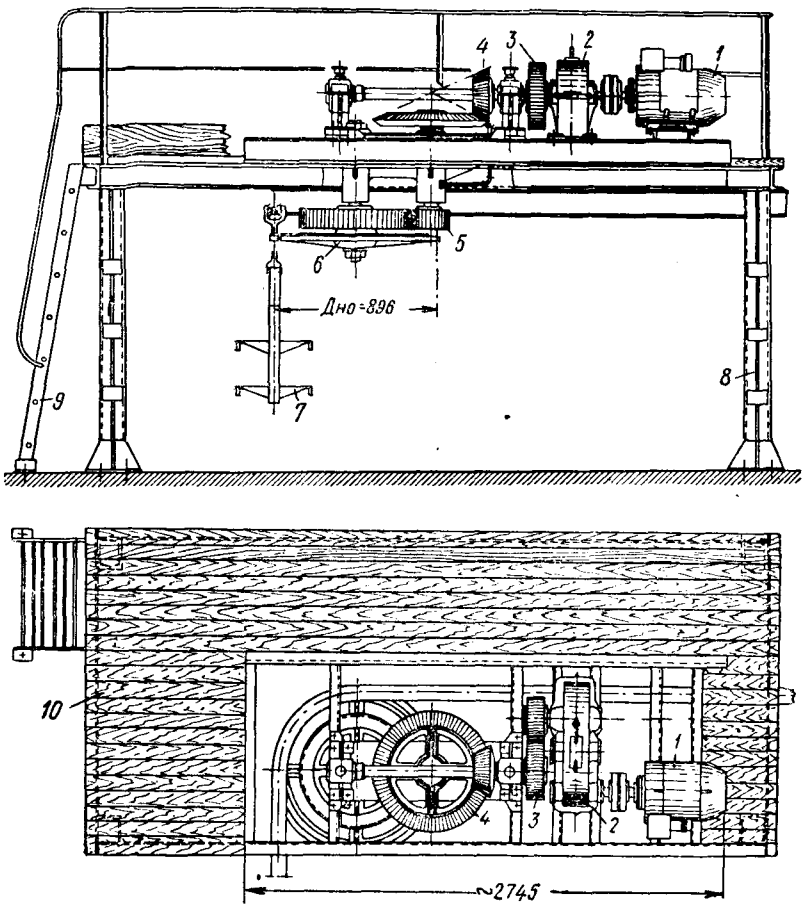


Рис. 155. Приводное устройство конвейера:

1 — электромотор; *2* — редуктор; *3* — зубчатая цилиндрическая передача; *4* — зубчатая коническая передача; *5* — вторая цилиндрическая передача; *6* — приводная звездочка; *7* — подвеска; *8* — опорная металлоконструкция; *9* — лестница; *10* — площадка для обслуживания

Приводное устройство подвесного конвейера обычно помещается на специально сооружаемых для него опорах или на подвесной металлической конструкции, устанавливаемой на полу или прикрепляемой к перекрытиям или фермам здания.

Приводное устройство должно быть расположено непосредственно после наиболее загруженных участков конвейера. Если

вследствие большой загрузки конвейера расчетное натяжение цепи превышает допускаемую нагрузку, то устанавливают несколько приводных устройств.

В окрасочных цехах очень редко приходится прибегать к двуприводным конвейерам, так как длина пути конвейера обычно не превышает 300—400 *м* при относительно небольшой нагрузке на 1 пог. *м*.

На рис. 155 изображено типовое приводное устройство.

Натяжное устройство служит для натяжения цепи, чтобы избежать ее провисания между каретками, достигнуть плавного сбегания цепи со звездочек, а также для компенсации удлинения цепи при ее вытягивании и при износе ее шарниров.

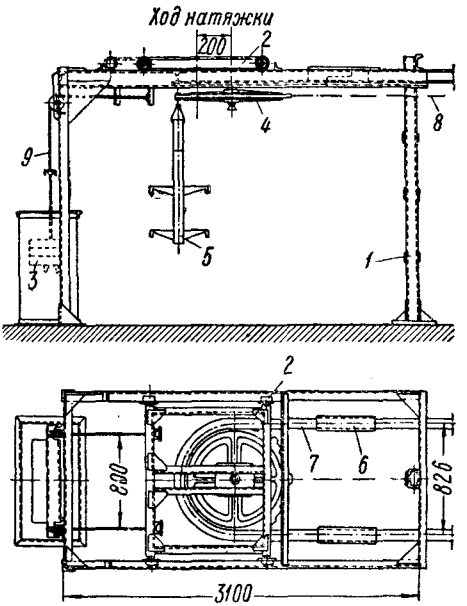


Рис. 156. Натяжное устройство конвейера:

1 — опорная металлоконструкция; *2* — тележка; *3* — груз; *4* — поворотная звездочка; *5* — подвеска; *6* — раздвижной стык; *7* — криволинейная часть монорельса; *8* — цепь; *9* — трос, ∅ = 10 *мм*

Натяжное устройство располагают на участке конвейера с минимальным натяжением цепи. Оно состоит (рис. 156) из подвижной рамы *2*, на которой монтируется ось поворотной звездочки *4* и криволинейная часть монорельса *7*. Рама смонтирована на катках или ползунах, позволяющих перемещать ее по направляющим при помощи винтов или подвешенного на тросах груза *3*. В первом случае натяжные устройства носят название винтовых, а во втором случае — грузовых.

В окрасочных цехах, где конвейеры обычно проходят через сушильные камеры и длина цепи при колебаниях температуры не остается постоянной, рекомендуется применять грузовые натяжные устройства.

Натяжные устройства обычно устанавливают там, где путь конвейера поворачивает на 180°. При больших габаритах окрашиваемых изделий поворотная звездочка должна быть таких размеров, чтобы изделия могли свободно пройти, не задевая друг друга. Если габариты звездочки окажутся чрезмерно большими, то устанавливают две звездочки.

Сопряжения подвижной части конвейера с неподвижной осуществляются раздвижными стыками *б*.

Поворотные устройства (рис. 157) служат для изменения направления движения цепи и выполняются в виде звездочек *а*, гладких блоков *б* и роликовых батарей *в*. Последние устанавливаются на кривых большого радиуса при небольших поворотах конвейера.

Для разборных цепей обычно применяются звездочки, а для пластинчатых — гладкие блоки.

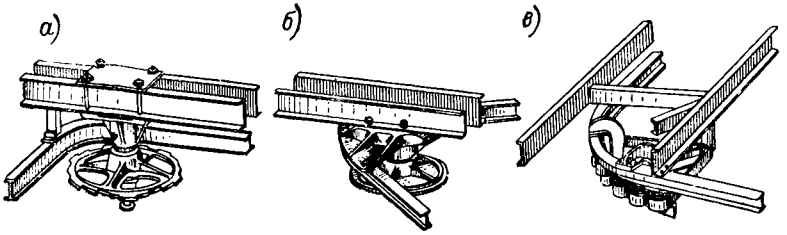


Рис. 157. Поворотное устройство конвейера:

а — для разборной цепи; *б* — для пластинчатой цепи; *в* — роликовая батарея

Неподвижная часть звездочки или блока закрепляется в чугунном башмаке, прикрепляемом к поддерживающей металлической конструкции.

Основные параметры поворотных устройств приведены в табл. 71.

ТАБЛИЦА 71

Параметры поворотных устройств

Тип и шаг цепи	Пластинчатая $t=80$ *мм*				Разборная						
					$t=100$ *мм*				$t=160$ *мм*		
$d_н$, *мм*	610	800	990	1244	642,5	831,7	1021,9	1276,3	824,5	1026,6	1330,7
$R_м$, *мм*	317	413	508	637	317	413	508	637	404	508	660
Вес, *кг*	123	143	168	180	120	141	178	192	215	261	353

Поддерживающие металлические конструкции служат для крепления подвесного пути конвейера. Крепление наиболее удобно производить к фермам и перекрытиям зданий или на стенных кронштейнах, но нередко приходится прибегать к устройству специальных металлических опор.

При креплении пути конвейера к фермам или перекрытиям здания прямолинейные его участки подвешивают на одной или

двух тягах диаметром 16—20 *мм* или на двух уголках, соединенных поперечной связью. При больших нагрузках последнее крепление предпочтительнее, так как оно создает большую жесткость конструкции. В случае крепления на стенных кронштейнах последние выполняются в виде заделанных в стену коротких балок или треугольной рамы, прикрепляемой к стене болтами.

Специальные металлические конструкции для монтажа конвейера выполняются в виде Г-образных, Т-образных или П-образных опор, прикрепляемых к полу фундаментными болтами.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОДВЕСНОГО ОДНОНИТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Для расчета подвесного конвейера должны быть известны следующие данные:

1) назначение конвейера и характеристика производства, которое он должен обслуживать;

2) схема пути конвейера с указанием мест его загрузки и разгрузки;

3) веса и габариты транспортируемых грузов;

4) производительность конвейера (количество грузов, транспортируемых в единицу времени);

5) скорость конвейера, если она заранее обусловлена его технологическими функциями.

Расчет конвейера производится на основании исходных данных в нижеприведенной последовательности.

1. Определяют скорость конвейера и шаг подвесок с грузами по заданной производительности конвейера и габаритам транспортируемых грузов.

2. Выбирают предварительно тип цепи и кареток и определяют погонные нагрузки конвейера.

3. По схеме пути конвейера устанавливают местоположение и величину минимального натяжения цепи.

4. Выбирают местоположение привода.

5. В соответствии с характером условий работы конвейера устанавливают натяжение цепи по отдельным участкам конвейера путем определения потерь на каждом участке и последовательного их суммирования. Такой расчет начинается с точки наименьшего натяжения цепи и ведется обычно до приводной звездочки.

6. Проверяют правильность выбора цепи по получившемуся максимальному натяжению.

7. Определяют мощность электромотора привода.

Определение шага подвесок и скорости конвейера по заданной производительности

Шаг подвесок с грузами и скорость конвейера определяются по заданной производительности конвейера и габаритам транспортируемых грузов. Между этими величинами существует следующая зависимость:

$$\text{Шаг подвесок } T = \frac{60Vm}{Q} \text{ м}$$

$$\text{Скорость конвейера } V = \frac{QT}{60\,m} \text{ м/мин}$$

$$\text{Производительность конвейера } Q = \frac{60Vm}{T} \text{ штук в час}$$

где m — количество грузов на 1 подвеске в штуках.

Шаг подвесок округляется до величины, кратной двум шагам цепи, и должен быть проверен по габаритам транспортируемых грузов, чтобы на горизонтальных поворотах, подъемах и спусках грузы не задевали друг за друга и имели зазор не менее 50 *мм* между их крайними точками.

На вертикальных перегибах для правильного прохождения грузов должно быть выполнено следующее условие:

$$(T\cos\alpha)_{\text{макс}} \geqslant b_{\text{макс}} + 0{,}05 \text{ м}$$

где α — максимальный угол подъема на вертикальных перегибах,

b — максимальная габаритная длина груза в плоскости движения цепи, *м*.

Проверка прохождения груза на горизонтальных поворотах производится графически по максимальным габаритам груза (расчерчивается в масштабе).

Определение погонных нагрузок конвейера

Для определения погонных нагрузок конвейера предварительно выбирают тип цепи и кареток, а также конструкцию подвесок для грузов. Цепь выбирают по максимальному натяжению, действующему в конвейере. При натяжениях до 1000 *кг* обычно применяют разборную цепь с шагом 100 *мм*, а при натяжении до 2000 *кг* — разборную цепь с шагом 160 *мм*.

Вес 1 пог. *м* ходовой части холостой ветви конвейера

$$q_0 = \frac{G_{\text{п}}}{T} + \frac{G_{\text{к}}}{t_{\text{к}}} + q_{\text{ц}} = \frac{G_{\text{п}}}{T} + q_2$$

Вес 1 пог. *м* ходовой части загруженной ветви конвейера

$$q = q_0 + \frac{G_{\text{г}}}{T} = q_0 + q_1 = \frac{G_{\text{п}}}{T} + q_1 + q_2$$

Здесь q — вес 1 пог. *м* ходовой части загруженной ветви конвейера, *кг*,

q_0 — вес 1 пог. *м* ходовой части холостой ветви конвейера, *кг*,

q_1 — вес полезного груза на 1 пог. *м*, *кг*,

q_2 — вес цепи и кареток на 1 пог. *м*, *кг*,

$G_{\text{п}}$ — вес подвески, *кг*,

$G_{\text{к}}$ — вес каретки, *кг*,

$G_{\text{г}}$ — вес груза на одной подвеске, *кг*,

T — шаг подвесок, *м*,

$t_{\text{к}}$ — шаг кареток, *м*,

$q_{\text{ц}}$ — вес 1 пог. *м* цепи, *кг*.

Для разборной цепи с шагом 100 *мм* $q_{\text{ц}} = 4{,}9$ *кг*, а для цепи с шагом 160 *мм* $q_{\text{ц}} = 9$ *кг*; вес каретки в первом случае — 4,7 *кг*, во втором — 10,8 *кг*.

Ориентировочное определение максимального натяжения цепи для выбора типа цепи

Для предварительного выбора типа цепи и мощности мотора максимальное натяжение цепи можно подсчитать по формуле

$$S_{\text{макс}} = S_0 + C_1 (q l_{\text{г}} + q_0 l_{\text{х}}) (1 + 0{,}65\varphi_1^n \varepsilon_1^m) + q\,(H_1 - H_2)$$

где S_0 — минимальное натяжение цепи, *кг*,
C_1 — коэффициент сопротивления на прямых участках конвейера,
$l_г$ — длина загруженной ветви конвейра, *м*,
$l_х$ — длина холостой ветви конвейера, *м*,
φ_1 — коэффициент сопротивления на вертикальном перегибе,
ε_1 — коэффициент сопротивления на горизонтальном повороте,
H_1 — высота пути конвейера от уровня пола в месте разгрузки, *м*,
H_2 — высота пути конвейера от уровня пола в месте загрузки, *м*,
n — число вертикальных перегибов на пути конвейера,
m — число горизонтальных поворотов.

Средние значения коэффициентов сопротивления в зависимости от условий работы конвейера следующие:

Условия работы	Коэффициенты сопротивления C_1	ε_1	φ_1
Хорошие .	0,025	1,04	1,02
Средние . .	0,03	1,05	1,03
Тяжелые .	0,04	1,07	1,04

Подсчет максимального натяжении цепи по приведенной формуле дает результаты на 25—30% выше, чем при точных расчетах.

Установление местоположения и величины наименьшего натяжения цепи и подсчет натяжного груза

Наименьшее натяжение цепи в данном конвейере является необходимым предварительным натяжением, обеспечивающим нормальную работу конвейера. Минимальным значением предварительного натяжения следует считать 50—100 *кг*. Местоположение наименьшего натяжения цепи зависит от схемы конвейера и распределения нагрузок, а также от места установки привода. Предварительное натяжение цепи необходимо обеспечить величиной натяжного груза. Поэтому натяжное устройство рекомендуется ставить возможно ближе к месту наименьшего натяжения цепи конвейера.

Вес натяжного груза определяется по формуле

$$G = (S_н + S_{н+1} + T_н)\, y = 1{,}05\,(S_н + S_{н+1} + T_н)\ кг$$

где $S_н$ — натяжение набегающей на натяжную звездочку ветви цепи, *кг*,
$S_{н+1}$ — натяжение сбегающей с натяжной звездочки ветви цепи, *кг*,
$T_н$ — усилие передвижения натяжной тележки, *кг*,
y — коэффициент сопротивления на паре отводных канатных блоков (в среднем $y = 1{,}05$).

Величины натяжения $S_н$ и $S_{н+1}$ определяются из тягового расчета в зависимости от местоположения натяжной станции. Величина усилия T зависит от оборудования:

Тип тележки	Шаг цепи, *мм*	Полный вес тележки, *кг*	Усилие T, *кг*
Натяжное устройство, ход X = 400 *мм* Звездочка $D = 900$ *мм*	100	390	30
Натяжное устройство, ход X = 400 *мм* Звездочка $D = 963$ *мм*	150	540	45

Выбор местоположения привода

Привод должен располагаться непосредственно после тяжело загруженных участков конвейера, т. е. после участков, имеющих наибольшие натяжения, и, как правило, — в наивысшей точке загруженной части конвейера

Привод следует располагать с таким расчетом, чтобы на участках конейера, имеющих большое число перегибов (например, в многоходовых сулильных камерах), цепь проходила с возможно меньшим натяжением, т. е. тобы потери были минимальными. Необходимо также следить за тем, чтобы бегающая с приводной звездочки цепь была бы достаточно натянута во збежание неправильного схода ее со звездочки.

Определение потерь на горизонтальных прямолинейных участках конвейера

Натяжение цепи за прямолинейным участком трассы конвейера определяется по формуле

$$S_н = S_{н-1} + Cq'l$$

де $S_н$ — натяжение цепи в конце данного прямолинейного участка, *кг*,
$S_{н-1}$ — натяжение цепи в начале участка, *кг*,
q' — нагрузка на 1 пог. *м* конвейера, *кг*; для холостой ветви $q' = q_0$ для загруженной $q' = q$,
l — длина прямолинейного участка, *м*,
C — коэффициент сопротивления, значения которого следующие:

Шаг цепи, *мм*	C Условия работы		
	хорошие	средние	тяжелые
100	0,025	0,03	0,04
160	0,02	0,025	0,03

Определение потерь на поворотных звездочках

Натяжение ветви цепи кочвейера, сбегающей с поворотной звездочки, пределяется по формуле

$$S_н = \xi S_{н-1}$$

де $S_н$ — натяжение ветви цепи, сбегающей со звездочки, *кг*,
$S_{н-1}$ — натяжение ветви цепи, набегающей на звездочку, *кг*,
ξ — коэффициент сопротивления, значение которого зависит от диаметра звездочки и угла поворота, а также от условий работы конвейера:

Диаметр звездочки, *мм*	Угол поворота, градусы	ξ Условия работы		
		хорошие	средние	тяжелые
900 или 963 . .	90	1,035	1,045	1,05
900 или 963 . .	180	1,04	1,05	1,07
1212 или 1248 . .	180	1,03	1,04	1,05

Потери натяжения на дуге горизонтального поворота конвейера учитываются при определении потерь на прямолинейных участках путем прибавления длины развернутой дуги поворота к длине предыдущего участка.

