

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
И ОБОРУДОВАНИЕ**

Рекомендовано
Госкомитетом
Российской Федерации
по высшему образованию
в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений,
обучающихся по направлению
"Наземные транспортные системы"
и специальностям "Автомобили
и автомобильное хозяйство",
"Оборудование и технология
повышения износостойкости
и восстановления деталей
машин и аппаратов"



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1995

ББК 39.33-04
В78
УДК 629.113.004.57

Выпущено в счет дотации, выделенной Комитетом Российской Федерации по печати

Рецензенты И. С. Деревец, И. Е. Дюмин

Редактор С. И. Белоцерковская

В78 Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование: Учеб. для вузов/В. Е. Канарчук, А. Д. Чигринец, О. Л. Голяк, П. М. Шощкий. — М.: Транспорт, 1995. — 303 с.: ил.
ISBN 5-277-01574-4

Изложены теоретические основы ремонта автомобилей. Рассмотрены основные методы восстановления деталей и агрегатов автомобилей. Приведено технологическое оборудование. Показана организация ремонтного производства и управление его качеством.

Предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся в автодорожных вузах и на автодорожных факультетах, а также инженерно-технических работников, занятых в ремонтном производстве.

В 3203030000—056 59—95
049(01)—95

ISBN 5-277-01547-4

ББК 39.33-04
© Коллектив авторов, 1995
© Оформление и иллюстрации.
Издательство "Транспорт",
1995

Постоянная необеспеченность ремонтного производства запасными частями является серьезным фактором снижения технической готовности автомобильного парка. Расширение же производства новых запасных частей связано с увеличением материальных и трудовых затрат. Вместе с тем около 75% деталей, выбраковываемых при первом капитальном ремонте автомобилей, являются ремонтпригодными либо могут быть использованы вообще без восстановления. Поэтому целесообразной альтернативой расширению производства запасных частей является вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта автомобилей и его агрегатов.

Из ремонтной практики известно, что большинство выбракованных по износу деталей теряют не более 1 — 2% исходной массы. При этом прочность деталей практически сохраняется. Например, 95% деталей двигателей внутреннего сгорания выбраковывают при износах, не превышающих 0,3 мм, и большинство из них могут быть вторично использованы после восстановления.

С позиции материалоемкости воспроизводства машин экономическая целесообразность ремонта обусловлена возможностью повторного использования большинства деталей как годных, так и предельно изношенных после восстановления. Это позволяет осуществлять ремонт в более короткие сроки с меньшими затратами металла и других материалов по сравнению с затратами при изготовлении новых машин.

Высокое качество отремонтированных автомобилей и агрегатов предъявляет повышенные требования к ресурсу восстановленных деталей. Известно, что в автомобилях и агрегатах после капитального ремонта детали работают, как правило, в значительно худших условиях, чем в новых, что связано с изменением базисных размеров, смещением осей в корпусных деталях, изменением условий подачи смазки и пр. В этой связи технологии восстановления деталей должны базироваться на таких способах нанесения покрытий и последующей обработки, которые позволили бы не только сохранить, но и увеличить ресурс отремонтированных деталей. Например, при восстановлении деталей хромированием, плазменным и детонационным напылением, индукционной и лазерной наплавкой, контактной приваркой металлического слоя износостойкость их значительно выше, чем новых.

Восстановление автомобильных деталей стало одним из важнейших показателей хозяйственной деятельности крупных ремонтных, специализированных малых предприятий и кооперативов. Создана фактически новая отрасль производства — восстановление изношенных деталей. По ряду наименований важнейших наиболее металлоемких и дорогостоящих деталей вторичное потребление восстановленных деталей значительно больше, чем потребление новых запасных частей. Так, например, восстановленных блоков двигателей используется в 2,5 раза больше, чем получаемых новых, коленчатых валов — в 1,9 раза, картеров коробок пере-

дач — в 2,1 раза больше, чем новых. Себестоимость восстановления для большинства восстанавливаемых деталей не превышает 75% стоимости новых, а расход материалов в 15 — 20 раз ниже, чем на их изготовление. Высокая экономическая эффективность предприятий, специализирующихся на восстановлении автомобильных деталей, обеспечивает им конкурентоспособность в условиях рыночного производства.

За рубежом также уделяют большое внимание вопросам технологии и организации восстановления деталей. В высокоразвитых странах — США, Англии, Японии, ФРГ — ремонт в основном осуществляется на предприятиях-изготовителях автомобилей. Восстанавливают дорогостоящие, металлоемкие, массовые автомобильные детали — коленчатые и распределительные валы, гильзы цилиндров, блоки и головки бло-

ков, шатуны, тормозные барабаны и пр. Ремонтной базой являются мото- и агрегаторемонтные предприятия фирм-изготовителей новых машин, самостоятельные фирмы-посредники. Например, в США восстановлением деталей занято около 800 фирм и компаний. К ним относятся как специализированные фирмы, так и фирмы, производящие комплектующие изделия для автомобилестроительных предприятий, в общем объеме продукции которых 10 — 40% приходится на выпуск восстановленных деталей. Ремонтным фондом служат детали со списанных автомобилей, которые поставляют фирмы-производители или фирмы, специализирующиеся на переработке негодных автомобилей. В США удовлетворение потребности автотранспортных средств в запасных частях обеспечивается на 25 % в результате восстановления деталей.

МОЙКА И ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ

1.1. ВИДЫ И ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

Автомобили и их составные части при поступлении в капитальный ремонт могут иметь на поверхностях деталей разнообразные загрязнения, различающиеся по условиям формирования и физико-механическим свойствам (табл. 1.1).

Все загрязнения подразделяют на эксплуатационные и технологические. Эксплуатационные загрязнения возникают в процессе эксплуатации автомобиля. К ним относятся: дорожно-почвенные отложения, продукты коррозии, накипь, масляно-грязевые отложения, асфальтосмо-

листые отложения, лаковые отложения и нагар.

Дорожно-почвенные отложения накапливаются в основном в ходовой части. Загрязненность ими зависит от условий эксплуатации (сезона работ, дорожных условий и т. п.). Прочность удержания частиц грязи на поверхности (адгезия) зависит от шероховатости поверхности, размера частиц, влажности воздуха и ряда других факторов. Адгезия мелких пылевидных частиц к поверхности весьма значительна. Удалить эти отложения можно щеткой или ветошью.