Определение потерь на вертикальных перегибах

Натяжение цепи в конце вертикального перегиба определяется по формулам

$$S_н = \varphi(\varphi S_{н-1} + Cq'l + q'h) \quad \text{при подъеме}$$

$$S_н = \varphi(\varphi S_{н-1} + Cq'l - q'h) \quad \text{при спуске}$$

где $S_н$ — натяжение цепи в конце перегиба, *кг*,
$S_{н-1}$ — натяжение цепи в начале перегиба, *кг*,
C — коэффициент сопротивления движению на прямолинейных участках,
q' — нагрузка на 1 пог. *м* конвейера, *кг*,
φ — коэффициент, учитывающий сопротивления на вертикальных перегибах,
l — проекция длины участка перегиба на горизонтальную плоскость, *м*,
h — высота подъема или спуска, *м*.

Значение коэффициента φ зависит от шага цепи, угла перегиба и условий работы конвейера.

ТАБЛИЦА 72

Величина коэффициента φ

Угол перегиба, градусы	Шаг цепи 100 *мм*			Шаг цепи 160 *мм*		
	условия работы			условия работы		
	хорошие	средние	тяжелые	хорошие	средние	тяжелые
до 20 вкл.	1,01	1,01	1,015	1,01	1,01	1,015
25	1,01	1,015	1,02	1,01	1,01	1,015
30	1,015	1,02	1,025	1,01	1,015	1,02
35	1,015	1,02	1,025	1,015	1,015	1,02
40	1,02	1,025	1,03	1,015	1,02	1,025

Определение мощности мотора

Окружное усилие на приводной звездочке определяется по формуле

$$P = S_{нб} - S_{сб}$$

где $S_{нб}$ — натяжение ветви цепи, набегающей на приводную звездочку, *кг*,
$S_{сб}$ — натяжение ветви цепи, сбегающей с приводной звездочки, *кг*.

Мощность мотора при установившемся движении определяется по формуле

$$N = 0{,}736\frac{PV_{макс}}{75 \cdot 60\eta} \quad квт$$

где $V_{макс.}$ — максимальная скорость конвейера, *м/мин*,
$\eta = \eta_1\eta_2\eta_3$ — общий к. п. д. привода,
η_1, η_2, η_3 — к. п. д. отдельных элементов привода.

Соответственно полученной расчетом мощности по каталогам подбирают электромотор.

Моторы мощностью ниже 1 л. с. ставить не рекомендуется ввиду больших потерь в приводных механизмах.

Пример расчета подвесного конвейера

Требуется рассчитать подвесной конвейер для транспортировки узлов машины, подвергающихся струйному щелочному обезжириванию, окрашиванию распылением и сушке в камере при температуре 100°.

Основные данные для расчета:

Вес изделия на 1 подвеску	$G_г = 250$ *кг*
Вес подвески	$G_п = 4$ *кг*
Шаг изделия	$T = 1{,}2$ *м*
Шаг кареток	$t_к = 0{,}6$ *м*
Шаг цепи	$t_ц = 100$ *мм*
Вес 1 пог. *м* цепи	$G_ц = 4{,}9$ *кг*
Вес каретки	$G_к = 6{,}5$ *кг*
Средняя скорость конвейера . . .	$V = 0{,}3$ *м/мин*
Длина конвейера	$L = 80$ пог. *м*

Вес 1 пог. *м* ходовой части холостой ветви конвейера

$$q_0 = \frac{4}{1{,}2} + \frac{6{,}5}{0{,}6} + 4{,}9 = 19 \text{ кг}$$

Вес 1 пог. *м* ходовой части загруженной ветви конвейера

$$q = \frac{250}{1{,}2} + 19 = 227 \text{ кг}$$

На рис. 158 приведена схема трассы подвесного конвейера.

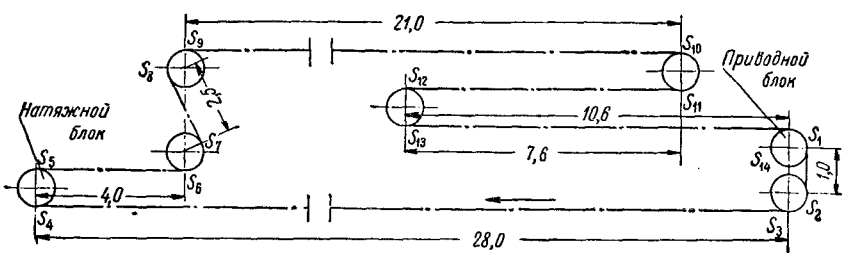


Рис. 158. Схема трассы подвесного однониточного конвейера (план)

Определение максимального натяжения цепи

Для расчета натяжения цепи принимаем следующие коэффициенты: $C_1 = 0{,}03$; $\xi = 1{,}03$. Весь участок трассы считаем загруженным.

Определяем натяжение цепи по сопротивлениям отдельных участков, принимая $S_{мин} = 50$ *кг*

$$S_1 = S_{мин} = 50 \text{ кг}$$

$$S_2 = S_1 + qC_1L_{1-2} = 50 + 227 \cdot 0{,}03 \cdot 1 = 50 + 6{,}8 \cdot 1 = 56{,}8 \text{ кг}$$

$$S_3 = 1{,}03S_2 = 1{,}03 \cdot 56{,}8 = 58{,}5 \text{ кг}$$

$$S_4 = S_3 + qC_1L_{3-4} = 58{,}5 + 6{,}8 \cdot 28 = 248{,}5 \text{ кг}$$

$$S_5 = 1{,}03S_4 = 1{,}03 \cdot 248{,}5 = 256 \text{ кг}$$

$$S_6 = S_5 + qC_1L_{5-6} = 256 + 6{,}8 \cdot 4 = 283 \text{ кг}$$

$$S_7 = 1{,}03 \cdot S_6 = 1{,}03 \cdot 283 = 292 \text{ кг}$$

$$S_8 = S_7 + qC_1L_{7-8} = 292 + 6{,}8 \cdot 2{,}5 = 309 \text{ кг}$$

$$S_9 = 1{,}03 \cdot S_8 = 1{,}03 \cdot 309 = 317 \text{ кг}$$
$$S_{10} = S_9 + qC_1L_{9-10} = 317 + 6{,}8 \cdot 21 = 460 \text{ кг}$$
$$S_{11} = 1{,}03S_{10} = 1{,}03 \cdot 460 = 472 \text{ кг}$$
$$S_{12} = S_{11} + qC_1L_{11-12} = 472 + 6{,}8 \cdot 7{,}6 = 524 \text{ кг}$$
$$S_{13} = 1{,}03S_{12} = 1{,}03 \cdot 524 = 538 \text{ кг}$$
$$S_{14} = S_{13} + qC_1L_{13-14} = 538 + 6{,}8 \cdot 10{,}6 = 610 \text{ кг}$$
$$S_{14} = S_{\text{макс}} = 610 \text{ кг}$$

Это вполне допустимо для рабочей цепи с шагом 100 *мм*.

Определение мощности мотора привода

Окружное усилие на приводной звездочке определяем по формуле

$$P = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} = S_{\text{макс}} - S_{\text{мин}} = 610 - 50 = 560 \text{ кг}$$

По каталогам Союзпроммеханизации подбираем привод, имеющий скорость цепи $V = 0{,}6$ *м/мин* при $D = 831{,}7$ *мм* и $n_{\text{мот}} = 950$ об/мин.

Потребная мощность электродвигателя

$$N = 0{,}736 \cdot \frac{PV_{\text{макс}}}{70 \cdot 60\eta_{\text{пр}}} = 0{,}736 \cdot \frac{560 \cdot 0{,}6}{75 \cdot 60\eta_{p_1}\eta_{p_2}\eta_{т_1}\eta_{в}\eta_{т_2}} =$$
$$= \frac{560 \cdot 0{,}6}{60 \cdot 75 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95^2 \cdot 0{,}8} = 0{,}11 \text{ квт}$$

здесь η_{p_1} и η_{p_2} — к. п. д. первого и второго редукторов,
$\eta_{т_1}$ и $\eta_{т_2}$ — к. п. д. первой и второй клиноременной передачи,
$\eta_{в}$ — к. п. д. вариатора.

Учитывая инерцию массы конвейера при пуске, принимаем к установке электродвигатель типа ТАГ-21/6, развивающий мощность $N = 0{,}75$ *квт* при $n = 960$ об/мин.

Проверяем при подобранном приводе и числе оборотов электродвигателя $n = 960$ об/мин. получающуюся скорость конвейера

$$V = 0{,}6 \cdot \frac{960}{950} = 0{,}605 \text{ м/мин}$$

Для получения заданной скорости конвейера $V = 0{,}3$ *м/мин* устанавливаем дополнительно клиноременную передачу с передаточным числом

$$i_{\text{к}} = \frac{0{,}605}{0{,}3} \approx 2$$

Принимаем для малого шкива $D = 120$ *мм*, для большого $D_1 = 240$ *мм*.

Определение веса натяжного груза

Вес натяжного груза

$$G = 1{,}05\,(S_4 + S_5 + T_{\text{н}}) = 1{,}05\,(248{,}5 + 256 + 50) = 582 \text{ кг}$$

где $T_{\text{н}}$ — усилие передвижения натяжной тележки, *кг*.

Принимаем $G = 600$ *кг*.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Бурмистров, Д. К. Суханов, А. К. Щевлякин, Конвейерные устройства поточных линий, Машгиз, 1948.
2. А. В Тихомиров, Г. Я. Ващенко, Альбом оборудования окрасочных цехов, Стандартгиз, 1941.
3. А. О. Спиваковский, Н. Ф. Руденко, Подъемно-транспортные машины, общий курс, Машгиз, 1949.
4. П. С. Козьмин, Машины непрерывного транспорта, ОНТИ, 1935.
5. Справочник «Машиностроение», 9, Машгиз, 1949.
6. В. К. Дьячков, Подвесные конвейеры, Машгиз, 1949.

Глава XVIII

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОКРАСОЧНЫХ ЦЕХОВ

Проектирование окрасочных цехов современных промышленных предприятий представляет сложную задачу, включающую целый комплекс организационных и технических вопросов.

Высокие требования к лакокрасочным покрытиям (декоративный эффект, устойчивость к агрессивным средам, высоким температурам и т. п.) определяют сложность технологии окрашивания, а необходимость интенсификации окрасочных работ требует оснащения окрасочных цехов высокопроизводительным технологическим и транспортным оборудованием.

Расходование в больших количествах лакокрасочных материалов, содержащих легколетучие растворители, наличие в цехе оборудования и аппаратов, потребляющих пар, сжатый воздух, электроэнергию, повышают пожарную опасность и требуют создания особого противопожарного и санитарного режима. В связи с этим возникает необходимость выделения современных окрасочных цехов в обособленные огнестойкие помещения, а в отдельных случаях и в отдельные здания.

Особые требования к месту расположения окрасочных цехов оказывают существенное влияние не только на архитектурно-строительное решение отдельных зданий, но и на их взаимное расположение на генеральном плане предприятия.

Потребление окрасочными цехами в значительном количестве воды, пара, сжатого воздуха и электроэнергии сказывается на энергетике проектируемого предприятия. Поэтому при проектировании окрасочных цехов должна быть тщательно подсчитана и обоснована потребность цеха в оборудовании, производственной площади и всех видах энергии.

Большое внимание должно быть уделено также вопросам организации окрасочных работ, в значительной мере определяющим технико-экономическую эффективность работы цеха. Выбор метода организации окрасочных работ, увязка технологии окрашивания с технологией обработки деталей и сборки их в готовое изделие, правильное размещение окрасочных участков в условиях поточно-массового производства и координация их работы с общим технологическим потоком изготовления и окрашивания изделий — все это представляет очень важные и ответственные этапы проектирования (1, 2, 3).

1. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОСТАВ ПРОЕКТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проектирование промышленных предприятий, а следовательно и окрасочных цехов, четко определены существующим законодательством. Согласно инструкции по составлению проектов и смет, утвержденной постановлением Совета Министров СССР от 26 января 1952 года, различают два вида проектирования промышленных предприятий:

1) по двум стадиям — *проектное задание* со сводным сметно-финансовым расчетом, *рабочие чертежи* — при возможности широкого использования типовых решений или повторного использования имеющихся проектов аналогичных предприятий.

2) по трем стадиям — *проектное задание* со сводным сметно-финансовым расчетом, *технический проект* со сводной сметой, *рабочие чертежи* — при отсутствии возможности использования типовых проектов при проектировании предприятий с новым неосвоенным производством или сложным технологическим процессом.

Проектирование должно вестись комплексно с увязкой технологической, строительной и других частей проекта.

Проектное задание на строительство окрасочного цеха по технологической части должно содержать следующие материалы: производственную программу цеха, режим работы и схему технологического процесса окраски; выбор типов и количества основного оборудования; планировку цеха с расположением в них основного оборудования (при двустадийном проектировании); состав работающих по группам.

При проектировании по трем стадиям дается компоновка помещений без расположения в них оборудования. Количество оборудования определяется ориентировочно.

Технический проект разрабатывается на основе утвержденного проектного задания и должен содержать по технологической части следующие материалы: программу и режим работы цеха, технологический процесс окраски по изделиям, состав работающих, ведомость оборудования с подробной характеристикой, технологическую планировку цеха с расстановкой основного оборудования, расход основных и вспомогательных материалов. Стоимость оборудования определяется по техническим сметам.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Технологическая часть является наиболее важной частью проекта, в которой не только определяются вся производственная деятельность цеха и его техническое оснащение, но определяются также площади цеха и все основные данные для разра-

ботки остальных частей проекта — строительной, сантехнической, энергетической и других.

Месторасположение цеха. В зависимости от количества и характера изделий окрашивание их может производиться или в одном помещении, или на отдельных площадках по месту изготовления деталей, узлов и агрегатов.

В мелких предприятиях, изготовляющих небольшие по габаритам изделия, окраска последних обычно производится в одном территориально выделенном помещении, которое располагается в непосредственной близости от сборочного цеха, подающего изделия на окраску. На крупных предприятиях, изготовляющих в значительных количествах изделия средней величины или крупные изделия, где технологические линии имеют большую протяженность, окрашивание изделий может производиться на нескольких участках, — по месту изготовления деталей или по месту сборки их в узлы и агрегаты. Окончательное окрашивание изделий обычно производится на главном сборочном конвейере или в отдельном территориально выделенном помещении. По соображениям пожарной безопасности окрасочные работы необходимо размещать в одноэтажных огнестойких помещениях, хорошо освещаемых естественным светом. В многопролетных зданиях окрасочные цехи необходимо размещать в крайнем пролете, для обеспечения эвакуационных выходов из цеха непосредственно наружу.

ТАБЛИЦА 73

Спецификация окрашиваемых деталей узлов и агрегатов

Детали узлов и агрегатов	Материал	Количество на 1 изделие	Габаритные размеры $l \times b \times h$, *м*	Поверхность окраски в $м^2$ на 1 изделие		Вес на 1 изделие, *кг*	Номер группы по характеру окраски или № карты технологического процесса окраски
				наружная	внутренняя		
Блок мотора и т. д.	Чугун	1	$1 \times 0{,}5 \times 0{,}8$	2,5	—	120	1 группа

Производственная программа цеха. Объем окрасочных работ зависит от характера и количества окрашиваемых изделий, а также от технических требований, предъявляемых к лакокрасочным покрытиям как в отношении их стойкости, так и внешнего вида. Поэтому к заданию на проектирование окрасочных цехов действующих предприятий, помимо планового задания с указанием годового количества окрашиваемых изделий, должна прилагаться спецификация окрашиваемых деталей узлов и агрегатов с указанием их количества на единицу изделия, материала,

ТАБЛИЦА 74

Годовой фонд времени, рабочего персонала, рабочих мест и оборудования

Число часов работы в смену	Годовой фонд времени рабочего персонала			Годовой фонд времени рабочих мест, часы			Годовой фонд времени оборудования, часы					
	количество дней отпуска	Потери на невыходы по уважительным причинам, % от фонда времени	Годовой фонд времени, часы	при одной смене	при двух сменах	при трех сменах	потери времени на ремонт, %			при одной смене	при двух сменах	при трех сменах
							при одной смене	при двух сменах	при трех сменах			
8	12	4	2266	2456	4912	7061	3,5	4,5	6	2370	4690	6637
8	24	4	2170	2456	4912	7061	3,5	4,5	6	2370	4690	6657
6	24	4	1624	2456	4912	7061	3,5	4,5	6	2370	4690	6637

габаритных размеров, веса, величины окрашиваемой поверхности; кроме того, к заданию на проектирование цеха должны быть приложены технические условия на окраску изделий. Спецификация окрашиваемых деталей, узлов и агрегатов дается по следующей упрощенной форме (табл. 73).

Режим работы и фонды времени. Режим работы окрасочного цеха должен соответствовать режиму работы тех производственных цехов предприятия, которые поставляют цеху изделия на окрашивание. В отдельных случаях это правило может быть нарушено за счет создания сменных запасов на промежуточных складах.

Продолжительность рабочей смены для отдельной категории окрасочных работ устанавливается в соответствии с действующим законодательством.

Годовой фонд времени рабочих мест и оборудования при 307 рабочих днях в году по различным категориям работы устанавливается согласно данным табл. 74.

Организация окрасочных работ. Основными факторами, определяющими организацию окрасочных работ проектируемого предприятия, являются количество и характер окрашиваемых изделий. В небольших предприятиях, выпускающих мелкие изделия, окрашивание обычно является заключительной операцией и производится по окончании технологического цикла изготовления

зделий. На предприятиях массового производства, выпускающих крупные или средние по габаритам изделия, содержащие ного литых, кованых и штампованных деталей, окрашивание последних наиболее целесообразно производить в три этапа:

1) грунтование деталей до их механической обработки;

2) предварительное окрашивание, а при наличии декоративных требований, — шпатлевание и шлифование деталей или собранных узлов и агрегатов до окончательной сборки их в готовое изделие;

3) окончательная окраска собранного изделия.

Такое подразделение цикла окрашивания на отдельные этапы имеет большое практическое значение.

Грунтование деталей до механической обработки позволит предохранить детали от проникновения эмульсии в поры металла и от коррозии деталей при нахождении их на промежуточных складах.

Шпатлевание, шлифование и предварительное окрашивание деталей, узлов и агрегатов до сборки их в готовое изделие дает возможность производить эти операции, когда все обрабатываемые поверхности легко доступны, что обеспечит более высокое качество работы и более высокую производительность труда.

В отдельных случаях, когда окончательная сборка изделий очень проста и исключена возможность повреждения окрашенной поверхности, окончательное окрашивание следует также производить в деталях, узлах и агрегатах, а собранные изделия подвергать лишь тщательной протирке, чтобы удалить загрязнения, появляющиеся в процессе сборки.

При сборке сложных изделий, имеющих много пригоночных операций и болтовых соединений, окончательное окрашивание следует производить после сборки изделия. При этом устраняются все повреждения окрашенной поверхности, возникающие в процессе сборки, а кроме того достигается однородность тона и цвета окраски, придающая изделию красивый внешний вид.

После разделения процесса окрашивания на отдельные этапы и территориального размещения окрасочных работ решается вопрос о методе организации работ в окрасочном цехе или на отдельном окрасочном участке. Различают три основных метода организации окрасочных работ: непрерывно-поточный, прерывно-поточный и непоточный.

Первый из этих методов, являющийся наиболее совершенным, характеризуется тем, что изделия, проходя последовательно по всем операциям технологического процесса окрашивания, находятся в непрерывном движении. Передвижение изделий, как правило, осуществляется при помощи непрерывно-движущихся конвейеров.

Непрерывно-поточный метод организации работ предусматривает применение специального оборудования — камер, которые при длительных технологических операциях имеют вид длинных тоннелей или многоходовых коридоров с постоянно открытыми проемами для входа и выхода изделий. Все оборудование располагается прямолинейно в порядке последовательности выполнения технологических операций.

Прерывно-поточный метод организации окрасочных работ отличается от предыдущего тем, что изделия во время их обработки находятся в состоянии покоя, а продвижение их последовательно по всем операциям технологического процесса совершается через определенные промежутки времени. Движение изделий обычно осуществляется при помощи конвейеров периодического действия. Размещение оборудования, как и при непрерывно-поточном методе, — прямолинейное, в порядке последовательности технологических операций. При этом методе обычно применяются проходные коридорные камеры с периодически открывающимися проемами. При длительных интервалах между передвижениями изделий проемы закрываются.

Это имеет особо важное значение в сушильных камерах, в которых при значительных размерах открытых проемов большое количество тепла теряется с воздухом, выходящим через проемы.

Непоточный метод организации окрасочных работ характеризуется тем, что изделия в течение всего цикла окрашивания или совсем не передвигаются, или передвигаются через произвольные промежутки времени, причем направление их движения может быть и прямым и обратным. При этом методе обычно применяются тупикового или проходного типа камеры периодического действия. Транспортировка изделий может производиться на ручных тележках подвесными транспортными устройствами или комбинированно теми и другими. Оборудование при этом располагается таким образом, чтобы обеспечивались наименьшие грузопотоки при перевозке изделий с одного рабочего места на другое, а также с рабочих мест в сушильные камеры.

Непрерывно-поточный метод применяется преимущественно на предприятиях массового и крупносерийного производства, когда окрашиванию подвергается большое количество однотипных изделий, причем промежуток времени между прохождением одного и другого изделия измеряется минутами или долями минуты. При этом методе организации работ может быть осуществлена полная автоматизация всех операций технологического процесса окрашивания.

Прерывно-поточный метод применяется на предприятиях серийного производства, когда приходится окрашивать сравнительно небольшое количество однотипных изделий средних или

больших габаритов, идущих с интервалами, измеряемыми часами или долями часа.

Непоточный метод применяется во всех случаях, когда два предыдущих метода себя не оправдывают, вследствие малого количества или большой номенклатуры различных по характеру изделий. Он широко распространен на предприятиях индивидуального или мелкосерийного производства.

Технологический процесс окрашивания — наиболее важный этап технологической части проекта, определяющий все его содержание. При разработке технологического процесса окрашивания по каждому объекту устанавливаются системы покрытий, способы окрашивания и потребное оборудование, номенклатура, расход и режим сушки лакокрасочных материалов, а также определяются трудозатраты на каждую операцию.

Основанием для разработки технологического процесса окрашивания служат технические требования к лакокрасочным покрытиям и производственная программа цеха, определяющая необходимость механизации производства.

В технических требованиях к покрытиям должны быть указаны: 1) цвет покрытия; 2) специальные требования к покрытиям (стойкость к кислотам, высоким температурам, атмосферным условиям и т. д.), 3) состояние поверхности, подлежащей окрашиванию (зажиренная, покрытая ржавчиной и т. д.).

В зависимости от требований, предъявляемых к покрытиям, последние можно разделить на два основных вида: защитные и защитно-декоративные.

Основное отличие одного вида покрытий от другого заключается в качестве подготовки и отделки поверхности и в количестве наносимых слоев краски.

Защитная окраска представляет собой однослойное, дву- или трехслойное покрытие по предварительно очищенной и обезжиренной поверхности без каких-либо подготовительных операций. При защитно-декоративных покрытиях отдельные операции технологического процесса многократно повторяют, чтобы в конечном результате получить поверхность изделия с требуемым декоративным эффектом (стр. 227 и сл.).

При проектировании все детали и узлы разбивают на группы по технологии окрашивания и цвету покрытия. Для каждой группы подбирают материалы, руководствуясь номенклатурой и техническими условиями на материалы, вырабатываемые лакокрасочной промышленностью.

Степень детализации технологического процесса в стадии технического проекта должна обеспечить возможность правильно определить потребность в рабочей силе и материалах, а также установить характер и номенклатуру оборудования и аппаратуры.

ВЕДОМОСТЬ 1

Подсчет годового объема работ и специализированных рабочих мест (при непоточной организации работ)

Операции	Трудозатраты на 1 изделие, чел.-часы				Годовой объем работ, чел.-часы	Годовой фонд рабочего времени, часы	Количество рабочих мест		Оборудование рабочего места		
	по карте № 1	по карте № 2	по карте № 3	всего			расчетное	принятое	наименование оборудования	габаритные размеры lbh	Количество
Очистка и обезжиривание	T_1	T_1	T_1	T_1	$T_1 \times K$	Φ_2	$\frac{T_1 K}{\Phi_2}$	Рп	Верстак с вытяжкой	$l_1 b_1 h_1$	B_1
Грунтование: кистью	T_2	T_2	T_2	T_2	$T_2 \times K$	Φ_2	$\frac{T_2 K}{\Phi_2}$	Рп	Верстак малярный	$l_2 b_2 h_2$	B_2
распылением . . .	T_3	T_3	T_3	T_3	$T_3 \times K$	Φ_2	$\frac{T_3 K}{\Phi_2}$	Рп	Камера распыления	$l_3 b_3 h_3$	B_3
Местное шпатлевание	T_4	T_4	T_4	T_4	$T_4 \times K$	Φ_2	$\frac{T_4 K}{\Phi_2}$	Рп	Верстак с вытяжкой	$l_4 b_4 h_4$	B_4
и т. д.											

ВЕДОМОСТЬ 2

Подсчет годового объема работ и специализированных рабочих мест потока окраски (при поточной организации работ)

Наименование операций	Трудозатраты на 1 позицию конвейера (изделие, агрегат, укомплектованная тележка или подвеска конвейера, чел.-мин.)				Календарное время на операцию, мин.	Темп выпуска, мин.	Количество позиций на конвейере или потоке		Количество рабочих мест на 1 позицию		Оборудование рабочей позиции		
	по карте № 1	по карте № 2	по карте № 3	всего			расчетное	принятое	расчетное	принятое	оборудование	габаритные размеры, *мм* *lbh*	количество
Грунтование распылением . . .	T_1	T_1	T_1	T	Тк	в	$\frac{Тк}{в}$	Рп	$\frac{Тк}{в}$	Рм	Камера распыления	$l_1 b_1 h_1$	B_1
Сушка при 100 °С	—	—	—	—	Тс	в	$\frac{Тс}{в}$	Рс	—	—	Сушилка	$l_2 b_2 h_2$	B_2
Шпатлевание . .	T_2	T_2	T_2	T	Тк	в	$\frac{Тк}{в}$	Рп	$\frac{Тк}{в}$	Рм	—	—	—

ВЕДОМОСТЬ 3

Потребное количество технологического и транспортного оборудования и производственного инвентаря

Оборудование	Завод-изготовитель	Краткая техническая характеристика	Габаритные размеры	Вес единицы, *кг*	Количество единиц	Установленная мощность, *квт*	
						на единицу	всего
Камера распыления, покупное оборудование к ней, вентилятор ВР	Изготовлено на месте по чертежу № ———	Конвейерная с гидрофильтром непрерывного действия на 1 рабочее место					
Вентилятор ВР		Центробежный среднего давления $Q_n = м^3/час$; $H = мм$ водяного столба; $n =$ об/мин.					
Электродвигатель ТАГ	Завод «Вольта»	Взрывобезопасный $N = квт$; $n =$ об/мин.					
Сушильная камера и т. д.	Изготовлено на месте по чертежу № ———	Конвейерная непрерывного действия с рециркуляцией воздуха с паровым обогревом					

Подетальная технология окрашивания с более глубокой дифференциацией операций, с уточнением норм затраты труда и материалов разрабатывается в стадии рабочего проекта или непосредственно на производстве после реализации проекта.

Расчет количества специализированных рабочих мест

Основанием для определения количества рабочих мест и оборудования служит составленный технологический процесс окрашивания, в котором установлены нормы трудозатрат по каждой операции на единицу изделия и технологические режимы работы оборудования. Имея данные по трудозатратам на единицу изделия по каждой разновидности технологического процесса и зная годовой выпуск окрашиваемых изделий, нетрудно определить годовой объем работ по каждой операции и потребное количество рабочих мест. Подсчеты ведутся отдельно по каждому территориально обособленному окрасочному участку. Для удобства подсчетов все данные по трудозатратам на отдельные операции по каждой разновидности технологического процесса сводятся в общую ведомость по вышеприведенным формам (ведомость 1 и 2).

Сводная ведомость технологического и транспортного оборудования дается по форме ведомости 3.

Расчет потребности в рабочей силе

Потребность в производственной рабочей силе определяется путем деления годового объема работ по данной специализированной операции на годовой фонд времени рабочего соответствующей специальности. При поточной организации окрасочных работ потребность в производственной рабочей силе для выполнения данной операции определяется путем деления трудоемкости одного обрабатываемого объекта на темп выпуска с добавлением 5—8% для подсмены отсутствующих рабочих.

Полученное таким расчетом количество рабочих сводят в ведомость по форме ведомости 4.

Расчет потребности в материалах

Расход материалов на единицу изделия определяется при составлении карт технологического процесса окрашивания. Суммируя расход однородных материалов по всем картам, подсчитывают общий расход каждой разновидности материалов на единицу изделия. Зная годовой выпуск изделий, находят годовой расход материалов по каждой их разновидности. На месте потребления лакокрасочных материалов производят разбавление их до рабочей вязкости, в зависимости от принятого способа окраски. Для расчета потребности отдельных материалов в прейскурантных наименованиях производят пересчет расхода в соответствии с рабочими рецептурами.

Все данные сводят в ведомости по нижеприведенным формам (ведомости 5 и 6).

Технологическая планировка цеха. Потребная площадь цеха и всех подсобных его помещений определяется технологической планировкой, при составлении которой производится взаимная компоновка помещений на плане и расстановка оборудования и рабочих мест в полученном компоновкой контуре производственной площади.

ВЕДОМОСТЬ 4

Производственная и вспомогательная рабочая сила

Профессии	Годовой объем работ, чел.-часы	Списочное количество рабочих	В том числе в цехе	Количество рабочих в цехе по разрядам						Количество рабочих по сменам		
				II	III	IV	V	VI	VII	1 смена	2 смена	3 смена
А. Производственные рабочие												
Маляр-мойщик												
Маляр-шпатлевщик												
Маляр-шлифовщик												
Маляр												
Маляр-пульверизаторщик												
Маляр-полировщик												
Маляр-живописец												
Итого . . .												
Б. Вспомогательные рабочие												
Маляр по приготовлению красок												
Транспортные рабочие												
Итого . . .												
Всего . . .												

ВЕДОМОСТЬ 5

Годовой расход лакокрасочных материалов в рабочей вязкости

Материалы	Расход материалов в рабочей вязкости				В том числе растворителей		
	на 1 изделие, *кг*	на годовую программу, *т*	добавка на усушку, розлив и т. д.	общий расход за год, *т*	наименование растворителя	разбавление, %	количество, *т*

ВЕДОМОСТЬ 6

Годовой расход лакокрасочных материалов в прейскурантных наименованиях

Материалы	Марка или разряд	Завод-поставщик	Единица измерения	Расход материалов за год	Запас материалов на складе	Примечание

Технологическая планировка цеха суммирует результаты полученных расчетов, давая наглядное представление о количестве и характере производственного оборудования и инвентаря, о количестве работающего персонала, а также о принятом методе организации окрасочных работ и их транспортной связи между собою и с соседними цехами.

Технологическая планировка одновременно является основным заданием для решения архитектурно-строительной части проекта.

К составлению технологической планировки необходимо подходить особенно внимательно, ибо неудачное ее решение приведет к неправильному решению всех остальных частей проекта.

Технологическая планировка цеха имеет целью прежде всего дать наиболее рациональное размещение рабочих, а также всего производственного оборудования и инвентаря, обеспечивающее наибольшие удобства в работе, наилучшую транспортную связь между рабочими местами и производственным оборудованием и наименьшие внутрицеховые грузопотоки.

При размещении рабочих мест и оборудования должны быть обеспечены:

1) прямоточно-последовательное прохождение изделий по всем последовательно выполняемым операциям технологического процесса;

2) необходимые рабочие зоны, проходы и проезды;

3) специализация рабочих мест по характеру выполняемых на них производственных операций;

4) наилучшая освещенность рабочих мест естественным светом;

5) возможность быстрой эвакуации людей в случае пожара;

6) удобная связь с бытовыми и подсобными помещениями.

Характер размещения рабочих мест и оборудования на плане зависит прежде всего от метода организации окрасочных работ.

При непрерывно-поточном методе фронт работ и связанного с ним оборудования обычно растянут в линию, причем при большой протяженности эта линия может иметь несколько ходов в прямом и обратном направлениях. При прерывно-поточном

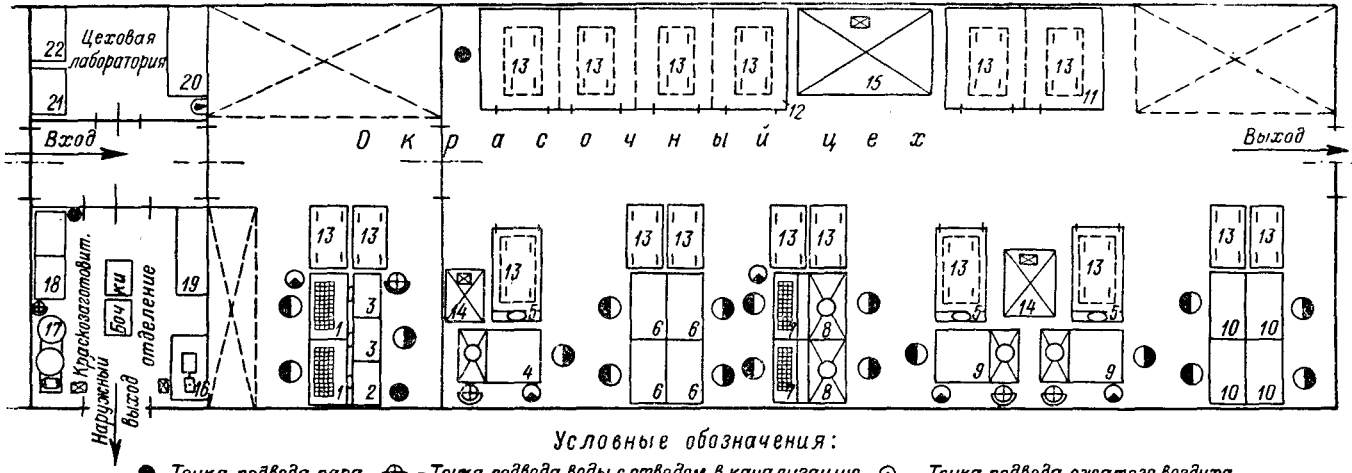


Рис. 159. Технологическая планировка окрасочного цеха при непоточном методе окрасочных работ:

1 — верстаки для очистки от ржавчины; *2* — ванна для обезжиривания щелочью; *3* — ванны для промывки горячей водой; *4* — камера распыления для грунтования; *5* — вытяжные камеры; *6* — верстаки для шпатлевания; *7* — верстаки для шкуровки; *8* — верстаки для мокрого шлифования; *9* — камера распыления для окрашивания; *10* — верстак для шлифования и полирования; *11* — сушильная камера двусекционная; *12* — сушильная камера четырехсекционная; *13* — тележки-этажерки; *14* — подставки для вентиляционного оборудования; *15* — подставки для тепловентиляционного оборудования; *16* — стол с дисковой краскотеркой; *17* — краскомешалка двубачковая; *18* — ванна для мытья посуды; *19* — стеллаж для материалов; *20* — лабораторный стол; *21* — вытяжной шкаф; *22* — стол для приборов

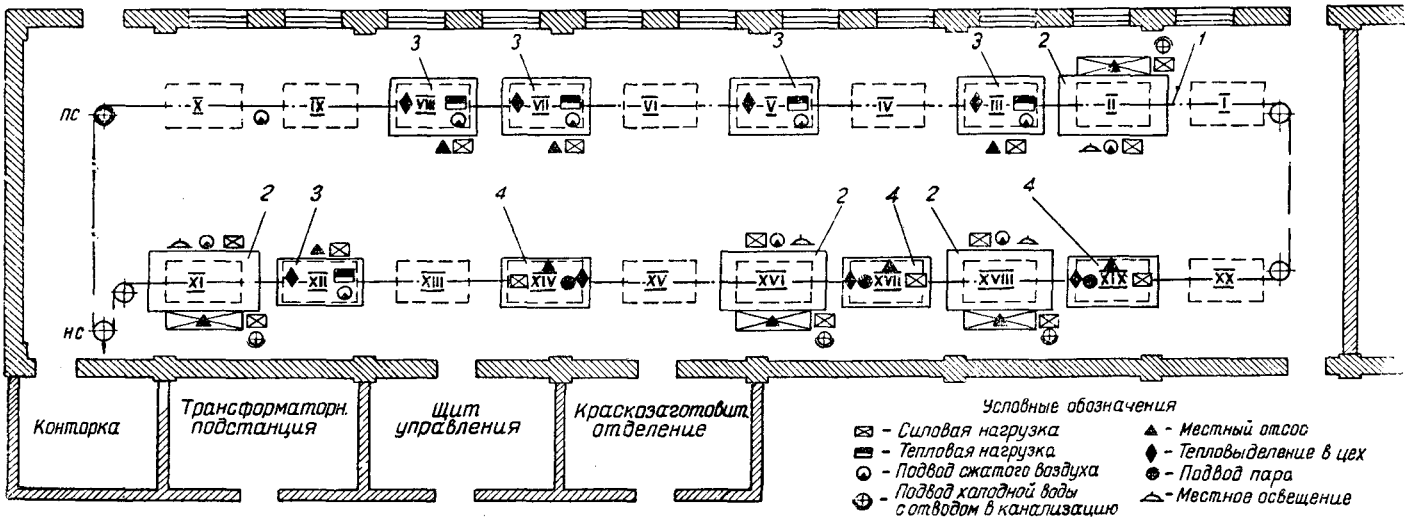


Рис. 160. Технологическая планировка окрасочного цеха при прерывно-поточной организации работ:

1 — конвейер подвесной; *2* — распылительная проходная камера; *3* — сушильная установка; *4* — сушильная проходная камера; ПС — приводная станция; НС — натяжная станция:

I — загрузка конвейера; *II* — грунтование; *III* — сушка ТПЧ; *IV* — шпатлевание сплошное 1-ое; *V* — сушка ТПЧ; *VI* — легкая шкуровка и шпатлевание сплошное 2-ое; *VII* — сушка ТПЧ; *VIII* — сушка ТПЧ; *IX*, *X* — шлифовка мокрая с протиркой; *XI* — грунтование выявительное; *XII* — сушка ТПЧ; *XIII* — выправка нитрошпатлевкой; *XIV* — сушка; *XV* — подшлифовка выправленных мест; *XVI* — окраска; *XVII* — сушка; *XVIII* — матирование; *XIX* — сушка; *XX* — снятие с конвейера

методе фронт работ в большинстве случаев располагается в одну линию или в несколько параллельных линий.