Продукты коррозии образуются в результате химического или электрохимического разрушения металлов и

Таблица 1.1. Свойства некоторых загрязнений составных частей автомобиля

Загрязнения	Характерные детали автомобиля	Максимальная толщина слоя загрязнения, мм	Максимальная площадь загрязненной поверхности, %	
			автомобиля	двигателя
Дорожно-почвенные отложения (дорожная грязь)	Детали ходовой части, рамы, кузова, кабины	30	70	—
Масляно-грязевые отложения	Наружная поверхность двигателя и коробки передач	10	10	15
Отслоившиеся лакокрасочные покрытия	Кабина, кузов, рама, крылья	1,0	90	70
Продукты коррозии	Рама, детали шасси, кабина, кузов	20	10	5
Накипь	Рубашка охлаждения блока и головки цилиндров	5	1	2
Асфальтосмолистые отложения	Щеки коленчатого вала, шатуны, картер блока цилиндров	3	—	30
Нагар	Головка цилиндров, выпускной трубопровод, выпускной клапан	10	—	3

* Площадь поверхности автомобилей и их агрегатов составляет 75—150 м²; площадь двигателей и их деталей 10—25 м².

** Без двигателя.

сплавов. На поверхности стальных и чугуновых деталей появляется пленка красновато-бурого цвета — гидрат окиси железа (ржавчина), который растворяется в кислотах и лишь незначительно в щелочах и воде. Алюминиевые детали также подвержены коррозии, продукты которой имеют вид серовато-белого налета и представляют собой окиси или гидраты окислов алюминия.

Накипь образуется в системе водяного охлаждения двигателя при эксплуатации. Откладываясь на стенках рубашек охлаждения двигателя и радиатора, накипь затрудняет теплообменные процессы и нарушает нормальную работу двигателя. Образование накипи обусловлено содержанием в воде в растворенном состоянии солей кальция и магния, т. е. жесткостью воды. Кроме накипи, в системах охлаждения двигателей образуются илистые отложения в результате попадания в систему охлаждения механических примесей (песка, глины), органических веществ (микроорганизмов, растений) и образования продуктов коррозии.

Масляно-грязевые отложения возникают при попадании дорожной грязи и пыли на поверхности деталей, загрязненные маслом. Возможно обратное явление — попадание масла на поверхности, загрязненные дорожной грязью: при этом грязь пропитывается маслом.

Асфальтосмолистые отложения — мазеподобные сгустки, откладывающиеся на стенках картеров, щеках колесчатых валов, распределительных шестернях, масляных насосах, фильтрах и маслопроводах.

Лаковые отложения — пленки, образующиеся в зоне поршневых колец, на юбке и внутренних стенках поршней.

Нагары — твердые углеродистые вещества, откладывающиеся на деталях двигателей (стенки камеры сгорания, клапаны, свечи, днище поршня, выпускной трубопровод, распылители форсунок). Основу нагара составляют карбены и карбониды (30 —

80%), масла и смолы (8 — 30%), остальное — окислы, асфальтены и зола. Нагары содержат большинство нерастворимых или плохо растворимых составляющих.

Технологические загрязнения связаны с процессом ремонта. К ним относятся: производственная пыль, стружка и абразив, окалина и шлаки, притирочные пасты и остатки эмульсий, продукты износа при обкатке.

При неудовлетворительной очистке деталей от этих загрязнений в процессе приработки поверхностей трения происходит интенсивный их износ. Задиры, царапины и риски, возникающие в период приработки, существенно влияют на первоначальный износ деталей.

Технологические загрязнения имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при выборе технологии очистки. Твердые загрязнения (производственная пыль, микропорошки, шлак, окалина, стружка), химически не связаны с поверхностью, а обычно связаны масляной пленкой и удаляются вместе с ней. Исключение составляют стружка в каналах, окисные пленки, частички абразива, внедренные (шаржированные) в поверхность металла. Для их удаления необходимо сильное и направленное гидродинамическое воздействие или продолжительное кавитационное (ультразвуковое) воздействие. При удалении притирочных паст необходимо иметь в виду, что удалять необходимо одновременно жидкие и твердые компоненты паст, иначе удаление только жидких компонентов, например, растворением, затруднит удаление твердых компонентов из-за засушивания и уплотнения, что усложнит их эмульгирование.

Продукты износа при обкатке необходимо извлекать из системы при фильтрации циркулирующего масла.

В зависимости от количества остаточных загрязнений различают три уровня очистки: макроочистку; микроочистку; активационную очистку.

Макроочистка — процесс удаления с поверхности наиболее крупных

загрязнений. Микроочистка — удаление загрязнений из микронеровностей поверхности. Активационная очистка — это травление деталей в растворах щелочей и кислот.

Применяют различные способы контроля остаточной загрязненности поверхности. При макроочистке приемлемы протирание, массовый и люминисцентный методы, а при микроочистке и активационной очистке — люминисцентный и метод смачивания водой.

Протирание поверхности выполняется бумажной салфеткой, тканью или ватным тампоном. Наличие грязи на протирочном материале количественно оценивается взвешиванием.

Массовый метод также состоит в том, что остаток загрязнения определяют взвешиванием. Сравнивая очищенные образцы с эталонами, можно быстро и с достаточной точностью оценивать моющую способность различных средств.

Люминисцентный метод основан на свойстве масел люминесцировать под влиянием ультрафиолетового света. Величина и интенсивность светящейся поверхности указывают на загрязненность поверхности.

Метод смачивания поверхности водой основан на способности металлической поверхности удерживать непрерывную пленку воды, если эта поверхность свободна от масляных (гидрофобных) загрязнений.

Очистка поверхности — удаление загрязнений с поверхности до определенного уровня ее чистоты. Существуют различные методы очистки (рис. 1.1). В основе каждого метода используется определенный способ разрушения загрязнений и удаления их с поверхности. Для ускорения процессов очистки применяют следующие способы интенсификации: повышение температуры и давления очищающей среды, вибрационную активацию очищающей среды и др.

В общем виде работа очистки

$$A_0 = A_{\text{фх}} + A_{\text{м}},$$

где $A_{\text{фх}}$ — работа, совершаемая очищаемой средой в результате физико-химической активности; $A_{\text{м}}$ — работа, связанная с механическим воздействием среды на разрушение загрязнения и его связи с поверхностью.

Чем физико-химически активнее среда (т. е. больше $A_{\text{фх}}$), тем потребуется меньше механической энергии;

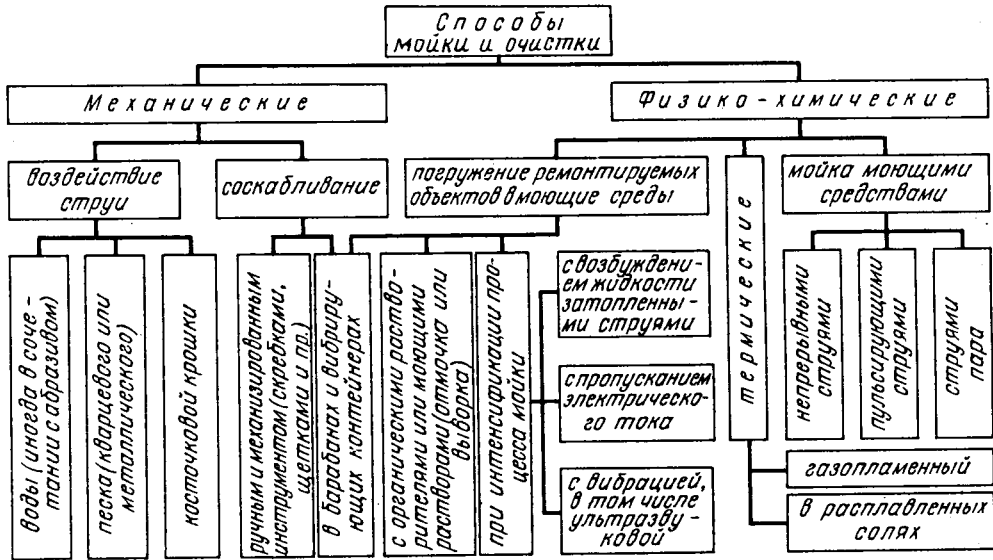


Рис. 1.1. Классификация способов мойки и очистки деталей

Т а б л и ц а 1.2. Перспективные способы удаления различных загрязнений

Виды загрязнений	Способ очистки
Нагар	Термомеханический (расплав солей); гидровиброабразивный; комбинированный; ванно-струйная очистка (растворяющий состав — щелочной раствор)
Асфальтосмолистые отложения	Пароводоструйный с моющими средствами; струями с моющими средствами; гидровиброабразивный; циркуляционный в растворе; в щелочном растворе погружением с активацией раствора винтами и в растворе с активацией вибрацией
Застарелая смазка	Пароводоструйный с моющими средствами; струями высокого давления (с моющими средствами и без них); струями низкого и среднего давления с моющими средствами; погружением в щелочной раствор или растворитель с возбуждением раствора вибрацией или винтами; комбинированные способы (растворяющий состав — щелочной раствор)
Накипь	Термомеханический (расплав солей)
Продукты коррозии	Гидровиброабразивный; циркуляционный в кислотном растворе; погружением в кислотный раствор (ванна со статическим положением деталей)
Отслоившиеся лакокрасочные покрытия	Пароводоструйный; струями высокого давления (с моющими средствами); погружением в щелочной раствор и возбуждением раствора винтами или вибрацией
Дорожно-почвенные отложения	Пароводоструйный без моющих средств; струями высокого давления с моющими средствами и без них

чем меньше $A_{фх}$, тем больше необходимо затратить A_m для достижения одинакового эффекта очистки.

Выбор процесса очистки за счет оптимальных величин $A_{фх}$ и A_m основан на технологических и экономических соображениях. Работа $A_{фх}$ зависит от моющего-очищаемой активности среды, ее концентрации и температуры. Работа A_m зависит от механической интенсивности процесса очистки (струи, вибрации, ультразвуковых колебаний и т. д.). Способы очистки, рекомендуемые для удаления различных загрязнений, приведены в табл. 1.2.

1.2. МОЮЩИЕ СРЕДСТВА

Рассмотрим механизм удаления масляной пленки с деталей моющим раствором. Схема воздействия горячего моющего раствора на масляную пленку изображена на рис. 1.2. На рис. 1.2, а показано исходное состояние масляной пленки на поверхности детали. Под действием горячего моющего раствора масляная пленка быс-

тро нагревается и в результате расширения и действия сил поверхностного натяжения принимает волнистый вид с углом $\alpha = 90^\circ$ (рис. 1.2, б), и с углом $\alpha \leq 90^\circ$ (рис. 1.2, в). В дальнейшем масляная пленка деформируется настолько, что, разрушаясь, образует масляные капли, которые обволакиваются моющим раствором. В результате этого сила сцепления этих частиц с металлом уменьшается и они легко удаляются с поверхности деталей струей раствора.

Таким образом, из рассмотренной схемы следует, что главным условием высокого качества обезжиривания деталей является обеспечение оптимальной температуры моющего раствора. При недостаточной температуре масляная пленка на детали не деформируется несмотря на действие моющего раствора. С повышением температуры значительно снижается вязкость загрязнения, повышается его текучесть, и эффективность обезжиривания улучшается.

Моющее действие состоит в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности и переводе их в моющий

раствор в виде растворов или дисперсий. Моющее действие проявляется в сложных процессах взаимодействия загрязнений, моющих средств и поверхностей. Основными явлениями, определяющими моющее действие, являются смачивание, эмульгирование, диспергирование и пенообразование. Указанные явления связаны с поверхностным натяжением и поверхностной активностью моющих средств.

Известно, что вдоль поверхности жидкости действуют силы натяжения, стремящиеся сократить эту поверхность. Они получили название сил поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение измеряют работой, которую необходимо затратить для увеличения поверхности жидкости на 1 см^2 . Произведение поверхностного натяжения на поверхность называется свободной поверхностной энергией. Способность веществ понижать свободную поверхностную энергию характеризует поверхностную активность этих веществ. Вещества, понижающие поверхностное натяжение раствора, называются поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Смачивание заключается в растекании капли жидкости, помещенной на поверхность твердого тела. Поверхности, смачиваемые водой, называются гидрофильными, а не смачиваемые водой — гидрофобными. Смачиваемость твердого тела жидкостью зависит от поверхностного натяжения жидкости, от природы и состава жидкости и твердого тела. Например, поверхности, загрязненные маслами, хорошо смачиваются углеводородными растворителями и не смачиваются чистой водой. Добавление в воду ПАВ понижает поверхностное натяжение воды и обеспечивает смачивание загрязненных маслами поверхностей.