При непоточном методе организации размещение окрасочных работ обычно делается в продольном и поперечном направлениях. Производственные площадки окрасочных цехов при этом

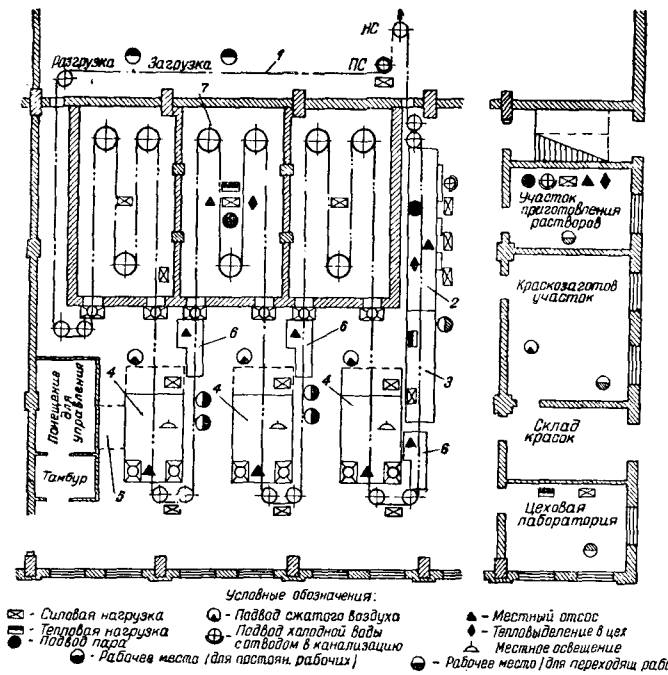


Рис. 161. Технологическая планировка окрасочного цеха при непрерывно-поточной организации работ:

1 — конвейер подвесной; *2* — агрегат подготовки поверхности деталей к окраске; *3* — камера для сушки от влаги после промывки; *4* — распылительная камера; *5* — установка высоковольтной аппаратуры; *6* — вытяжная камера; *7* — блок сушильных камер; ПС — приводная станция; НС — натяжная станция

получаются прямоугольные с соотношением сторон, по возможности не превышающем от 3 : 1 до 4 : 1.

При непоточном методе организации работ окрасочные цехи наиболее рационально размещать в однопролетном здании с шириной пролета 9—12 *м* и высотой 4,5—5 *м*, с односторонним или двусторонним естественным освещением, с широким проездом вдоль пролета и с размещением рабочих мест и оборудования с обеих сторон проезда.

Крупные окрасочные цехи с поточной организацией работ размещаются в многопролетных зданиях, причем одна сторона цеха

должна быть обязательно наружной, чтобы обеспечить непосредственный выход рабочих наружу.

При размещении рабочих мест и оборудования необходимо принимать следующие размеры рабочих зон проходов и проездов:

Ширина рабочей зоны	0,8—1 *м*
Ширина прохода	1,5 *м*
Ширина проезда при тележечном транспорте	2,5 „
Разрыв между проемами распылительной и сушильной камер, желателен не менее	2,0 „

На рис. 159, 160, 161 даются примеры технологической планировки окрасочных цехов при различных методах организации окрасочных работ.

Расчет расхода воды, пара, воздуха и электроэнергии

Расход воды. Потребителями воды в окрасочных цехах являются агрегаты для обезжиривания и промывки, камеры распыления, оборудованные гидрофильтрами, рабочие места для мокрого шлифования и т. д.

Подсчет потребности в воде производится при технических расчетах производственного оборудования. Одновременно устанавливают и режим потребления воды. Для выявления общего расхода воды в цехе составляют сводную ведомость расхода воды по нижеприведенной форме (ведомость 7):

ВЕДОМОСТЬ 7

Расход воды для технологических целей

Оборудование, потребляющее воду	Количество однотипного оборудования	Годовое число часов работы оборудования	Максимальный часовой расход воды, *л*		Средний расход воды, *л*		Годовой расход воды, $м^3$
			на единицу оборудования	на все оборудование	на единицу оборудования	на все оборудование	

Расход пара. Потребителями пара в окрасочных цехах являются сушильные камеры, моечные машины, агрегаты для обезжиривания и фосфатирования и т. п.

Количество потребляемого ими пара и режим его потребления устанавливаются в технических расчетах этого оборудования.

Для подсчета общего расхода пара составляют сводную ведомость по нижеприведенной форме (ведомость 8).

Расход сжатого воздуха. Потребителями сжатого воздуха в окрасочных цехах являются краскораспылители, обдувочные точки, пневматические аппараты и т. п.

Расход сжатого воздуха определяется по среднему практическому расходу на каждую точку потребления. Режим расхода сжатого воздуха каждой точкой устанавливается в зависимости от трудоемкости операции, связанной с потреблением сжатого воздуха. Следует, однако, иметь в виду, что при

ВЕДОМОСТЬ 8

Расход пара для технологических целей

Оборудование, потребляющее пар	Количество однотипного оборудования	Давление пара, *ата*	Расход пара, *кг*		Годовое число часов работы оборудования	Годовой расход пара, *т*
			на единицу оборудования	на все оборудование		

выполнении операций, связанных с потреблением сжатого воздуха, последний расходуется с перерывами. Поэтому при определении расхода воздуха вводят поправочные коэффициенты:

1) коэффициент загрузки оборудования и 2) коэффициент загрузки точки потребления.

Удельные расходы сжатого воздуха (с пересчетом его на свободный воздух) для различных потребителей принимаются следующие:

Для краскораспылителей . . . . . 0,2 —0,25 *м*³/*мин*
Для обдувочных точек . . . . . 0,25—0,3 *м*³/*мин*
Для пневматических подъемников . 0,05—0,4 *м*³ на один подъем
Для пневматических инструментов . 0,3 —0,5 *м*³/*мин*

Общий расход сжатого воздуха сводится в виде ведомости 9.

ВЕДОМОСТЬ 9

Расход сжатого воздуха для технологических целей

Наименование потребителей и их характеристика	Количество однотипных потребителей	Давление воздуха, *ата*	Максимальный часовой расход воздуха, *м*³		Среднечасовой расход воздуха, *м*³		Число часов работы в год	Годовой расход свободного воздуха, *м*³
			на единицу оборудования	всего	на единицу оборудования	всего		

Расход электроэнергии. Электроэнергия в окрасочных цехах расходуется как для освещения, так и для силового электрооборудования, которое устанавливается для приведения в движение вентиляторов, электрического инструмента, конвейеров и т. д. Кроме того, в окрасочных цехах нередко устанавливаются электронагревательные приборы. Так как в технических расчетах производственного оборудования производится выбор электромоторов и электрокалориферов, то для проектирования сетей и пусковых устройств составляется ведомость потребителей силовой и тепловой электроэнергии, выбранных при расчете технологического оборудования.

Все данные по силовым и тепловым потребителям сводят по форме ведомости 10.

ВЕДОМОСТЬ 10

Потребители силовой и тепловой электроэнергии

Потребитель	Количество однотипного оборудования	Потребители электроэнергии на единицу оборудования (количество)	Мощность установленного электрооборудования		Коэффициент загрузки оборудования		Характеристика электромоторов	
			единицы	всего	по времени	по мощности	марка	число оборотов

Расчет количества удаляемого из цеха воздуха и тепловыделений в цех

Для проектирования отопления и вентиляции окрасочного цеха необходимо определить количество воздуха, удаляемого из цеха, и установить тепловыделение, производимое оборудованием в процессе выполнения технологических операций.

Удаление воздуха из цеха производится местными вытяжками, установленными в распределительных и сушильных камерах, а также у агрегатов для обезжиривания, окунания, обливания и т. д.

Выделение тепла в процессе работы производится сушильными камерами, нагретыми изделиями, агрегатами для обезжиривания, работающими с подогревом, электромоторами и т. д.

Данные по удалению воздуха и тепловыделению сводятся в общую ведомость (ведомость 11).

ВЕДОМОСТЬ 11

Количество удаляемого из цеха воздуха и тепловыделений в цех

Оборудование	Количество однотипного оборудования	Расход воздуха местными вытяжками, *м³/час*		Тепловыделения в цех, *ккал/час*		Коэффициент загрузки оборудования	
		на единицу оборудования	всего	на единицу оборудования	всего	по местным вытяжкам	по тепловыделениям

Данные, приведенные в ведомостях расхода воды и всех видов энергии, передаются как задания для проектирования специальных частей проекта.

Для наглядности эти данные следует перенести на технологическую планировку, проставив по каждой единице оборудования расход воды и всех видов энергии, а также указав количество удаляемого из цеха воздуха и количество тепловыделений в цех.

Вспомогательные отделения

Краскозаготовительное отделение. В зависимости от расхода лакокрасочных материалов краскозаготовительные отделения проектируют с периодической подачей лакокрасочных материалов к местам потребления в закрытой таре или с непрерывной подачей при помощи насосов по закольцованной системе труб. В первом случае краскозаготовительные отделения обычно располагают при окрасочном цехе в огнестойко-изолированных помещениях. Во втором случае краскозаготовительные отделения проектируют в отдельно стоящем здании, причем это здание на генплане предприятия размещают таким образом, чтобы трасса трубопроводов для подачи красок была наиболее короткой.

Краскозаготовительные отделения, размещенные при цехе, оснащают приводными краскомешалками, краскотерками для переработки отходов и приготовления нестандартных шпатлевок. Для мойки посуды краскозаготовительные участки оснащают ваннами для щелочи и воды с подогревом их паровыми змеевиками. Для хранения текущих запасов лакокрасочных материалов при краскозаготовительном отделении устраиваются небольшие огнестойкие кладовые с возможностью размещения в них сменной потребности в материалах. Кладовая должна иметь наружный выход для загрузки материалов.

Кладовые краскозаготовительных отделений, размещаемых в отдельных зданиях, предусматриваются на 5—7-дневную потребность в лакокрасочных материалах, причем для растворителей в таких случаях устраивают подземные цистерны.

Потребность в оборудовании для приготовления лакокрасочных материалов суммируют следующим образом (ведомость 12):

ВЕДОМОСТЬ 12

Расчет оборудования для приготовления лакокрасочных материалов

Лакокрасочные материалы	Количество на годовую программу, *т*	Емкость оборудования на одну загрузку, *кг*	Количество загрузок в год	Время в часах на операцию		Годовой фонд времени работы оборудования	Наименование и тип оборудования	Количество оборудования	
				на одну загрузку	на годовую программу			расчетное	принятое

Лаборатория. При краскозаготовительных отделениях обычно предусматривается небольшая цеховая лаборатория, осуществляющая контроль лакокрасочных материалов, подаваемых из краскозаготовительного отделения к местам потребления, а также контроль качества получаемых покрытий. Лаборатория оснащается комплектом контрольно-измерительных приборов.

Площадь лаборатории и оснащенность ее оборудованием и аппаратурой зависят от масштабов производства и характера технологии окрашивания. Так как более подробные испытания материалов и покрытий должны производиться в центральной лаборатории предприятия, для цеховых лабораторий достаточна площадь в 15—30 $м^2$ при штате работников в 1—3 человека.

Технические показатели

Для суждения об эффективности работы проектируемого цеха составляются следующие технические показатели:

1. Годовой выпуск на 1 $м^2$ производственной площади цеха, выраженный в штуках, тоннах и квадратных метрах окрашенной поверхности.
2. Годовой выпуск на одного производственного рабочего, выраженный в тех же показателях.
3. Производственная площадь на одного производственного рабочего, находящегося в цехе, в $м^2$.
4. Энерговооруженность одного производственного рабочего, находящегося в цехе, в *квт*.
5. Трудоемкость в чел.-час., отнесенная к 1 $м^2$ окрашенной поверхности, к 1 *т* изделий или к одному изделию.

Все эти данные характеризуют целесообразность принятых планировочных решений, производительность труда, степень механизации производственных процессов. Сопоставляя их с показателями по ранее выполненным проектам аналогичных производств, можно судить о качестве проекта.

3. ОСНОВНЫЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОКРАСОЧНЫМ ЦЕХАМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Большинство лакокрасочных материалов, имеющих широкое применение, как то: масляные и асфальтовые лаки и эмали, перхлорвиниловые, нитро- и другие эмали — для доведения их до рабочей вязкости различными растворителями, которые по температуре воспламенения относятся к жидкостям 1-го класса [4, 5].

В связи с этим большинство окрашенных цехов, применяющих лакокрасочные материалы, по противопожарным нормам относятся к категории А. К ним могут составить лишь окрасочные цехи, потребляющие краски на натуральной олифе, казеиновые краски, водоразбавляемые эмульсионные краски и т. п.

Не следует распространять эти требования на окрасочные цехи или их отдельные обособленные малярные участки, потребляющие материалы, содержащие растворители в очень малых количествах (всякого рода шпатлевки, эмульсионные пасты и т. п.).

Могут быть исключения из указанных правил для цехов, потребляющих малые количества масляных красок и эмалей. Однако такие исключения должны быть согласованы с местным пожарным надзором.

Устройство и расположение зданий и помещений

1. Окрасочные цехи, применяющие жидкости 1-го класса, по степени пожароопасности в соответствии с противопожарными нормами Н-102-54 должны быть отнесены к категории *А*.

2. Окрасочные цехи, как правило, следует располагать в одноэтажных зданиях или в верхних этажах многоэтажных зданий у наружных стен, имеющих оконные проемы.

3. Все конструктивные элементы помещений для окрасочных работ должны быть выполнены из огнестойких материалов.

4. Помещения для окрасочных работ должны быть огнестойко ограждены от других помещений.

5. Высота производственных помещений должна быть не менее 3,25 *м*, а бытовых — не менее 2,5 *м*.

6. Полы следует устраивать бетонные с затиркой жирным цементом.

7. Помещения должны быть снабжены устройствами для проветривания независимо от наличия искусственной вентиляции.

8. Все двери должны открываться в сторону ближайших наружных выходов, а двери выходов — наружу.

9. Расстояния от наиболее удаленного рабочего места до выхода наружу или в лестничную клетку должны быть не более 30 *м* в одноэтажных зданиях и не более 25 *м* в многоэтажных зданиях.

10. При необходимости устройства сообщений с соседними помещениями проемы должны иметь огнестойкие двери с пределом огнестойкости не менее 0,75 часа.

11. Поверхность окон или легкосбрасываемых панелей перекрытий должна быть не менее 0,05 $м^2$ на 1 $м^3$ помещения.

12. Помещение для окрасочных работ должно иметь два выхода, из которых один должен быть наружным. Устройство одного выхода допускается для помещений площадью до 100 $м^2$.

13. Для пожаротушения помещения окрасочных цехов, краскозаготовительных отделений и складов лакокрасочных материалов (из расчета на каждые 50 $м^3$ помещения) должны быть обеспечены следующими средствами пожаротушения: двумя густопенными огнетушителями, одним ящиком с песком емкостью 0,3—0,5 $м^3$, одним асбестовым одеялом и одной лопатой.

Санитарно-технические устройства

Санитарно-технические устройства окрасочных цехов должны быть выполнены в соответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий Н-101-54.

Отопление

14. Отопление окрасочных цехов должно быть воздушное или водяное низкого давления.

15. Поверхности отопительных приборов в случае применения водяного отопления должны быть гладкими, удобными для очистки от пыли.

16. В помещении окрасочных цехов должна поддерживаться температура не ниже 15° при относительной влажности 50—60%.

17. При воздушном отоплении рециркуляция приточного воздуха не допускается.

Искусственная вентиляция

18. Вентиляция окрасочных цехов должна устраиваться по принципу отсосов от мест образования вредных паров или газов. Подача приточного воздуха должна производиться в рабочую зону. Температура приточного воздуха не должна превышать 45° при расстоянии более 2 *м* от работающего. Допускается превышение вытяжки над притоком в пределах 10—15%.

19. Скорость воздуха должна быть такова, чтобы не ощущалось резких токов воздуха.

20. Содержание в воздухе помещений пыли, газов и паров растворителей не должно превышать норм, допускаемых санитарными нормами Н-101-54,

21. Воздух, загрязненный красочной пылью при окраске распылением, следует обязательно очищать в специальных фильтрах перед выбросом его в атмосферу. Выброс воздуха должен производиться на 1 *м* выше примыкающих к воздуховоду точек крыши.

22. Расстояние между местами забора свежего вентиляционного воздуха и выброса отработанного должно быть по горизонтали не менее 10 *м*.

Водопровод и канализация

23. Помещения окрасочных цехов, краскозаготовительных отделений и складов лакокрасочных материалов должны быть оборудованы внутренними пожарными кранами по существующим нормам.

24. Производственные и бытовые нужды окрасочных цехов должны быть обеспечены достаточным количеством доброкачественной воды из расчета:

а) для хозяйственно-бытовых нужд 25 *л* на 1 рабочего в смену,

б) для душевых нужд 60 *л* на 1 рабочего в смену.

25. Сточные производственные и бытовые воды должны удаляться через общую систему канализации.

Искусственное освещение

26. Все рабочие и вспомогательные помещения окрасочных цехов должны быть оборудованы искусственным освещением по нормам освещенности, согласно Н-101-54.

27. В помещениях, где в больших количествах расходуются или хранятся нитроматериалы или растворители, освещение устраивается наружное или взрывобезопасное светильниками ВЗБ-200.

28. Для ремонтных работ должна быть устроена низковольтная сеть на 24 *в*.

29. Электросеть окрасочных цехов должна быть проложена кабелем в закрытых бороздах или проводом ПРТО в стальных трубах.

Безопасное устройство и содержание оборудования

Окрасочное оборудование

30. Окрашивание распылением должно производиться в специально устроенных камерах распыления.

31. Камеры распыления должны быть таких размеров, чтобы изделия полностью помещались в них и был обеспечен удобный подход рабочего к окрашиваемому изделию. Исключение могут составлять камеры для крупных изделий, полное укрытие которых технически сложно.

32. Вытяжная вентиляция от камер должна быть рассчитана таким образом, чтобы обеспечить полное удаление красочной пыли и паров растворителей и исключить возможность выхода их в помещение. Скорость воздуха в открытых проемах должна быть не менее 0,8 *м/сек*.

33. Камеры распыления должны быть оборудованы гидрофильтрами или другими фильтрующими устройствами, обеспечивающими улавливание распыленных частиц краски.

34. Во избежание искрообразования роторы вентиляторов должны быть изготовлены из цветного металла.

35. Окрасочная аппаратура, работающая под давлением, должна быть снабжена исправными манометрами и предохранительными клапанами. Последние должны быть установлены на предельное давление и запломбированы.

36. Очистка кабин от оседающих красок должна производиться ежедневно, а очистка вентиляционной сети камер — не реже 1 раза в месяц. Для очистки должен применяться инструмент из цветного металла.

37. Если при окрашивании окунанием применяются ванны большой емкости, то должно быть предусмотрено их укрытие в специальные камеры, оборудованные вентиляцией. Кроме того, должен быть предусмотрен аварийный слив всей краски в специальный резервуар, находящийся за пределами цеха. Небольшие ванны должны иметь плотно закрывающиеся крышки.

38. Вытяжные камеры, в которых размещены ванны с краской, должны быть оборудованы асбестовыми одеялами и всеми противопожарными средствами. При возможности герметизации камеры лучшим средством для прекращения начавшегося пожара является тушение паром.

39. Все окрасочное оборудование должно изготовляться из несгораемых материалов.

Оборудование для сушки

40. Искусственную сушку окрашиваемых изделий следует производить в специально оборудованных камерах, которые должны иметь надежную теплоизоляцию, обеспечивающую наружную температуру стенок не более 30°.

41. Сушильные камеры должны быть оборудованы вентиляцией, исключающей возможность образования взрывоопасных концентраций.

42. Нагревательные приборы сушильных камер предпочтительнее делать выносными с принудительной подачей горячего воздуха.

43. Естественная сушка изделий, окрашенных нитроматериалами, должна производиться также в камерах, оборудованных вентиляцией.

Оборудование для шлифования

44. Рабочие места для сухого шлифования и очистки должны иметь вытяжную вентиляцию, обеспечивающую надежное удаление пыли.

45. Рабочие места для мокрого шлифования должны быть оборудованы устройствами для удаления жидкости. Верстаки должны быть обиты оцинкованным железом с устройством стока жидкости.

46. Вращающиеся круги и шайбы для механического шлифования должны иметь ограждения.

Электрооборудование

47. В помещении для окрашивания электромоторы и аппаратура к ним должны устанавливаться взрывобезопасные.

48. Выключатели и предохранители должны быть вынесены из помещения.

49. Ременные приводы в помещениях не разрешаются. В виде исключения могут быть допущены клиноременные передачи.

50. Все пусковые устройства и электропроводка должны быть выполнены по правилам для взрывоопасных помещений категории В-I-а.

51. Все металлическое оборудование окрасочных цехов должно быть надежно заземлено. Магистрали заземления должны прокладываться по возможности открыто и должны быть защищены от механических повреждений.

Санитарно-профилактические мероприятия

52. Все рабочие, работающие в окрасочных цехах с лакокрасочными материалами, должны быть снабжены спецодеждой и мылом по существующим нормам.

53. Рабочим, работающим с кислотами и едкими щелочами, следует выдавать дополнительную спецодежду (резиновые перчатки, резиновые нарукавники, фартуки и т. п.).

54. Каждый окрасочный цех должен иметь пункт первой медицинской помощи (если он изолирован от других производств).

55. Все рабочие окрасочного цеха, занятые окрасочными работами или приготовлением красок с применением растворителей, должны не реже 1 раза в 6 месяцев подвергаться квалифицированному медицинскому освидетельствованию в соответствии с существующими инструкциями.

56. Окрасочные цехи, изолированные от других производственных помещений, должны быть оборудованы санитарно-бытовыми помещениями — гардеробной, помещением для приема пищи, душевой, курительной, уборной; в гардеробной должны быть установлены индивидуальные шкафчики, в помещении для приема пищи — баки с кипяченой водой. Душевая должна иметь не менее 1 рожка на каждые 10 человек.

4. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ, ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Для хранения основных запасов лакокрасочных материалов должны быть созданы специальные склады.

В цеховых складах допускается запас лакокрасочных материалов, не превышающий сменной потребности.

Все помещения для хранения лакокрасочных материалов должны строиться в соответствии с нормами строительного проектирования и строительства, установленными для данной категории зданий.

2. Все процессы переливания растворителей, перекачивания по трубопроводам должны предохраняться от накопления статического электричества.

3. Хранение, транспортировка и использование материалов в открытых сосудах воспрещается.

4. Безусловно воспрещается применение открытого огня или искрообразования во всех складских помещениях, в которых хранятся лакокрасочные материалы.

5. Обтирочные материалы следует складывать в специальные железные ящики с крышками, которые должны находиться вне помещения.

6. Подготовка материалов к работе должна производиться в специальном, для этого приспособленном, огнестойком изолированном помещении (краскозаготовительной).

7. Процесс перемешивания должен производиться в закрытых аппаратах — краскомешалках с герметическими крышками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник «Машиностроение», 14, Машгиз, 1949.
2. Справочник проектанта машиностроительных заводов, Машгиз, 1946.
3. Инструкция по составлению проектов и смет, Госстройиздат, 1952.
4. Противопожарные нормы строительного проектирования Н-102—54, Госстройиздат, 1954.
5. Санитарные нормы проектирования промпредприятий Н-101—54, Госстройиздат, 1954.

Физико-химические константы

Наименование растворителя	Формула	Удельный вес к воде при 4° С	Теплоемкость, *ккал/кг·°С*	Теплота испарения, *ккал/кг*	Температура кипения, °С
Амилацетат	$CH_3COOC_5H_{11}$	0,874 при 18°	—	84	40
Амиловый спирт	$C_5H_{11}OH$	0,810 при 20°	0,6 (10—65°)	120	130—132
Ацетон	CH_3COCH_3	0,797 при 15°	—	125	56,2
Бензин лаковый (уайт-спирит)	—	0,76—0,82	ок. 0,42—0,45	—	140—200
Бензин легкий	—	0,63—0,72	ок. 0,5	91	ниже 100
» тяжелый	—	0,76—0,78	ок. 0,42—0,45	ок. 60	100—150
Бензол	C_6H_6	0,879	0,42	93	80,2
Бутилацетат	$CH_3COOC_4H_9$	0,883	0,505	73,8	126
Бутиловый спирт	C_4H_9OH	0,815 при 0°	0,61	130	108
Бутилцеллозольв	$HOCH_2CH_2OC_4H_9$	0,919	0,583	—	170,6
Дихлорэтан	CH_2Cl $\vert$ CH_2Cl	1,252	0,305 (30°)	87,4	80—86
Керосин	—	0,770—0,810	ср. 0,5	—	150—13
Ксилол (*орто*, *мета* и *пара*)	$C_6H_4(CH_3)_2$	ср. 0,8629	0,40	83	ср. 139,
Метиловый спирт	CH_3OH	0,793	0,50	—	66,2
Скипидар	—	0,856—0,872	0,50	—	155—17
Сольвент-нафта	—	0,865	—	—	130—19
Тетрахлорэтан	$CHCl_2$ $\vert$ $CHCl_2$	1,628	0,227	57	145

КЕНИЯ

ТАБЛИЦА 1

ажнейших растворителей

Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Упругость паров (*мм*) при температуре, °С				Нижний предел взрываемости		Верхний предел взрываемости		Допустимая санитарная концентрация, *мг/л*	Удельный вес в газо- и парообразном состоянии, *кг/м³*
		22	40	60	80	% (объемн.)	*г/м³*	% (объемн.)	*г/м³*		
20—85	—	73	186	415	833	2,2	117	10	532	0,1	—
ок. 44	349	2	10	33	96	2,2	117	10	532	0,1	3,147
—17	633	184,6	421,5	860	1610	2,5	60,5	9,0	218	0,2	2,034
Выше 28	280	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—
от—50 до—30	250	250—300	—	—	—	1,0	37	6,0	223	0,3	2,98
т—20 до —10	267	75—100	—	—	—	—	—	—	—	0,3	3,45
—8	580	75	182	390	752	1,5	48,7	9,5	308	0,05	2,77
+25	422	10	30	70	175	1,7	15	80,6	712	0,2	4,0
от 27 до 34	366	9	32	96	252	—	—	—	—	0,2	—
60,5	—	0,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	449	65	180	370	700	16,2	—	15,9	—	0,05	—
28	280	20	—	—	—	1,4	—	7,5	—	—	—
29—50	553	(*орто*) 10,0	23,7	52,4	109	3,00	130	7,60	330	0,05	3,68
от —1 до+32	475	90	260	625	1340	60	78,5	36,5	478	0,05	1,20
30	270	—	—	—	—	0,8	—	44,5	—	0,3	4,66
21—47	250	36	—	—	—	—	49,9	—	—	0,1	—
Не воспламеняется	—	11	—	—	—	—	—	—	—	Не допускается	5,79

Наименование растворителя	Формула	Удельный вес к воде при 4° С	Теплоемкость, *ккал/кг·°С*	Теплота испарения, *ккал/кг*	Температура кипения, °С
Толуол	$C_6H_5CH_3$	0,864	0,42	86	110,7
Трихлорэтилен	$\begin{matrix}CHCl\\\|\\CCl_2\end{matrix}$	1,4655 20°	1,465	57,3	86,7
Хлорбензол	C_6H_5Cl	1,107	0,33	75	132
Хлористый этилен	$(CHCl)_2$	1,250	—	—	55
Целлозольв	$HOCH_2 \cdot CH_2OC_2H_5$	0,936	0,555	—	134,8
Этилацетат	$CH_3COOC_2H_5$	0,898	0,478	34	77,2
Этиленгликоль	$(CH_2OH)_3$	1,118 13°/15°	0,575	235,5 при 130,6°	197
Этиловый спирт 95°	C_2H_5OH	0,8075	0,61	205	78,2
н-Пропиловый спирт	C_3H_7OH	0,804	—	—	97
Четыреххлористый углерод	CCl_4	1,595	—	—	76,8
Циклогексанол	$C_6H_{11}OH$	0,945	—	—	160
Циклогексанон	$C_6H_{10}O$	0,945	—	—	154—15
Диоксан	$C_4H_8O_2$	1,065	—	—	74
Метилэтилкетон	$CH_3COC_2H_5$	0,830	—	—	86
Метилизобутилкетон	$(CH_3)_2CHOH_2COCH_3$	0,802	—	—	118
Нитропропан	$C_3H_7NO_2$	1,003	—	—	101
Нитрометан	CH_3NO_2	1,139	—	—	132

Продолжение

Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Упругость паров (*мм*) при температуре, °С				Нижний предел взрываемости		Верхний предел взрываемости		Допустимая санитарная концентрация, *мг/л*	Удельный вес в газо- и парообразном состоянии, *кг/м³*
		22	40	60	80	% (объем)	*г/м³*	% (объем)	*г/м³*		
6 — 30	553	—	59,1	139,5	289,7	1,3	48,2	7,0	264	0,1	3,20
Нет при точке кипения	—	48	160	315	610	—	—	—	—	0,05	4,58
28,5	—	9	26	65	145	—	—	—	—	0,05	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05	—
40	—	4,6	16	40	100	2,6	9,5	15,7	574	0,2	—
0,5	484	73	186	415	833	2,3	82,7	11,4	410	0,2	3,14
116	—	0,1	ок. 0,5	1,8	ок. 6	—	—	—	—	0,001	—
9—32	421	44	134	350	812	3,5	65,8	18	338	1,0	1,613
67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	2,07
Не воспламеняется	—	89,5	—	—	—	—	—	—	—	0,001	5,32
155	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
148	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	77	—	—	—	—	—	—	—	—	2,41
74	—	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	—	27,8	—	—	—	2,5	—	—	—	—	—
39,5	—	129	—	—	—	7,5	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА II

Удельный вес воздуха в интервале от —35 до +300 °С

t, °С	γ, кг/м³	t, °С	γ, кг/м³	t, °С	γ, кг/м³	t, °С	γ, кг/м³	t, °С	γ, кг/м³	t, °С	γ, кг/м³
—35	1,484	32	1,157	68	1,035	104	0,936	138	0,858	205	0,738
—25	1,423	34	1,150	70	1,028	106	0,931	140	0,854	210	0,730
—15	1,368	36	1,142	72	1,023	108	0,927	142	0,850	215	0,724
—10	1,342	38	1,135	74	1,017	110	0,922	144	0,846	220	0,718
— 5	1,317	40	1,128	76	1,011	112	0,915	146	0,842	225	0,709
+ 1	1,288	42	1,121	78	1,006	114	0,910	148	0,838	230	0,700
5	1,270	44	1,114	80	1,00	116	0,906	150	0,835	235	0,696
10	1,248	46	1,107	82	0,994	118	0,902	155	0,825	240	0,688
12	1,239	48	1,100	84	0,989	120	0,898	160	0,815	245	0,682
14	1,230	50	1,093	86	0,983	122	0,894	165	0,805	250	0,676
16	1,222	52	1,086	88	0,978	124	0,890	170	0,795	255	0,670
18	1,213	54	1,080	90	0,973	126	0,885	175	0,787	260	0,664
20	1,205	56	1,073	92	0,967	128	0,880	180	0,779	265	0,657
22	1,197	58	1,067	94	0,962	130	0,876	185	0,770	270	0,650
24	1,189	60	1,060	96	0,957	132	0,872	190	0,760	280	0,638
26	1,181	62	1,054	98	0,951	134	0,868	195	0,754	390	0,628
28	1,173	64	1,048	100	0,946	136	0,863	200	0,747	300	0,617
30	1,165	66	1,041	102	0,941						

ТАБЛИЦА III

Основные константы насыщенного водяного пара

Давление абсолютное P, кг/см²	Температура насыщения, °С	Удельный объем пара, м³/кг	Удельный вес пара, кг/м³	Теплосодержание пара, ккал/кг	Теплота испарения, ккал/кг
0,25	64,56	6,318	0,1583	625,0	560,5
0,50	80,86	3,299	0,3031	631,6	550,7
0,70	89,45	2,408	0,4153	635,1	545,6
1,00	99,09	1,725	0,5797	638,8	539,6
1,10	101,76	1,578	0,6337	639,8	537,9
1,20	104,25	1,455	0,6873	640,7	536,5
1,30	106,56	1,350	0,7407	641,6	534,9
1,40	108,74	1,259	0,7943	642,3	533,4
1,50	111,79	1,181	0,8457	643,1	532,1
1,60	112,79	1,111	0,9001	643,6	530,8
1,80	116,33	0,9954	1,005	645,1	528,5
2,0	119,62	0,9018	1,109	646,3	526,4
2,2	122,65	0,8248	1,212	647,3	524,3
2,4	125,46	0,7603	1,315	648,5	522,4
2,6	128,08	0,7055	1,417	649,2	520,7
2,8	130,55	0,6581	1,520	650,0	518,9
3,0	132,88	0,6169	1,621	650,7	517,3
3,2	135,08	0,5845	1,722	651,4	515,7
3,4	137,18	0,5453	1,823	652,1	514,3
3 6	139,18	0,5199	1,923	652,6	512,9

Продолжение табл. III

Давление абсолютное P, *кг/см²*	Температура насыщения, °С	Удельный объем пара, *м³/кг*	Удельный вес пара, *кг/м³*	Теплосодержание пара, *ккал/кг*	Теплота испарения, *ккал/кг*
3,8	141,09	0,4942	2,024	653,3	511,5
4,0	142,92	0,4709	2,124	653,9	510,2
4,5	147,20	0,4215	2,373	655,2	507,1
5,0	151,11	0,3817	2,620	656,3	504,2
5,5	154,71	0,3495	2,862	657,4	501,8
6,0	158,08	0,3214	3,111	658,3	498,9
7,0	164,17	0,2778	3,600	659,9	494,2
8,0	169,61	0,2448	4,085	661,2	489,8
9,0	174,53	0,2189	4,568	662,3	485,8
10,0	179,04	0,1980	5,051	663,3	482,1
11,0	183,20	0,1808	5,531	664,1	478,4
12,0	187,08	0,1683	6,013	664,9	475,1

ТАБЛИЦА IV

Продолжительность сушки при различных температурах наиболее употребительных лакокрасочных материалов

по данным лаборатории Ленинградского отделения В/К «Лакокраспокрытие»)