В большинстве случаев загрязнения состоят из двух фаз — жидкой (масла, смолы) и твердой (асфальтены, карбены, почвенные и пылевые частицы и т. п.). Удаление таких загрязнений с поверхности происходит дву-

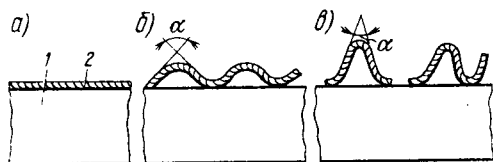


Рис. 1.2. Схема воздействия горячего моющего раствора на масляную пленку: 1 — деталь; 2 — масляная пленка

мя путями: эмульгированием жидкой фазы (образование эмульсий) и диспергированием твердой фазы (образование дисперсий).

Эмульсией называется система несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в виде мелких капель в другой. Эмульсии подразделяются на два типа: эмульсии прямые — "масло в воде" и эмульсии обратные — "вода в масле". Под маслом здесь понимается любая органическая жидкость, не растворимая в воде и водных растворах.

Эмульгирование жидкой фазы загрязнений возможно в водных растворах ПАВ. Молекулы ПАВ создают на поверхности капель масла прочные адсорбционные слои. Гидрофобная часть молекулы связывается с маслом, а гидрофильная — ориентируется в сторону водного раствора (см. рис. 1.3). При этом происходит гидрофилизация капель масла, что препятствует их слиянию (коалесценции). Вещества, в данном случае ПАВ, адсорбирующиеся на поверхности гидрофобных частиц, называются эмульгаторами.

Диспергирование твердой фазы загрязнений происходит благодаря адсорбции ПАВ на частицах загрязнений. Малое поверхностное натяжение раствора позволяет ему проникать в мельчайшие трещины частиц загрязнения и адсорбироваться ПАВ на поверхностях этих частиц. Адсорбированные молекулы ПАВ создают расклинивающее давление на частицы, разрушая и измельчая их. На процессы эмульгирования и диспергирования большое влияние оказывает механическое воздействие раствора,

способствующее разрушению загрязнений.

Важным этапом в моющем процессе является стабилизация в растворе отмытых загрязнений и предупреждение их повторного осаждения на очищенную поверхность. Стабилизация загрязнений зависит в основном от состава моющего раствора и технологических условий его применения (концентрации, температуры, загрязненности).

В итоге моющий процесс можно представить состоящим из ряда последовательных этапов. Поскольку почти все загрязнения гидрофобны, то вода, обладая большим поверхностным натяжением, не смачивает загрязненные поверхности и стягивается в отдельные капли (рис. 1.3,а). При растворении в воде моющего средства поверхностное натяжение раствора резко уменьшается, и раствор сма-

чивает загрязнение, проникая в его трещины и поры (рис. 1.3,б). При этом снижается сцепляемость частиц загрязнения между собой и с поверхностью. При механическом воздействии увлекаемые молекулами моющего средства частицы грязи переходят в раствор (рис. 1.3,в). Молекулы моющего средства обволакивают загрязнения и отмытую поверхность, что препятствует укрупнению частиц и оседанию их на поверхность (рис. 1.3,г). В результате частицы загрязнения во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

В быту принято судить о качестве моющего раствора по количеству образующейся пены. Это не совсем верно. Пена способствует удержанию диспергированного загрязнения и предотвращению его осаждения на очищенную поверхность. Однако отождествлять пенообразование с моющим действием нельзя, так как пенообразование не является специфической характеристикой моющего действия.

При очистке поверхности металлов пенообразование имеет большое значение — это положительное влияние — это положительное влияние, например, при пароводоструйной или электролитической очистке, когда слой пены предотвращает разбрызгивание моющего раствора или создает защитный слой, уменьшающий проникновение едких испарений в атмосферу. В большинстве же случаев пенообразование является отрицательным фактором, т. е. ограничивает использование интенсивного перемешивания моющего раствора. Например, в струйных моечных машинах нельзя применять моющие средства с высоким уровнем пенообразования.

Щелочность моющих растворов является важнейшим фактором, определяющим эффективность очистки. Щелочность определяет способность растворов нейтрализовать кислые компоненты загрязнений, омылять масла, снижать контактное натяже-

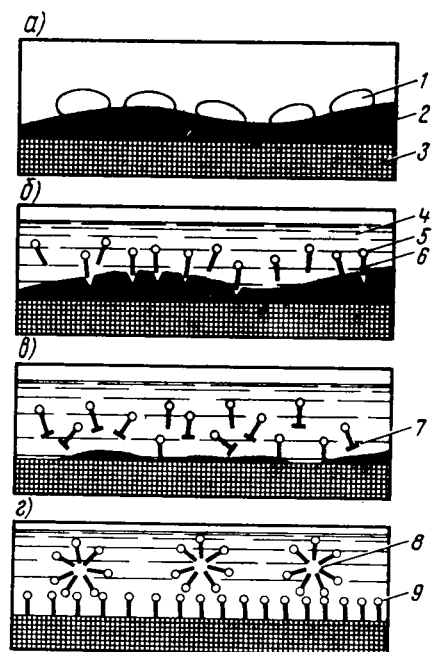


Рис. 1.3. Схема моющего процесса:

1 — капли воды; 2 — загрязнение; 3 — очищаемая поверхность; 4 — моющий состав; 5 — гидрофильная часть молекулы ПАВ; 6 — гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал); 7 — переход частиц загрязнения в раствор; 8 — частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 9 — адсорбция молекул ПАВ на очищенной поверхности

Т а б л и ц а 1.3. Состав синтетических моющих средств для струйных и погружных способов очистки, %

Компоненты моющих средств	Марка моющих средств						
	Лабомид-101	Лабомид-203	МС-6	МС-8	МС-15	МС-16	Темп-100
Кальцинированная сода	50	50	40	38	44—42	40	40,5
Тринатрийфосфат	—	—	—	—	—	—	20
Триполифосфат натрия	30	30	25	25	22	26	15
Метасиликат натрия	16,5	10	29	29	28	28	20
Карбамид	—	—	—	—	—	—	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	—	—	—	1,5
Синтаид-5	—	—	—	8	—	—	—
Алкилсульфаты	—	2	—	—	—	—	—
Оксифос-Б	—	—	—	—	6—8	—	—
Синтаид-510	—	—	—	—	—	4	—
Оксифос КД-6	—	—	—	—	—	—	0,5

ние растворов, жесткость воды и т. д. Различают общую и активную щелочность. Общая щелочность определяется титрованием кислотой с индикатором метилоранжем, а активная — титрованием с фенолфталеином. Моющее действие растворов зависит только от уровня активной щелочности.