Материалы	Марка материала	Продолжительность сушки (мин.) при °С						
		18	60	80	100	120	150	200
Грунтовка	№ 138	—	150	80	40	25	10	5
Грунт цинкхроматный	АЛГ-5	2160	200	90	40	20	15	10
То же	АЛГ-1	2400	360	120	40	40	48	10
Грунт масляный	Железный сурик	1440	360	240	120	50	20	10
Шпатлевка лаковая	ЛШ-1	—	120	80	60	—	—	—
То же	ЛШ-2	—	180	90	50	—	—	—
Шпатлевка масляная	АМ	—	150	100	60	40	—	—
Лак	№ 177	1440	120	60	20	10	8	7
То же	№ 170	4320	—	310	150	60	30	—
»	№ 6с	—	180	70	50	30	10	—
Эмаль авиационная	№ А-10	2160	360	150	60	—	—	—
То же	№ А-14	2160	360	270	80	—	—	—
Эмаль глифталевая	№ 2085ф	—	600	360	180	120	90	45
То же	№ 2086ф	—	240	180	120	80	40	20
Эмаль	№ 150	—	90	60	40	—	—	—
Эмаль	№ 2013	—	210	120	90	—	—	—
Эмаль сельскохозяйственная	ФСХ-23	1440	120	90	80	—	—	—
То же	ФСХ-25	1440	180	120	100	80	60	40
»	ФСХ-26	1440	180	90	60	—	—	—
Эмаль тракторная	СТ	—	300	90	60	—	—	—
Эмаль	№ 1425	—	180	90	50	—	—	—
Эмаль	№ 1426	—	—	360	180	—	—	—
Эмаль пентафталевая	№ 57	2880	270	120	80	—	—	—
То же	№ 58	2880	140	90	60	—	—	—
»	№ 68	2880	120	60	40	30	20	10

ТАБЛИЦА V

Справочная таблица средних величин коэффициентов теплопередачи *K*

Среда, передающая тепло	Среда, воспринимающая тепло	Коэффициент теплопередачи $K=\frac{ккал}{час \cdot м^2 \cdot град}$ при передаче тепла через тонкую стенку			Примечание
		чугуна	железа	красной меди	
Вода	Воздух	7	10	11	Численные значения коэффициента *K* относятся к случаям, когда среда, воспринимающая тепло, имеет умеренное движение. При увеличении скорости движения *K* увеличивается
Вода	Вода	250	280	300—400	
Воздух	Воздух	5	7	10	
Пар	Воздух	10	12	14	
Пар	Вода	780	900	1000	
Пар	Кипяченая вода	—	—	2000—3800	

ТАБЛИЦА VI

Справочная таблица численных значений коэффициента теплопередачи *K*

Рекомендуемая конструкция ограждений для сушильных камер окрасочных цехов	Толщина основного теплоизолирующего слоя, *мм*	Коэффициент теплопередачи $K=\frac{ккал}{час \cdot м^2 \cdot °C}$
Кирпичная стенка, оштукатуренная внутри теплой штукатуркой толщиной 20 *мм* и снаружи цементной штукатуркой толщиной 15 *мм*	250	1,43
	380	1,12
	510	0,93
Железобетонное перекрытие с толщиной плиты 80 *мм* с засыпкой котельным шлаком 150 или 200 *мм*, оштукатуренное с двух сторон цементной штукатуркой толщиной по 15 *мм*	150	0,99
	200	0,82
Неутепленный пол — непосредственно на грунте, расположенный от стены здания на расстоянии: до 2 *м*	—	0,4
от 2 до 4	—	0,2
от 4 до 6	—	0,1
более 6	—	0,06
Металлические панели с двойными стенками из листового железа толщиной 1 *мм* с заполнением промежутка между стенками шлаковой ватой	30	1,69
	40	1,40
	50	1,19
	60	1,03
	80	0,82
	100	0,68
	120	0,58
	150	0,48
Металлическая двойная стенка из листового железа толщиной 1 *мм* с прослойкой из листового асбеста	5	3,95
	10	3,45
	15	3,06
	20	2,74
	25	2,50
Асбестовое полотно толщиной 2,2 *мм* (шторные двери и т. п.)	2,2	4,2
	4,4	3,8
Металлическая стенка, изолированная снаружи асбозуритом по стенке (воздуховоды и т. п.)	35	2,5

ТАБЛИЦА VII

Справочная таблица по электродвигателям взрывобезопасного типа, рекомендуемым к применению в окрасочных цехах

Марка электродвигателя	Мощность, *квт*	Число оборотов в мин.	Вес, *кг*	Марка электродвигателя	Мощность, *квт*	Число оборотов, мин.	Вес, *кг*
ТАГ-12/4	0,42	1420	30	МА-143-1/6	8,0	970	213
ТАГ-21/4	0,9	1440	43	МА-143-2/8	8,0	730	248
ТАГ-22/4	1,4	1440	57	МА-143-1/4	11,4	1460	213
ТАГ-31/6	1,7	970	106	МА-143-2/6	11,0	980	248
ТАГ-31/4	2,3	1450	85	ИА-144-1/8	11,0	730	310
ТАГ-32/6	2,3	970	106	КО-11-8	4,0	725	—
ТАГ-32/4	3,5	1460	106	КО-11-6	6,0	970	—
МА-142-1/8	2,7	720	138	КО-12-8	6,0	725	—
МА-142-1/6	3,8	960	138	КО-11-4	8,0	1470	—
МА-142-2/8	4,0	720	168	КО-12-6	8,0	970	—
МА-142-1/4	5,5	1445	138	КО-21-8	8,0	725	—
МА-142-2/6	5,5	965	158	КО-12-4	11,0	1470	—
МА-143-1/8	5,8	725	213	КО-21-6	11,0	975	—
МА-142-2/4	8,0	1460	168	КО-22-8	11,0	725	—

ТАБЛИЦА VIII

Техническая характеристика вентиляторов, рекомендуемых к применению в окрасочных цехах

Тип вентилятора	№ вентилятора	Диаметр колеса, *мм*	Вход, *мм*	Выход, *мм*	Диаметр и ширина шкива, *мм*	Вес, *кг*	Диапазон работы		
							производительность, *м³/час*	напор, *мм* вод. ст.	число оборотов в мин.
ЭВР	2	200	160	140	—	10,4	300— 1000	20—25	1450
							300— 1800	70—95	2800
ЭВР	3	300	240	210	—	30	700— 2700	20—27	950
							1500— 3400	62—65	1450
ВР	3	300	240	210	160 × 50	40	1000— 5000	20—190	835—2330
ВР	4	400	320	280	200 × 70	55	2000— 9000	20—190	625—1750
ВР	5	500	400	350	250 × 110	125	3000— 14000	20—190	500—1400
ВР	6	600	480	420	300 × 125	155	4000— 20000	20—190	415—1165
ВРС	8	800	640	560	400 × 160	478	5000— 60000	20—280	300— 950
ВРС	10	1000	800	700	500 × 225	746	10000— 90000	20—280	240— 760
ВРС	12	1200	960	840	600 × 265	978	10000—130000	20—280	200— 635

Примечание. На сетях, по которым будет подаваться воздух, содержащий пары растворителей, должны устанавливаться вентиляторы взрывобезопасного исполнения.

ТАБЛИЦА IX

Справочная таблица по центробежным насосам, рекомендуемым к применению в окрасочных цехах

Марка насоса	Производительность, *м³/час*	Полный напор, *м* вод. ст.	Число оборотов в мин.	К. п. д., %	Рекомендуемая мощность электродвигателя, *квт*	Вес насоса, *кг*	Допустимая вакуумметрическая высота всасывания, *м* вод. ст.
ЦНШ-40	8	6	1425	43	1,0	28	7
2к-6к	10	28,5	2900	54,5	3,2	35	8,7
ЦНШ-40	10,8	26,0	2925	45,0	3,2	28	7,0
ЦНШ-40	14,8	12,0	2160	51,0	1,5	28	7,0
ЦНШ-40	15,0	24,0	2925	52,0	3,2	28	7,0
ЦНШ-65	18,0	5,0	1230	47,0	1,5	42	6,0
2к-6б	20,0	18,8	2900	65	2,2	35	7,2
2к-6а	20,0	25,2	2900	65,6	3,2	35	7,2
2к-6	20,0	30,3	2900	64,0	4,2	35	7,2
ЦНШ-40	24,0	18,0	2925	50,0	3,2	28	7,0
ЦНШ-65	25,0	4,0	1230	50,0	1,5	42	6,0
3к-9а	45,0	24,2	2900	62,5	4,2	46	7,0
ЦНШ-65	30,0	30,0	2925	54,0	7,4	42	6,0
ЦНШ-80	36,0	8,0	1425	68,0	2,2	45	5,0
ЦНШ-65	43,0	28,0	2925	62,0	7,4	42	6,0
ЦНШ-65	52,0	26,6	2925	64,0	7,4	42	6,0
ЦНШ-65	60,0	24,0	2925	64,0	7,4	42	6,0

ТАБЛИЦА X

Технические характеристики паровых калориферов, рекомендуемых к применению в окрасочных цехах

Серия, модель и № калорифера	Габаритные размеры АНВ, *мм*	Общее количество труб	Поверхность нагрева, *м²*	Живое сечение для прохода воздуха, *м²*	Вес калорифера
7Б-7	772 × 776 × 160	34	23,5	0,20	123,8
7Б-12	772 × 1316 × 160	34	39,2	0,37	204,0
7Б-15	772 × 1571 × 160	34	47,0	0,41	241,0
7Б-2	772 × 2252 × 160	34	67,3	0,62	355,0
ПВС-1	670 × 532 × 235	27	15,8	0,135	102
ПВС-2	970 × 532 × 235	27	23,6	0,20	145
ПВС-3	1270 × 532 × 235	27	31,4	0,27	188
ПВС-4	670 × 844 × 235	45	26,3	0,22	170
ПВС-5	970 × 844 × 235	45	39,2	0,34	240
ПВС-6	1270 × 844 × 235	45	52,2	0,45	310

ТАБЛИЦА XI

Ориентировочные нормы расхода лакокрасочных материалов

Наименование материала	Расход в *г/м²* поверхности при нанесении в один слой	
	кистью	распылением
Грунты		
№ 138	60—100	80—120
АЛГ-1 и АЛГ-5	45—80	60—100
В-329 и Д-329	80—110	100—130
ХСГ-26 и ВХГМ	85—130	110—180
Свинцовосуричный	120—180	—
Масляные краски на олифе		
Черного цвета	45—90	60—90
Темных колеров	70—100	90—120
Светлых колеров	100—120	120—140
Пентафталевые эмали		
Черного цвета ПФ-68	60—95	70—110
Темных колеров: ПФ-58, ПФ-60, ПФ-64, ПФ-65, ПФ-67 и ПФ-73	70—105	90—120
Светлых колеров: ПФ-56, ПФ-57, ПФ-62	100—135	120—180
Нитроглифталевые эмали		
Черного цвета НКО-25	80—120	120—160
Темных колеров: НКО-8, НКО-13, НКО-14, НКО-21 и НКО-23	110—160	140—200
Светлых колеров: НКО-1 и НКО-3	140—180	180—250
Перхлорвиниловые эмали		
Черного цвета ХСЭ-25	120—160	150—230
Темных колеров: ПХВ-24, ПХВ-15, ПХВ-21, ПХВ-23, ПХВ-20, ХСЭ-23	130—180	180—250
Светлых колеров: ПХВ-1, ПХВ-3, ПХВ-6, ХСЭ-1, ХСЭ-3, ХСЭ-6	200—300	250—300
Каменноугольный лак	80—100	100—120
Алюминиевая краска Ал-177	60—120	80—140
Глифталевая эмаль 1425ф	80—115	100—140
Лак ГФ-95 (бывш. № 1154) и Лак пентафталевый № 170	75—100	90—120

ТАБЛИЦА XII

Перевод различных показателей вязкости

Пуазы	Секунды Ф-4	Секунды НИИЛК	°Е (Энглер) *50/20°*	ЗЗ-4	ФЭ-36 (*сопло № 2*)
	11	2	1,85	10	2,5
	16	3	2,09	14	3,5
0,50	20	4	2,79	18	4,5
0,65	26	5	3,45	22	6
0,85	34	6	4,14	28	7
1,00	40	7	4,84	30	7,5
1,25	46	8	5,02	32	8,0
1,40	51	9	5,63	38	9,5
1,65	57	10	6,89	42	10,1
1,80	60	11	—	45	11,0
2,00	65	12	7,47	50	12,0
2,25	75	14	8,10	57	14,0
2,50	85	16	—	65	16
2,75	96	18	10,89	73	18,0
3,00	108	20	11,50	80	20,0
3,20	117	22	—	88	22,0
3,40	123	31		123	31
3,70	127	32		128	32
4,00	131	33		133	33
4,35	137	35		138	34
4,70	144	36,5			
4,80	147	37,0			
5,00	154				
5,50	166				

Примечание. Приведенная таблица для пересчета различных показателей вязкости составлена по данным С. В. Якубовича, Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. Госхимиздат 1952) и Г. Пэйна (Organic coating technology N. Y., 1954).

Эти данные пересчета правильны лишь в пределах некоторой погрешности. Путем интерполяции можно получить приближенные данные для пересчета промежуточных или более высоких показателей вязкости.

Кинематическая вязкость в стоксах получается путем деления динамической вязкости (в пуазах) на удельный вес испытуемого материала.

УКАЗАТЕЛЬ

Абразивные материалы 129, 223
  классификация 224
Автоматический прибор регулирования температуры сушилки 474
Агрегат
  бескомпрессорного распыления БКФ-47 396—399
  для обезжиривания 366
  — — расчет 371
  — — окраски окунанием с однониточным конвейером 385, 386
  — окрашивания обливанием непрерывного действия 389
  непрерывного действия для обезжиривания, схема 368
  — — — фосфатирования деталей 370
  тепловой расчет 375—377
  щелочного обезжиривания 365
Агранат Б. Л. 235, 296
Агрессивная среда, влияние концентрации и состава 35
Адгезиометр
  ГИПИ 61
  Снедзе 62
Адгезия 51, 52, 95, 171, 172
  измерение динамометром (схема) 61
  к металлам 62, 172
  покрытий 59—61
  электростатическая теория 62, 63
Адсорбированные полярные молекулы 54, 58
Адсорбционная теория пассивности 32, 33
Адсорбционный метод определения уд. поверхности 57
Акимов Г. В. 159
Акриловые смолы 192
Акриловый лак (термостойкий) 242, 243
Алкидные смолы 185
  покрытия на их основе 185—187
Алкидный лак 177
Алюминиевая пудра 177, 183, 242, 244 и сл.
Анодизационные покрытия металлов 146
Анодная окисная пленка, схема структуры 153
Анодные замедлители 44—46
Анодные пленки 151, 154
Анодные покрытия 46
Антикоррозионная защита, теоретические основы 15 и сл.
Антикоррозионная служба покрытий, продолжительность 119
Антипирены 305
Аппарат(ы)
  воздушного распыления 399 и сл.
  двукамерный пескоструйный 359
  для обезжиривания 364, 365
  — определения адгезии 62
  — очистки поверхностей 353
  — очистки травлением 362
  дробеметные 360
  дробеструйные 360
  механического распыления (низкого и высокого давления) 392—397, 444
  с подачей песка под давлением 357
  шпиндельный 148
  «Эконом», схема устройства 394, 395
  электрические для механической очистки и шлифования поверхности 354, 357, 358
Аппаратура
  для лакирования 379 и сл.
  — окрашивания 379 и сл.
  — электроокраски 433
«Армирование» 99, 100, 122
Асбовинил 168
Асфальто-пековые (битумные) композиции 168
Асфальтовый масляный лак 181
Атмосферная коррозия 38, 39

Атмосфероустойчивость
пленки 119
покрытий 112, 117—119
Атомная связь 18
Ахроматические цвета 12
Ацетилено-кислородная горелка 369
Аэрографический метод имитации 279, 280
Аэрозольная смесь 199
Аэрозольный баллон, схема 199
Аэролаки 302
Аэрополотно, технологический процесс покрытия 304
Аэроэмали, характеристика 304

Барабан для окраски мелких деталей 391
Бах А. Н. 77
Бейцы 265
Белые пигменты, светопроницаемость 111
Безопасное устройство и содержание оборудования 559
Бензиноупорная смазка БУ 109
Бензо-маслостойкие покрытия 239
Бетон, окрашивание 324 и сл.
Бетонные покрытия на основе портланд-цемента 164
Битумные лаки 183, 184
Битумные композиции 184
Битумные покрытия 182, 236
Блуждающие токи 41, 42
Богатырев П. М. 204
Бондеризация 158
Борулин 168
Бронзировка 286, 288
Бутилтитанат 244
Быстроходные тали 520

Вазелин технический 169
Валентная связь 17
Валики
для окраски 443
печатные 282, 283
Вальцмасса 282, 283
Вандерваальсова (молекулярная) связь 18
Ванна для окраски окунанием 384
Вентилятор(ы) 456, 472, 502, 505
для окрасочных цехов 569
определение производительности 458, 459
Вентиляция
вытяжная, расчет 375
искусственная 558
Вибраторы 140, 141
Виниловые полимеры 165
Виниловые смолы 191
покрытия на их основе 191 и сл.
Винипласт 165—168
Винипластовые «фольги» 166
Влага, осаждение на поверхности металла 39
Владычина Е. Н. 120
Внешней среды воздействие на покрытие 176
Внешние слои покрытия, нанесение 225
Водорастворимые эмульсионные составы (финские составы) 263
Водородная деполяризация 25
Водородный показатель 24
Водостойкие покрытия 235, 236
Водостойкость покрытия 173
Водо-эмульсионные составы 262, 347
Водяной пар, насыщенный, основные константы 566
Воздуха расход, зависимость от расхода краски 454
Воздухонагреватель(и)
паровой (калорифер паровой пластинчатый) 492, 493
трубчатый 493, 494
электрические 492, 493
— расчет 509, 510
Воздушная известь 329
Волокнистые материалы, лакирование и окрашивание 300 и сл.
Воронение 147
Всплывающие краски, применение для отделки 297
Вспомогательные отделения 556
Вулканизация каучука 68, 165
Выбор грунта 209
Высокомолекулярные превращаемые цепные полимеры 68
Высокополимеры, изменение прочности на растяжение 88
Высокотемпературные сушильные устройства 489—491
Высокоэластичная деформация 89
Вязкость, таблица перевода 572

Газгольдерная смазка 170
Газовая коррозия 16, 37, 38
Галтовка 130
Гальванические макро- и микроэлементы 30
Гальванические покрытия 46
Гальванический элемент 23
поляризация 24
схема работы (по Томашову) 25