Показателем щелочности, равно как и кислотности, служит водородный показатель рН, который определяется как логарифм обратной концентрации ионов водорода. Поскольку моющим действием обладает только часть щелочных соединений, диссоциировавших на свободные ионы, то водородный показатель может служить критерием активности или моющей способности растворов.

Большое распространение во всех процессах очистки получили синтетические моющие средства (СМС). Основу СМС (табл. 1.3) составляют ПАВ, активность которых повышена введением щелочных электролитов. Растворы СМС по моющей способности значительно превосходят растворы едкого натра и различных щелочных смесей. Составы СМС для струйных и погружных способов очистки приведены в табл. 1.3.

Указанные СМС выпускают в виде сыпучего, гигроскопичного белого или светло-желтого порошка. Они не-

токсичны, негорючи, пожаробезопасны и хорошо растворимы в воде. Растворы СМС допускают одновременную очистку деталей из черных, цветных и легких металлов и сплавов. В отличие от растворов едкого натра они безопасны в применении. Узлы и детали, подлежащие непродолжительному хранению (10 — 15 дней), не нуждаются после очистки растворами СМС в дополнительной антикоррозионной обработке. Антикоррозионная защита поверхности обеспечивается силикатами, входящими в состав СМС.

Эффективность рассмотренных СМС представлена в табл. 1.4, из которой видно, что СМС в 3 — 5 раз эффективнее растворов едкого натра. Средства Лабомид-101, Лабомид-102 и МС-6 предназначены для моечных машин струйного типа, а Лабомид-203 и МС-8 — для машин погружного типа. Разработаны новые составы технических моющих препаратов Темп-100 и Темп-100А. Препараты Темп эффективнее, чем Лабомид и МС, и, кроме того, Темп-100А обладает повышенным пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности. Из зарубежных СМС наиболее эффективным являются Силирон У-64 и Гр-форте-супер.

Разработано пожаро- и взрывобезопасное средство МС-9, состоящее

Т а б л и ц а 1.4. Эффективность применения моющих средств

Моющее средство	Концентрация СМС, г/л	Чистота поверхности, баллы, в зависимости от времени очистки ¹ , с					
		30	60	90	120	180	240
Едкий натр	15—25	2	4	—	5,0	6,5	7
Лабомид-101	30	2	4,5	6	8	9,5	10
МЛ-52	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Лабомид-203	30	3	7	8,5	10	10	—
МС-6	30	2	4,5	7	8	9,5	10
МС-8	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Силирон У-64	10	—	—	—	—	8	—
	20	—	—	—	—	9,5	10
	30	3	5	9	9	10	10

¹Определено на установке КИ-3127. По пенообразующим свойствам СМС существенно различаются.

из неионогенных ПАВ (0,3%), активных добавок — Na_2CO_3 , Na_3PO_4 , NaOH (6%) и воды (93,7%). МС-9 имеет низкую пенообразующую способность, что позволяет применять его при механизированной очистке деталей струйным методом и использовать при более низкой температуре, чем средство МЛ-52 (МЛ-52 при 80 — 100° С; МС-9 при 70 — 75° С) с одинаковым моющим действием.

Рабочие концентрации растворов СМС зависят от загрязненности поверхности и составляют 5 — 20 г/л. Наилучшее моющее действие растворов СМС проявляется при температуре 80 — 85° С. При 70° С и ниже резко снижается моющая способность раствора и усиливается пенообразование. Для пеногашения используют дизельное топливо, которое добавляют в раствор в количестве 10 — 15 г/л.

В ремонтном производстве используется водный раствор едкого натра, который не может применяться для очистки и мойки деталей из алюминия и его сплавов. Алюминий реагирует со щелочами с образованием растворимой соли (алюмината натрия), поэтому для обезжиривания деталей из алюминия и алюминиевых сплавов используют растворы на основе кальцинированной соды (10 — 15 г/л) с добавлением тринатрийфосфата (10 — 25 г/л) и жидкого стекла (10 — 15 г/л).

Нейтральные жидкости не вступают в химическое взаимодействие с загрязнителями, их очищающее действие основано на образовании с загрязнителями коллоидных растворов, суспензий и эмульсий. Нейтральные жидкости подразделяются на органические (перхлорэтилен, трихлорэтилен, ксилол, ацетон, дихлорэтан, дизельное топливо, керосин тракторный, бензин и уайт-спирит) и неорганические (воду).

К преимуществам органических растворителей следует отнести высокую производительность, возможность удаления загрязнений с деталей сложной формы, так как обезжиривающей способностью обладает не только жидкость, но и пары, возможность многократного использования. Однако у органических растворителей действие избирательное, большинство из них пожароопасно, вредно действуют на организм человека, и они относительно дороги. Повышение скорости и качества очистки находится в зависимости от сочетания высокой химической активности моющей среды и максимального эффекта кавитационного разрушения загрязнений. Как показали исследования моющей способности органических растворителей, хорошие результаты при ультразвуковой очистке от масляных загрязнений дает композиция дизельного топлива и дихлорэтана.

На ремонтных предприятиях часто

используют такие моющие средства, как дизельное топливо, бензин, уайт-спирит, керосин. Они применяются для внутренней промывки картера двигателя, коробки передач и ведущих мостов. Наибольший интерес представляет применение этих средств и их композиций для очистки деталей двигателей от асфальтосмолистых отложений и нагаров.

Анализ показывает, что в зарубежном ремонтном производстве имеются тенденции к применению в технологии очистки двигателей очищающих средств на основе органических растворителей. Использование этих средств увеличивает производительность очистных операций в 6—8 раз, повышает качество очистки, дает возможность проводить очистку при умеренных температурах (20—60 °С). Приблизительно такие же результаты обеспечиваются новыми моющими средствами, созданными в ГОСНИТИ. Лабораторные испытания показывают, что время очистки деталей при использовании этих средств по сравнению с щелочными в несколько раз сокращается (рис. 1.4) при умеренном возбуждении моющих жидкостей колебанием деталей с амплитудой 150—200 мм и частотой 1,0—2,5 1/с.

Разработан препарат на основе хлорированных углеводородов — Лабомид-315. Этот препарат обладает высокой очищающей способностью по отношению к масляным, асфальтосмолистым и углеродистым отложениям деталей машин и двигателей. По этому показателю Лабомид-315 превосходит все известные препараты, в том числе наиболее активные из них: Ардрокс-667 и Лабомид-311. Лабомид-315 обеспечивает качественную очистку деталей при небольших затратах энергии и температуре 20—25 °С.