Гарди 53
Гашеная известь 329
Генераторы излучения 480, 482
Геометрические размеры секции воздухонагревателя, определение 511
Гетероцепные соединения 94
Гидравлическая известь 329
Гидроизол 168
Гидролитическая деструкция 106, 111
Гидропескоструйная очистка 128
Гидропескоструйная установка, схема 361, 362
Гидрофильтр 417
  определение размеров 457
Гипсовый флюат 328
Глетноглицериновые цементы 164
Глифталевое покрытие, зависимость водопоглощения от режима сушки 217
Глифталевые смолы, изменение объема от температуры 88
Глифталевые эмали, технологический режим окраски 230, 231
Глифталевый грунт «под серое сукно» 298
Глифталевый грунт цинкхроматный 242
Глицеринофталат, изменение свойств при нагревании 74
Глянец, потускнение 251
Годовой фонд времени, рабочего персонала, и оборудования 540
Гольденштейн Е. Я. 200
Грузоподъемные механизмы 518—521
Грунтование 165, 203
  кож 319, 320, 321
Грунт(ы) 120, 122
  выбор 209
  вырабатываемые промышленностью 212—215
  железо-суричные 204
  известковые 340
  изолирующие 203
  наиболее распространенные 208
  на полимерах и сополимерах винилхлорида 216
  нитрорезиловые 320
  основные группы 203 и сл.
  пассивирующие 204
  под клеевые покрытия, рецепт 340
  протекторного действия 205
  свинцово-суричный 208
  состав и области применения 212—215
Грунт(ы)
  с пигментами основного характера 204
  фоновые см. Фоновый грунт
  фосфатирующие 206
Гуммирование 165
Гуревич Е. С. 296

Давление прилипания 59
Двойной электрический слой 26
Двуниточный конвейер 386 и сл.
Декалькомания 297, 298
Декапирование 131, 135
Декоративные покрытия 276—299
Де ля Рив 30
Деполяризация 24 и сл.
Дерягин Б. В. 172
Деструкция
  влияние ультрафиолетовых лучей 110
  высокомолекулярных соединений 105 и сл.
  органической части покрытия 110
  полимеров, температура 109
Дефекты покрытия при неправильной технологии применения красок 250
Деформация
  зависимость от температуры 86
  полимеров, виды 89
Диффузионные покрытия 46 и сл.
Длительность сушки наиболее употребительных материалов 466
Доступная уд. поверхность твердого тела, методы определения 57
Древесина
  анизотропность 256
  виды покрытий 258 и сл.
  влажность 256, 257
  декоративная отделка прозрачными пленками 273, 274
  крашение, составы 270
  лакирование и окрашивание 256—275
  отделка нитролаками, технологический процесс 270
  паропроницаемость 257
  полирование 271, 272
  пористость 256
  способность поглощать воду 256
Дробеметный способ очистки 126, 128
Дробеструйные аппараты 360
Дробеструйный метод очистки 126, 128

Елисеева В. Н. 311

Жаростойкие лаки и эмали 242
Железо-суричные грунты 204
Жидкое стекло 337
Жидкостная коррозия 16
Жидкость, переход в твердое состояние, схема 86
Жолондзь И. А. 235, 296, 297

Загнивание древесины 257
Закон Рауля 70
Замедлители
коррозии 44
контактного действия 44
летучие 45
Зарубин В. Ф. 128
Защитная окраска 543
Защитные покрытия 46, 543
методы определения антикоррозионных свойств 47
Защитные смазки 169
Зеленая глина 333
Золочение 286, 287

Избирательная коррозия 16, 17
Избирательное смачивание металлов 52
Известковая окраска 329 и сл.
расход материалов 384
технологический процесс 333
Известковое молоко 332
Известково-казеиновые покрытия, состав 345
Известково-церезитовые покрытия 332
Известковый грунт 340
Известковый мыловар 339
Известь 329
Изгарышев Н. А. 30
Изолирующие грунты 203
Изоляционные материалы, температура сушки 308
Имитации методы 278 и сл.
Имитационная отделка
аэрографическим методом 279
методом печати 281 и сл.
— ручным 278, 279
— — поверхности металла под дерево 285
Имитационные покрытия 276—299
Имитация ценных пород дерева и камней 278—286
Ингибиторы 44
Индикаторный метод 47
Индексация лаков и эмалей 179
Индукторы 487, 488
Индукционные сушильные устройства 467, 486—489
Инструменты
для механической очистки поверхностей (ручные) 353, 354
— окрашивания и лакирования 379—382
Ионная (полярная) связь 17
Ионный скачок, схема 33, 34
Испарения растворителя интенсивность 466
Истинная площадь поверхности 62
Истинная поверхность металлов 56
Искусственная вентиляция 558
Искусственная сушка, оборудование 465
Искусственное освещение 559

Казеиновая окраска 342—345
Казеиновая шпатлевка 343
Калькомы 298, 299
Камера(ы)
для окрашивания распылением, расчет 456
для пескоструйной очистки 360
проходные, работающие по маятниковому принципу 422
распылительная проходная для окраски цельнометаллических вагонов 424
распыления двусторонняя с двуниточным конвейером 426
— для окраски автомашин 421
— — — грузовых автомобилей 429
— — — мелких изделий и деталей 418, 425
— — — средне- и крупногабаритных изделий 419—423
— карусельного типа полуавтоматическая 427
— коридорные 542
— непрерывного действия 423—429
— передвижные 422
— периодического действия 413
— расчет 461, 462
— — сопротивлений сети воздуховодов 463
— с гидрофильтром 414, 417
— с поворотным кругом 420
— сушильная проходная для тракторов 478, 479
— типы конструкций 412
Камерные сушила 468, 471
Канифольно-казеиновая эмульсия 263
Карборунд 129, 223
Карбоцепные соединения 94
Карты технологических операций окраски 227—234

Катодная кривая 30
Катодные замедлители коррозии 41, 44, 45
Катодные покрытия 46
Каучука окислительная деструкция 107
Кинематическая вязкость 572
Кипелка 329, 331
Кислород, влияние концентрации на скорость коррозии 36
Кислородная деполяризация 25, 26
Кистевое окрашивание, инструменты 379, 380, 381
Кисти 379, 380, 381
Кисти-флейцы 381
Кистяковский В. А. 32
Киттельбергер 176
Классификация лаков-эмалей 179
Классы внешней отделки 227
Клей 341
  адгезионные свойства 166
Клеевая окраска 339 и сл.
Клеевое золочение (на полименте) 287
Клеевые краски, состав 342
Клише 281
Клубкообразные линейные полимеры, схема 91
Кноп 298
Коалесценция при самослипании высокомолекулярных веществ 102
Ковалентная (гомеополярная) связь 18
Когезия 51, 52, 95
Кожа
  заделка пороков 321
  окраска водными красками 316 и сл.
  — на основе акриловых смол 316
  — эфироцеллюлозными красками 312 и сл.
  подцветка 319
  покрытие лаком 322 и сл.
  полировка 322
  сушка инфракрасными лучами 315
Компаунды 307
Конвейер(ы)
  двуниточный 363, 385, 386
  конструкции основных элементов 522
  натяжное устройство 527
  одноточный 385
  — пример расчета 529—535
  определение погонных нагрузок 530
  — потерь 532
Конвейер(ы)
  поворотное устройство 528
  подвесные 365, 522—525, 529, 533
  — схема трассы 534
  приводное устройство 526, 527
  пространственные 385
  штанговый 363, 386
Конвекционная сушилка тоннельного типа, расчет 500
Конвекционные сушильные устройства 467 и сл.
Конденсация трехмерная, особенности 74, 75
Константы паропроницаемости для различных пленкообразующих основ 174
Контрастности принцип подбора цвета 12
Коридорные сушила 468
Коррозионная среда, обработка 43
Коррозионное колесо 48
Коррозионностойкие термопласты, физико-механические свойства 167
Коррозионные гальванические элементы 30, 31
Коррозионные процессы
  характеристика 27
  схемы 24 и сл.
Коррозия
  атмосферная 16, 38, 39
  влияние различных факторов 34
  в морской воде и растворах солей 40
  газовая 37
  железа 97
  — влияние температуры 37
  жидкостная 16
  зависимость от времени 40
  замедлители 44
  металла, влияние скорости движения раствора 36
  классификация 15 и сл.
  подпленочная 114, 119
  почвенная 41
  стимуляторы 44
  трубопроводов 42
  химическая 3
  электрохимическая теория 24 и сл.
Коэффициент
  отражения 12
  расхода 452—454
  сопротивления φ 532, 533
  теплопередачи (справочная таблица) 496, 568
Крацевание 128
Краевой угол смачивания 53, 59, 60, 61

Крокодиловая кожа 252
Кранбалка (и) 515, 518
с ручным приводом 519
Краска (и)
кроющая способность 55
масляные, см. Масляные краски
морщинистые 290
на искусственных олифах 347
на основе хлорсодержащих полимеров 242
необрастающие 246, 247
приготовление, схема 450
проникновение 251
различные оттенки 251
светящаяся 248, 249
силикатные, см. Силикатные краски
старой удаление 142
фасадные, см. Фасадные краски
фунгисидные, см. Фунгисидные краски
Красковоздухоподогреватель 410
Краскозаготовительное отделение 556
Краскомешалки 447—450
Краснонагнетательные бачки 408—410
Краскопульты 395, 396, 400
Краскораспылитель (и) 399, 401 и сл.
-аэрограф 280
бестуманный 0-31, головка 404
повышенной производительности 405
типы 402
— характеристика 407
Краснодубная лакированная опойка 319
Красочные составы известковые, рецептура 331
Кристаллаки 276, 289
Кристаллит 292, 293
Критические объемные концентрации пигментов 175, 177
Кротова Н. А. 172
Кроющая способность 55
Крышные испытания 48
Купоросный грунт 340

Лак (и) 50, 177, 183, 184
индексация 179
масляный, см. Масляный лак
мордан 287, 288
«Мороз» 276, 289
номенклатура 180
Лакирование
аппаратура и оборудование 379 и сл.
древесины 268, 269
длительность процесса 270
кожи 311 и сл., 319
— технология 321
ткани 300 и сл.
Лакированное аэрополотно, зависимость усадки от вязкости и концентрации лака 303
Лакировка 439
Лакировочная машина 441
Лакойль 347
Лакокрасочная пленка, сила прилипания 66
Лакокрасочные материалы
взаимодействие с поверхностью 50
выбор 178 и сл.
вязкость 50, 54
годовой расход (ведомость) 548, 549
классификация 179
нормы расхода 571
области применения 179
оборудование для подготовки и транспортирования 446
поверхностное натяжение 50, 51
правила хранения, приготовления и транспортирования 561
продолжительность сушки (справочная таблица) 567
свойства 50 и сл.
способы нанесения 195 и сл., 202
сушка 216—218
централизованное приготовление и подача 450
Лакокрасочные покрытия 46, 47
атмосферостойкость 121
выбор системы 227 и сл.
диффузия через них NaCl 177
качество 50
нанесение 203 и сл.
— схемы 462
основа 11
полирование 226
по металлам 171—254
состав 173
срок службы 171
старение 114
требования 41, 543
ускорение процесса высыхания 481, 482
Ласы 272
Латекс
акриловый 352
поливинилацетатный 352
полистирольный 351

Латексная краска, состав 351
Латексные покрытия 350, 351
Лессирование (лессировка) 279
Летучие замедлители коррозии 45
Липкость 251
Льняное масло сырое, зависимость времени высыхания от температуры сушки 79
Люминофор 248
Люстрекс 350

Магнито-стрикционные вибраторы 140
Макроармирование 100
Макроповерхность металла 56
Масла химически активные высыхающие, применение 118
Масловодоотделитель 409
Масляно-алкидная смола 177
Масляно-лаковые краски (эмали) 184
Масляное золочение 287
Масляные краски 181, 242
густотертые, основные виды 182
Масляные покрытия, рецептура 260
Масляный лак 99
на льняном масле 177
Мастикование 268
Матовые отделки древесины 268
Матолеин 268
Маховые кисти 379
Межкристаллитная коррозия 16
Меламино-формальдегидные смолы 188
Местная коррозия 16
Местные элементы, теория 30
Металлическая связь 18
схема 19
Металлизация 46
Металлические изделия, очистка ультразвуковыми колебаниями 139
Металлические поверхности, способы подготовки к краске 143, 144
Металлические покрытия, методы нанесения 46
Металлы
нагревание индукционными токами высокой частоты 486
— — — промышленной частоты 487
подготовка поверхности к нанесению покрытий 124 и сл.
Метод
прерывно-поточный 542
профилографии 58
ручной имитации 278, 279
Эрика 201
Механическая деструкция 105
Механическая обработка поверхности, виды 126 и сл.
Механические свойства пленки
зависимость от строения молекулы полимера 92
изменение при превращении в трехмерный полимер 83, 89
Механический метод определения доступной поверхности 58
Механо-термический метод нанесения металлических покрытий (плакирование) 46, 47
Микроармирование 100
Микроконденсатор 62
Многослойные разнородные покрытия, принцип получения 101
Многоэлектродные элементы, теория 30
Модификация, принцип 99
Модифицированные смолы 187
Молекулярное армирование 100
Молекулярные объемы 94
Молекулярный вес, влияние на свойства пленок 95, 96
Молотковое покрытие 294
Молярная консистенция 195
Мономолекулярные пленки 71
Мономерные превращения 68
Мономеры, превращение в трехмерный полимер (путем поликонденсации) 72
Морданное золочение 287
Морение древесины 259, 265
Морозостойкость пленки 90
Морщинистые краски 290
Мочевино-формальдегидные смолы 187
покрытия на их основе 187 и сл.
Мощности мотора определение 533, 535
Муар 293
Мэйне 174

Набрызг 286
Набухаемость 173
Нагревательные приборы
выбор 502, 505
— для сушильных устройств 491—495
— конструкции 492
Нагрузки конвейера определение 530
Наждак 129, 223
Наждачная бумага, влияние зернистости на чистоту поверхности 130
Накатка краски вальцами 203
Напыление смол 200
Насоса привод, определение производительности и мощности 460

Насосы
выбор для подачи растворов 373
шестеренчатые 446
Натяжные цепи 530, 531, 534
Натяжное устройство конвейера 527
Натяжной груз, определение веса 535
Негашеная известь 329
Негорючие краски 241
Необрастающие покрытия 246
Неорганические неметаллические покрытия 11
Непигментированная лакокрасочная пленка 173
Непревращаемые пленкообразователи 67
Непревращаемые покрытия 69 и сл.
Низкомолекулярные пленкообразователи 68
превращение в трехмерный полимер 97
Нитрит дициклогексиламмония (летучий замедлитель коррозии) 45
Нитрокраски 315
Нитролаки мебельные 270
Нитролаковые покрытия 252
Нитроматериалы, технологический процесс окраски 232, 233
Нитропокрытия 261
Нитроцеллюлозные покрытия 189
Нитроцеллюлозный лак, состав для разбавления 314
Нитроэмалевые покрытия 252
Нитроэмали 189—191
Новолак, изменение объема от температуры 88
Номенклатурный индекс 179
Нормальный каломельный электрод 21
Нормальный равновесный электродный потенциал 21, 22

Обводочная машина 381
Обводочные кисти (цировочные) 380
Обезжиривание
аппараты и оборудование 364—369
в уайт-спирите 140
органическими растворителями 137, 366
состав растворов и режим работы 139
щелочными растворами 138
электрохимическое 139
Обмотки для электрооборудования
пропитывание 305—307, 309
лакирование и окрашивание 310, 311
Оборудование
для искусственной сушки 465—512
— лакирования 379 и сл.
— обезжиривания 364, 365
— окрашивания 379 и сл.
— очистки поверхности песком и дробью 356—362
— подготовки металлов к нанесению неметаллических покрытий 353 и сл.
— сушки 560
— травления 362
— фосфатирования 371
— химической или электрохимической очистки 362 и сл.
— шлифования 560
окрасочное, принцип конструкции 411, 412
расчет 371—377
транспортное 513—535
Оборудования и производственного инвентаря потребное количество (ведомость) 546
Обработка
коррозионной среды 43
поверхности, механическая 126
Обратимый электродный потенциал 21, 22
Объемная концентрация пигментов 175, 176
Огневые щетки 369
Огнезащитные краски и обмазка 241
Однониточный конвейер см. Конвейер
Одноцепный подвесной конвейер 523, 524
Окалина 124, 125
Окислительная деструкция 106
Окислительные замедлители 44
Окисные пленки, определение качества по капельному методу 152
Окраска, см. Окрашивание
Окрасочная установка с компрессоров 445
Окрасочное оборудование 559
Окрасочно-сушильная установка 490, 491
Окрасочные работы 178
организация 540—542
подсчет годового объема работ (ведомость) 544
Окрасочные цеха
освещение 559
проектирование 537—561
режим работы 540

Окрашивание
алюминия (оксидированного) 155
валиками и вальцами, оборудование 439—444
в барабанах, оборудование 391
внутренней поверхности бензотары 241
в электрическом поле высокого напряжения, схема установки 198, 436
дерева масляными красками 261
— нитроэмалями 260 и сл.
древесины 256, 265; см. также Морение известковое, Известковая окраска кистью 195
клеевой краской, технологический процесс 339
кожи 311 и сл.
— водными красками 317
крупных сооружений, оборудование 444, 445
металлов 171 и сл.
обливанием, оборудование 388—390
окунанием, оборудование 382 и сл.
по влажной поверхности 229
погружением и обливанием 200
подводной части корпуса судна 236
распылением 197—200
— аппараты и оборудование 392 и сл., 410 и сл.
— в электрическом поле, оборудование 430 и сл.
— расчет производительности 454
— — расхода краски и воздуха 451
силикатное 336, 337
строительных объектов, оборудование 444, 445
технологический процесс 543
ткани 300 и сл.
штукатурки 324 и сл.
Оксидирование
в серной кислоте 151
в хромовой кислоте 152
в щавелевой кислоте 153
черных металлов бесщелочное (кислое) 148
— — термическое 147
— — щелочное 147
Олифа «Оксоль» 262
Олифы 50
безмасляные 262
Омическое сопротивление 64
Опойка краснодубная лакированная 319
Оптическое свойство красок 55
Органические пигменты 329
Органические покрытия 11
Органические футеровочные покрытия 165
Органозоли 201, 202
Орнаменты, нанесение по трафаретам 277
Осаждение влаги на поверхности металла, схема 39
Осовецкий К. 13
Отвердитель № 1 216, 223
Отверстия (мелкие) в покрытиях 252
Отделка под замшу или сукно 297
Отделочная пленка 273
Отделочно-декоративная фанера 273
Отслаивание красочной (или лаковой) пленки 251
Отопление окрасочных цехов 558
Офсетные станки 442
Очистка
аппараты, инструменты и оборудование 353—371
гидропескоструйная 361, 362
дробью 360, 361
механическая 353 и сл.
пескоструйная 360—362
термическая, оборудование 369, 370
травлением 362—364
химическая 362 и сл.
штукатурки 325
электрохимическая 362 и сл.