В производстве применяют растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС), состоящие из базового растворителя, соразтворителей, ПАВ и воды. Сначала детали погружают в РЭС, где загрязнения растворяются,

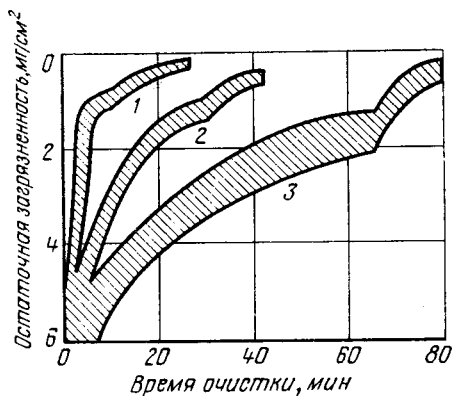


Рис. 1.4. Динамика очистки загрязненных деталей двигателей различными моющими средствами:

1 — Лабомид-311 и Аплайд — хлорированные углеводороды с фенолами и поверхностно-активными веществами; 2 — ДВП-1, МК-3, АМ-15, МЛ-51 — органические растворители с поверхностно-активными веществами; 3 — МЛ-52, МЛ-51, Лабомид-203, Лабомид-101, МС-8 — синтетические моющие средства

затем они помещаются в воду или водный раствор щелочных синтетических моющих средств для эмульгирования растворителя и оставшихся загрязнений — при этом эмульгированный растворитель и загрязнения переходят в щелочной раствор, чем обеспечивается необходимое качество очистки. РЭС применяются при очистке деталей от прочных, например, асфальтосмолистых отложений, но их могут использовать и при очистке других загрязнений, когда нет возможности повысить температуру раствора выше 60 °С.

По составу и свойствам растворяюще-эмульгирующие средства, предназначенные для очистки деталей машин, можно разделить на две группы: РЭС-I — горючие смеси нефтяных углеводородов с ПАВ (смачиватели, эмульгаторы и соразтворители): препараты МК-3, Термос, АМ-15, ДВП-1 и пр.; РЭС-II — негорючие смеси галлоидных производных (чаще всего хлорированных) углеводородов со смачивателями, эмульгаторами, иногда с фенольными соединениями: Лабомид-315, Ардрокс-667, Аплайд 8-77, Лабомид-311, Ардрокс-610с, Аплайд 8-66 и пр.

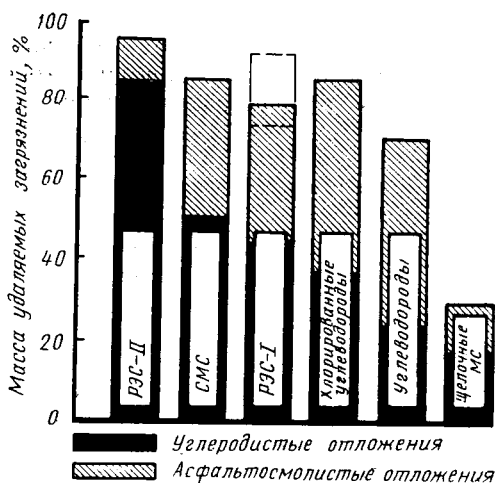


Рис. 1.5. Очищающая способность моющих и очищающих средств

Сравнительная характеристика очищающей способности моющих и очищающих средств РЭС погружением по отношению к асфальтосмолистым и углеродистым загрязнениям представлена на рис. 1.5. Анализ показывает, что РЭС-I обладает горючестью и низкой активностью по отношению к тяжелым асфальтосмолистым и углеродистым отложениям. РЭС-II негорюч, достаточно быстро очищает поверхность от масляных и асфальтосмолистых отложений, однако многие его композиции недостаточно активны по отношению к тяжелым асфальтосмолистым и углероди-

стым отложениям, а эффективные в этом отношении РЭС — высокотоксичны.

1.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ И ОЧИСТКИ

Недостаточная очистка ремонтируемых объектов является одной из серьезных причин снижения качества их ремонта. Производительность труда при разборке и сборке загрязненных объектов ремонта резко снижается. По данным исследований только в результате повышения качества очистки можно на 20 — 30% повысить ресурс отремонтированных агрегатов и на 15 — 20% увеличить производительность труда на разборочно-сборочных работах.

Струйная моечная установка ОМ-4267 (рис. 1.6) предназначена для мойки сборочных единиц и деталей с применением СМС. Однако промывка в струйных моющих машинах с применением соответствующих моющих средств, в том числе и синтетических, не обеспечивает должной степени очистки от смолистых отложений, особенно на поверхностях, не подвергающихся непосредственному воздействию струй. В связи с этим детали со смолистыми отложениями очищают в ваннах (очисткой погружением — "вываркой"). Таким способом можно очищать даже шасси автомобиля.

Для очистки погружением в каче-

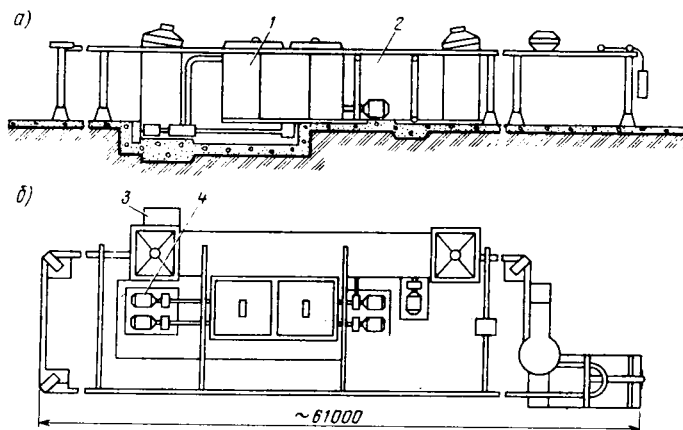


Рис. 1.6. Моечная установка ОМ-4267:

а — схема установки на фундаменте; б — общий вид; 1 — ванна для моющего раствора; 2 — моечная камера; 3 — электрошкаф; 4 — система подачи и перекачки раствора и воды

стве моющих средств применяют Лабомид-203 и МС-8 концентрацией 20 — 30 г/л. Рабочая температура растворов 80 — 100°C. Использование при очистке погружением растворов каустической соды с концентрацией более 50 г/л нецелесообразно, так как их моющая способность при дальнейшем повышении концентрации не увеличивается. Для повышения моющей способности в раствор каустической соды вводят силикаты (жидкое стекло, метасиликат натрия) и различные поверхностно-активные вещества. Растворы моющих средств Лабомид-203 и МС-8 в 3 — 4 раза эффективнее растворов каустической соды.

Интенсивность процесса очистки деталей погружением возрастает при перемешивании раствора в ванне или перемещении очищаемых деталей. Для этой цели выварочные ванны со статической выдержкой деталей заменяют установками с винтами, осевыми насосами, вибрационными и колеблющимися платформами. Продолжительность очистки деталей в таких установках по сравнению с обычными ваннами сокращается в 1,5 — 2 раза. Для устранения вредных испарений при очистке деталей погружением ванны оборудуют герметически закрывающимися крышками.

Одним из путей реализации очистки погружением является применение роторных машин АКТБ-227 и др. Объемная загрузка таких машин в

несколько раз выше, чем у струйных, что значительно повышает производительность труда. Периодическое погружение в раствор и извлечение из него очищаемого ремонтного фонда создает обмен раствора у его поверхности.

Конвейерная моечная машина КМ-4 (рис. 1.7) с непрерывным циклом работы предназначена для очистки деталей на крупных авторемонтных предприятиях.

Машина состоит из ванны 1, в которой помещены гребные винты 15 для перемешивания жидкости. Каретки, на которых подвешена корзина с очищаемыми деталями, перемещаются при помощи подвижного конвейера. Двигаясь по конвейеру, корзина опускается в моющую жидкость и передвигается вдоль ванны до выхода в противоположном конце. При продвижении в ванне корзина при помощи реек вращается вокруг вертикальной оси и шестерни на конвейере.

Для удаления асфальтосмолистых отложений с деталей используют растворители и растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС). Наиболее распространенными растворителями являются:

хлорированные (тетрахлорэтилен, трихлорэтилен, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, дихлорэтан), хорошо растворяющие минеральные масла, асфальтосмолистые отложения и старые лакокрасочные покрытия; они пожаробезопасны, но обладают высокой токсичностью;

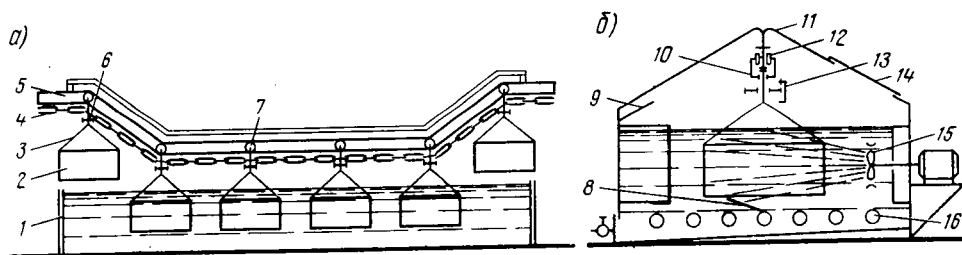


Рис. 1.7. Конвейерная моечная машина КМ-4:

а — продольный разрез; б — вид в плане; 1 — ванна; 2 — контейнер; 3 — растяжка; 4 — цепь; 5 — двутавровая балка; 6 — шестерня; 7 — каретка; 8 — козырек; 9 — щитки; 10 — упорный подшипник; 11 и 14 — крышки; 12 — ролики; 13 — рейка; 15 — гребной винт; 16 — теплообменник

ароматические (бензол, ксилол) используют для растворения минеральных масел и асфальтосмолистых отложений (бензол высоко токсичен);

предельные (дизельное топливо, керосин, тракторный бензин, уайт-спирит) хорошо растворяющие минеральные масла, консистентные смазки и консервационные составы. Они наименее токсичны в ряду растворителей.

Из растворителей наибольшее применение имеют дизельное топливо, керосин, бензин и уайт-спирит. Хлорированные углеводороды, которые по очищающей способности в десятки раз более эффективны, чем перечисленные выше, пока не применяют ввиду высокой токсичности, однако их используют при наличии специальных установок, работающих по замкнутому циклу, с соблюдением требований техники безопасности.

Для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений при низкой температуре рекомендуют растворяюще-эмульгирующие средства АС-15 и "Ритм", которые отличаются от СМС тем, что удаляют загрязнения в результате частичного их растворения с последующим эмульгированием оставшихся загрязнений.

Очистку при помощи РЭС осуществляют в два этапа, при этом выдерживают детали в них при комнатной температуре и ополаскивают в растворе любого СМС при температуре 50 — 60°C. Средство АМ-15 приготавливают на основе растворителя ксилола, а "Ритм" — на основе хлорированных углеводородов типа трихлорэтилена. Особенностью РЭС является их токсичность и некоторая огнеопасность, поэтому применять эти средства необходимо в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности. С помощью РЭС очищают детали из черных металлов и алюминиевых сплавов.

При одинаковом способе применения растворов СМС и РЭС в погружных машинах РЭС в 5 — 15 раз эффективнее, чем СМС. Для двухэтап-

ной технологии очистки с применением РЭС разработаны моечные машины погружного типа. Машины представляют собой ванну для моющего раствора, в которой имеется платформа, загружаемая очищаемыми деталями. Платформа совершает возвратно-поступательные движения с частотой 1 — 2 Гц и ходом 50 — 200 мм. Привод движения платформы осуществляется от сети сжатого воздуха давлением 0,4 — 0,5 МПа. Выпускается несколько типов таких машин — ОМ-5287, ОМ-5299 и др.

От нагара, накипи и продуктов коррозии детали очищают механическим, термохимическим и комбинированным способами.

Очистка твердых отложений на автомобильных деталях механическим способом осуществляется при помощи металлических щеток, косточковой крошкой, металлическим песком, гидropескоструйной обработкой. Металлические щетки приводятся во вращение от электродрели. Несмотря на простоту такого способа, он применяется лишь на мелких предприятиях, так как не обеспечивает необходимых качества очистки и производительности труда. Очистка деталей от нагара косточковой крошкой является более совершенным способом, отличается высокой производительностью при вполне удовлетворительном качестве очистки. Косточковая крошка изготавливается из скорлупы зерен плодов, является мягким материалом и, удаляя загрязнения, не разрушает поверхность деталей, включая алюминиевые.