Паровые калориферы для окрасочных цехов, техническая характеристика 570
Паропроницаемость
зависимости от объемной концентрации пигментов 175, 176
константы 174
уравнение 173
Пассиваторы 46
Пассивирующие грунты 204
Пассивирующие пигменты 40
Пассивность металлов 31
теория 32
Паста(ы)
ИЭР-1 и ИЭР-2 254
цветные, рецептура 296
Пемза 223
Пентафталевые эмали для наружных покрытий 185
технология окраски 230, 231
Перхлорвиниловые лаки 101, 112

Перхлорвиниловые эмали 261
технологический процесс окраски 234
Пескоструйная очистка
оборудование 356—360
поверхности 126, 127
расход песка 360
Плакирование 46, 47
Пламенное распыление 166
Пламенный метод очистки 325
Пластизоли 201, 202
Пластичная деформация 89
Пленка(и)
влияние адгезии и когезии 63
— строения низкомолекулярных пленкообразователей на свойства 97
деформация 89 и сл.
механические свойства 89 и сл.
на основе трехмерных полимеров, преимущество 83
плавающая 297
свойства на пограничной поверхности 54
теплостойкость 90
устойчивость к химическим реакциям при старении 116
факторы, влияющие на процесс образования 70
Пленкообразование 67 и сл.
Пленкообразователи
модифицированные 98
непревращаемые 68
превращаемые 67, 68
старение в растворах 113 и сл.
Пленкообразующие вещества 50
Пленкообразующие жидкости, взаимодействие с поверхностью твердого тела 58 и сл.
Пленочная теория пассивности 32
Плетнев И. А. 128
Побеление 252
Поверхности подготовка перед покрытием 126 и сл.
Поверхностная коррозия 16, 17
Поворотное устройство конвейера 527, 528
Поворотный круг 517, 518
Пограничный слой 64, 65
Подвески 523, 525, 529
Подвесной однониточный конвейер, см. Конвейер.
Поддельное золото см. Поталь
Подъемники
пневматические 521
ручные 520
Подъемно-транспортные приспособления 520
Покровные краски 314, 315
Покрытия
анодизационные 151
бензомаслостойкие 239
бетонные 104
битумные 182, 236
влияние старения на атмосферостойкость 117 и сл.
декоративные 276—299
дефекты 250—252
древесины непрозрачные (кроющие) 258, 260 и сл.
прозрачные (лакирование и полирование) 258, 264 и сл.
— огнезащитные 274
защитные, отдельные виды 235 и сл.
имитационные см. Имитационные покрытия
лакокрасочные 46, 193, 194
— разрушение 48
металлические 46
многослойные разнородные 100 и сл.
на битумной основе 182
на масляно-лаковой основе 184, 185
нанесение на поверхность металла 124 и сл.
— электрохимическим методом 201
на основе алкидных смол 185
— — виниловых смол 191
— — высокомолекулярных полимеров 165
— — заменителей олифы 346, 347
— — масляных красок (и эмалей) 187, 260
— — модифицированных пленкообразователей 98
— — мочевино- и меламиноформальдегидных смол 187
— — олифы 346, 347
— — перхлорвиниловых красок 348, 349
— — эпоксидных смол 194
— — эфиров целлюлозы 189
на ткани, схема 301
научные основы получения 67—84
неметаллические неорганические 143 и сл.; 146 и сл.
непревращаемые 118 и сл.
образование пор при быстром испарении растворителя 217

Покрытия
перхлорвиниловые 191, 192
по стали, срок службы 120
«под чеканку» 294—296
по коже, требования 311
полиуретановые 193, 194
получаемые без химических превращений 68 и сл.
— из дисперсии смол 201
— набрызгом 286
— путем превращения в трехмерные полимеры 72 и сл.
по тканям 301, 302
превращаемые 118 и сл.
светящиеся 248
свойства 85 и сл.
— в процессе старения 115
специального назначения 246
старение 105 и сл.
термостойкие, см. Термостойкие покрытия
устойчивость к воде 113
устойчивые к действию плесени 247
фактисовые см. Фактисовые покрытия
фосфатные 156 и сл.
химическая стойкость 117, 234, 237
цементные см. Цементные покрытия
Полибутилметакрилат 95
Полидисперсность полимера, влияние на свойства пленок 95
Полиизобутилен 166, 167
химическая устойчивость 168
Полимеризационно-конденсационный механизм превращения
в трехмерный полимер 72
Полимеризация 79, 105
Полимерных молекул упаковка 81
Полистирол, окислительная деструкция 107
Полиэтилен 82, 167
Поляризационные кривые 28, 29
Поляризация 24
степень 76
Полирование
древесины 271, 272
лакокрасочных покрытий 226
схема движения тампона 272
Полировочная вода (или паста) 227, 250
Полиуретановые лакокрасочные материалы 193, 194
Порозаполнение древесины 266
Порозаполнители, рецептура 267
Поры 252
Поталь (поддельное золото) 287
Потерь определение 532
Поточный метод окрасочных работ 542, 543
Потускнение глянца 251
Почвенная коррозия 41
Правило Коэна 174
Препарат «Можеф» 157
Прибор
ГИПИ, схема 61
Дерягина, схема 60
для измерения адгезии эластичных пленок 59
Снедзе 62
Прилипание
влияние толщины слоя 62
давление 59
сила 66
Природа окрашиваемого металла, влияние на адгезию 171 и сл.
Присадка Уникол 132, 134, 135
Проектирование
окрасочных цехов, основы 537—561
промышленных предприятий, элементы 538
Производственная и вспомогательная рабочая сила, ведомость 548
Протектор цинковый 43
Протекторная защита 41, 43
Протекторные грунты 205
Противокоррозионная защита, способы 42
Противопожарные требования к окрасочным цехам 557
Профилактический состав, применение для сохранения глянца 250
Прошкуривание 223
Пузыри в лаковой пленке 250
Пульсирующая подача теплоносителя 489
Пушечная смазка 169
Пушонка 329, 331
Пушсало 169
pH электролита, влияние на скорость коррозии 35
Пьезоэлектрические вибраторы 140

Работа прилипания 59
Работы и рабочих мест потока окраски подсчет (годовой) 545
Равновесный электродный потенциал, величина 21
Разделка поверхности набрызгом 286
Разновидности покрытий 85 и сл.
Размягчение красочного слоя 251

Разрыв пленки, схема 94
Ракельный нож 281, 282
Распыление
аэрозольное 199
воздушное 197
в электростатическом поле 198
металлов 46
механическое 392 и сл.
Распылительная камера, см. Камера распыления
Растворители
процесс испарения 70, 71, 217
физико-химические константы 562—565
Растворы электролитов 19
Расход воздуха, зависимость от расхода краски 454
Расчеты
агрегата для обезжиривания 371 и сл.
зоны разогрева 500
— сушки 503
камер для окрашивания распылением 456
количества удаляемого из цеха воздуха 555
— рабочих мест 547
конвекционных сушилок 495
оборудования для приготовления лакокрасочных материалов, ведомость 556
подвесного однониточного конвейера 529, 533
потерь напора в сети воздуховодов сушильной камеры 504
— тепла в зоне сушки 503
потребности в рабочей силе 547
производительности при окрашивании распылением 454, 456
расхода воды, пара, воздуха и электроэнергии 553, 554
— краски и воздуха при окрашивании распылением 451 и сл.
сети воздуховодов 502
тепловыделений в цех 555
теплопотерь зоны разогрева 500
терморадиационных сушильных устройств 507, 508
электрического воздухонагревателя 510, 511
Ребиндер П. А. 52
Регуляторы травления 133
Релаксация 90, 91
Рефлекторная сушка кожи 315
Рециркулируемый воздух, определение количества 502, 505
Ржавчина 124, 125
Ржавые пятна, снятие 326
Рисунки, нанесение по трафаретам 277
«Розлив» лаков и красок 52
Рубинштейн В. А. 179
Ручники 380
Ручной метод имитации 278, 279
Ряд напряжений 23

Самослипание высокомолекулярных веществ 102, 103
Санитарно-профилактические мероприятия 560
Санитарно-технические требования к окрасочным цехам 557
Санитарно-технические устройства окрасочных цехов 558
Светосоставы постоянного действия 249
Светящиеся покрытия 248, 249
Свинцовые пигменты 242
Свободные валентности 80
Свойства
лакокрасочных материалов 50
пленок, зависимость от строения высокополимеров 92
твердой поверхности 55
Секции электрических воздухонагревателей, расчет 510, 511
Сжатый воздух, расход для технологических целей (ведомость) 554
Силикатные краски 336—338
Силикатные эмалевые покрытия 162
Силикатный модуль 337
Синтоловые краски 262, 348
Синтол-«у» рецептура 348
Системы лакокрасочных покрытий 227 и сл.
Сквозное окрашивание древесины 265
Скорость
воздушного потока в зоне сушки 466
испарения растворителя 217
превращения лакокрасочных материалов в твердую пленку 54
старения пленок 115
Смазки АМС и ПП-95/5 169
Смачиваемости поверхности условия 51 и сл.
Смачивание поверхности металла 53
Смешанные пленкообразователи 67
Смолы естественные 98
Смывки 143
Сополимеризация 80
Специальные виды покрытий 246
Способы окраски 196

Спецификация окрашиваемых деталей, углов и агрегатов 539
Сольнер 174
Сопротивление растяжению, зависимость от степени полимеризации 93
Состояние поверхности 172
Станок для нанесения рисунка на плоские изделия, схема 84
Старение
начало 69
пленки на воздухе 106
— при нагревании 108
пленкообразователей, механизм 113
процессы 105
Стеклование 69
Стеклообразное состояние пленки 85
Стимуляторы коррозии 44
Стрелки 517, 518
Строение
металлов 17
цепи полимеров 94
Струйные устройства, расчет 373, 374
Струйный метод фосфатирования 161
Структурирование 105
Сушилка(и) см. Сушильные устройства
Сушильные камеры см. Сушильные устройства
Сушильные устройства
высокотемпературные 489
выбор теплоносителя и сушильного устройства 491
двусекционные периодического действия 474
индукционные, нагревание металлов токами высокой частоты 486
— — — — промышленной частоты 437
камерные периодического действия 470—474
классификация 465—467
конвекционные 467
коридорные непрерывного действия 475—479
примеры технических расчетов 495 и сл.
терморадиационные 483
— для железнодорожных вагонов 484
— с газовым обогревом 485
— расчет 507—509
тонельные 477
тепловой баланс 498, 506
схема сети воздуходувов 503
Сушильные шкафы 468, 469
Сушка
древесины при лакировании, продолжительность 269
загрунтованных кож 321
и вызревание лакированных кож 322
искусственная, см. Искусственная сушка
лакокрасочных материалов, температурный режим 218
оптимальные режимы 466
при нагревании инфракрасными лучами и конвекцией, схема процесса 481
терморадиационная 483
токами промышленной частоты 487
ускорение процесса, влияние ряда факторов 465
Сырое льняное масло 177
Сшивание
цепных полимеров 72, 75
полимеризационные процессы 108, 109
Сшивающий агент 75, 76

Твердая поверхность, свойства 55 и сл.
Тележка(и) 513, 518, 519
с поворотной платформой 515
с подъемной платформой 515, 516
Тележка-этажерка 473, 514
Температура(ы)
полной деструкции ряда полимеров 109
стеклования 86
сушилки 474
текучести (перехода первого рода плавления) 86
Тепловентиляционные агрегаты сушилки, определение производительности и мощности приводов 498
Тепловентиляционный центр 468 и сл.
Теплоноситель, выбор для сушильных устройств 491, 492
Теплосодержания высокополимера, *изменение при застывании* 87
Термит 242
Термическая деструкция 105, 108
Термическая обработка поверхности 126, 130
Термическая очистка поверхности 369, 370
Терморадиационные сушилки, см. Сушилки терморадиационные

Термостойкие покрытия 241—245
на основе бутилтитаната 244
— — — рецептура 245
характеристика отдельных систем 243
Термостойкость древесины 257
Теория самоокисления Баха-Энглера 77
Техника безопасности при нанесении лакокрасочных материалов 252—254
Технологическая планировка окрасочного цеха 547, 549—552
Технические показатели работы окрасочного цеха 557
Технологическая часть проекта (окрасочных цехов) 538—557
Технологический процесс окрашивания 543—547
Тихомиров А. В. 416
Ткани окрашивание и лакирование 300
Токопроводящие покрытия и эмали 246
Томашов Н. Д. 25, 30, 43, 152
Торцевание 286, 287
Тощие лаки 252
Травильные ванны, состав и режим работы 134
Травильные пасты 135
Травильные присадки 132
Травильный агрегат 363
Травильный угар 132
Травление 135, 136
время в зависимости от температуры 141
поверхности 131, 362, 363
Транспорт внутрицеховой, механизация 513
Транспортное оборудование 513—536
Транспортные устройства
непрерывного действия 521—529
периодического действия 513—520
Трафареты 277
Трафаретные кисти 380
Трескающиеся лаки 276
Трескающиеся покрытия 276, 290, 291, 293
Трескающиеся эмалевые краски 291
Трехмерная поликонденсация 75, 76
Трехмерные полимеры, образование 72, 75, 77, 80
Трещины в красочном слое 252

Угловая (универсальная) пневматическая машинка 355, 356
Удаление старой краски 142, 143
Удельная вязкость, влияние на прочность и прилипание пленок 95
Удельная поверхность
пленки 81, 82
твердого тела 57
Удельное прилипание 59
Удельный расход воздуха, коэффициент 453, 454
Ультразвук, применение для очистки металлических изделий 139 и сл.
Ульянов А. А. 159
Упаковка
атомов в молекуле пленкообразователя, плотность 94
плотная шаров 175
Упругая деформация 89
Уравнение
Нернста 21
Юнга 51, 59
Усадка 69
Установка
для снятия натеков в электростатическом поле 438
работающая при помощи сжатого воздуха, схема 362
Устройство и расположение зданий окрасочных цехов 557
краскопульта, схема 395
Уход за окрашенной поверхностью 250

Факела ширина 454, 455
Фактисовые покрытия 108
Факторы, влияющие на срок службы покрытия 171 и сл.
Фактура покрытия 291
Фасадные краски 345, 348
Фасадные перхлорвиниловые краски 348, 349
Фенольный лак 177
Фетрование 297
Филеночные кисти 380
Финские составы 263
Флейцы 381
Флюатрование 327
Фольга 166
Фоновый грунт 280, 283
Форсунка для механического распыления красок 393
Фосфатирование 156 и сл.
по нормальному режиму 157
состав 161
струйным методом 160, 161
ускоренное 158
холодное 160
электролитическое 161

Фосфатирующие грунты 206, 207
Фосфатные покрытия 156
  контроль качества 162
  обработка бихроматом 161
  шкала стойкости 162
Фотохимическая деструкция 105
Фреоны 199, 200
Фресковая окраска 333, 337
Фрумкин А. Н. 25, 174
Фунгисидные смазки 248
Фунгисидсодержащие краски 247, 248
Фунгисиды 247
Футеровочные композиции на основе низко-молекулярных материалов 168
Футеровочные (органические) покрытия и смазки 165 и сл.

Хаин И. И. 148
Химическая и газовая коррозия 37, 38
Химическая обработка поверхности 126, 131
Химические покрытия металлов 146
Химически стойкие материалы на основе перхлорвиниловой смолы и сополимеров хлорвинила 238
Химически стойкие покрытия 237
Химический способ очистки штукатурки 325

Цветные металлы
  анодизационные покрытия на 151
  окисные покрытия на 149 и сл.
Цветовой тон 12
Цельнометаллические вагоны
  окраска 422, 423
  сушка 484, 488, 489
Цементная окраска 334—336
Цементное покрытие 163
Цементно-церезитовые краски 336
Цементные краски, рецептура 335
Централизованное приготовление и подача краски 450
Ценные породы дерева, имитация 278
Центробежные насосы в окрасочных цехах (справочная таблица) 570
Цепная полимеризация 76
Цепные полимеры, превращение в трехмерный полимер 80
Цех
  окрасочный месторасположение 539
  производственная программа 539, 540
Цех
  технологическая планировка 547, 549, 552
Цеховая лаборатория 556
Цинковый протектор, радиус действия в растворах NaCl 43
Цировка 277
Цировочные краски 277
Цировочная машинка 381

Черные металлы
  окисные покрытия на 147—149
  травление 362, 363
Чижевский А. А. 430
Чистота поверхности (классы чистоты) 126
Численные значения коэффициент теплопередачи К (справочная таблица) 568

Шаталов А. Я. 35
Шелкографические матрицы 277
Шеллачные политуры 271
Шероховатость степень 126
Шлаковая вата 468, 471, 477
Шлифование 223
  кож 321
  поверхности 129
Шпатлевание 218 и сл.
  поверхности штукатурки 326
Шпатлевки 120, 121
  области применения и характеристики 220
  состав 222
Шпатлевочные составы 341
Шпиндельный аппарат 48
Штампы 282, 283
Штукатурка
  выбор материала для окрашивания 326, 327, 328
  грунтование поверхности 326
  подготовка к окрашиванию 325

Щетка-торцовка 381
Щетки-макловицы 380
Щелочное оксидирование стальных изделий, режим 148

Эванс Ю. Р. 229
Экранирующие пигменты 111
Электрическое поле высокого напряжения, схема использования для окраски 432
Электродвигатели взрывобезопасные для окрасочных цехов (справочная таблица) 569
Электродные потенциалы 21, 22

Электродные сетки 434
Электрозащита (катодная защита) 43
Электрокалорифер 470
с открытыми спиралями 493, 494
Электролиты 19
Электромотор, выбор 502, 505
Электронографический метод исследования пограничных слоев 54
Электрооборудование 431, 433, 560
Электроокраска 198, 430 и сл.
деталей, схема 434
Электроокрасочная аппаратура 433
Электроокрасочная камера 433
Электроокрасочная установка, основные параметры 434, 435
Электростатическая теория адгезии 62, 63
Электростатические явления 172
Электрохимическая защита 43
Электрохимическая обработка поверхности 126, 131
Электрохимическая теория коррозии 21
Эльм 176
Эмалевые краски
трескающиеся 291, 292
Эмалевые покрытия металлов 146
Эмали 50, 121, 122, 163, 184—187, 240
индексация 179
«Муар» 276, 290—293
Эмалирование 163
Эмаль токопроводящая 246
Энергетическая освещенность 482, 507
определение 509
Энергии разрыва и притяжения величина 93
Эпоксидные смолы 194
Эрозия 15
Эршлер 34
Эфироцеллюлозные лаки 99
покрытия на их основе 189

Явления прилипания 63
Якубович С. В. 120, 179, 572
Яркость 12