Перед обработкой косточковой крошкой удаляют масляные и асфальтосмолистые загрязнения. Очистку деталей косточковой крошкой выполняют в специальных установках. Очистке косточковой крошкой поддаются лишь поверхности, которые попадают в зону прямого действия струи. Внутренние полости, карманы и углубления сложной формы остаются неочищенными.

Установка, очищающая детали косточковой крошкой, предназначена

для механизации процессов очистки деталей от нагара, накипи и других загрязнений.

Техническая характеристика стационарной камерной установки для очистки крупногабаритных деталей косточковой крошкой

Давление сжатого воздуха, МПа. . .	0,4—0,6
Расход воздуха, м ³ /ч	200
Габаритные размеры, мм:	
длина	2100
ширина	1090
высота	2300
Масса, кг	350

Установка (рис. 1.8) для очистки косточковой крошкой крупногабаритных деталей (блока цилиндров, головки блока) состоит из камеры очистки 11, бункера 9 с косточковой крошкой, смесительного механизма 7, влагоотделителя 6, приемного стола 5, тележки 4. Камера очистки представляет собой сварной металлический каркас, облицованный снаружи листовым железом. Чтобы уменьшить шум при работе установки, камера внутри облицована резиной. Дно камеры выполнено из двух перфорированных листов железа, прикрепленных к каркасу. Через заднюю стенку в камеру входит шланг 2 с соплом 3 на конце, предназначенный для очистки деталей. Спереди, в зоне обслуживания установки, на вертикальном облицовочном листе имеются два отверстия для доступа рук рабочего в зону очистки. К краям этих отверстий прикреплены специальные рукава для предохранения рук работающего от травм и относительной герметизации установки. Вентиляционный зонт 1 камеры присоединен к вытяжной сети вентиляции. На наклонном переднем листе укреплены смотровое окно 12 и два светильника для освещения рабочей зоны.

В камере очистки предусмотрено сопло 10 для обдува деталей воздухом после очистки. С правой стороны камера имеет дверь для загрузки деталей. В смесительном механизме находится инжекторное устройство, к входу которого от влагоотделителя через пробковый кран подводится

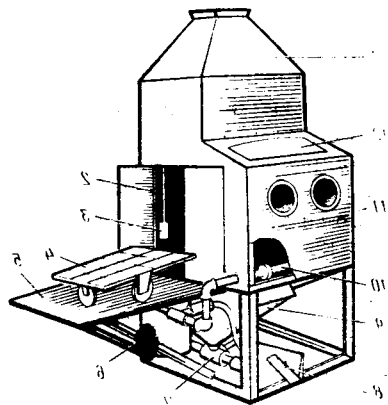


Рис. 1.8. Установка для очистки деталей косточковой крошкой

сжатый воздух. К выходу инжекторного устройства прикреплен гибкий шланг с соплом для подачи рабочей смеси. Управление инжекторным устройством осуществляется при помощи пробкового крана, связанного тягой с педалью 8.

Пескоструйная очистка при ремонте не применяется, так как загрязняет помещения кварцевой пылью, способствующей заболеванию работающих силикозом. Гидропескоструйная очистка исключает появление кварцевой пыли и может быть рекомендована для очистки деталей от коррозии и старой краски.

Термохимический метод предусматривает очистку деталей в щелочном расплаве. Наиболее распространенный состав расплава содержит 65% едкого натра, 30% азотнокислого и 5% хлористого натрия. Температура расплава $(400 \pm 20)^\circ\text{C}$. Установки ОМ-4944 и ОМ-5458 применяют для очистки деталей от нагара, накипи и ржавчины в щелочном расплаве.

Установка ОМ-4944 состоит из четырех ванн. В первой ванне детали для разрушения загрязнения выдерживают 5 — 10 мин в щелочном расплаве. Во второй ванне детали промывают проточной водой: резкий перепад температур вызывает бурное парообразование, которое способствует разрушению разрыхленных ос-

татков нагара, накипи, ржавчины и растворению остатков расплава.

В третьей ванне осуществляют кислотную обработку (травление) для осветления поверхности деталей и нейтрализации остатков щелочи. При одновременной очистке деталей из черных металлов и алюминиевых сплавов травление ведут раствором фосфорной кислоты (85 г/л) с добавлением хромового ангидрида (125 г/л) при температуре $(30 \pm 5)^\circ\text{C}$. В четвертой ванне детали промывают окончательно горячей водой. Общее время цикла обработки составляет 20 — 25 мин. Загружают и выгружают контейнеры с деталями, а также перемещают их из одной ванны в другую электротельфером.

Установка ОМ-5458 снабжена автооператором, позволяющим перемещать детали в автоматическом режиме. Мелкие детали (клапаны, толкатели, нормали и др.) очищают во вращающихся барабанах с жидким наполнителем, в качестве которого используют керосин, дизельное топливо, Лабомид-203 или МС-8.

Барабан загружают на 75% своего объема. В рабочем положении он должен быть погружен в раствор на $2/3$ — $3/4$ своей высоты и вращаться со скоростью 16 — 18 об/мин. Перспективной является очистка мелких деталей (клапанов, толкателей) от

твердых отложений виброабразивным способом, при котором детали и обрабатывающую среду (водные растворы лабомида или МС и наполнители в виде уралита, мраморной крошки, измельченных абразивных кругов) помещают в контейнер, которому сообщается колебательное движение.

Установка (рис. 1.9) для мойки и очистки мелких деталей во вращающемся барабане состоит из привода 1, шестигранного барабана 4 с перфорированными стенками, который вращается в подшипниках, установленных на верхней рамке каркаса; ванны 5 для моющей жидкости; пневмоцилиндра 6 двустороннего действия для подъема и опускания ванны; каркаса 2, имеющего внутри направляющие, в которых движутся ролики ванны; колпака 3 с дверцей для загрузки деталей в барабан.

Техническая характеристика установки с вращающимся барабаном для мойки и очистки мелких деталей в жидкой среде

Моющая жидкость	керосин
Вместимость ванны, л	90
Частота вращения барабана, об/мин	34
Время мойки, мин	15—20
Масса загружаемых деталей, кг ..	87
Габаритные размеры, мм:	
длина	1070
ширина	1880
высота	1485

Вначале откидывают дверцу колпака и подводят барабан люком в верхнее положение. Затем открывают дверцы барабана и загружают его деталями, подлежащими мойке. После этого закрывают дверцы барабана и колпака и включают пневмоцилиндр для подъема ванны с моющей жидкостью в верхнее положение. Затем включают привод и начинают мойку деталей. По окончании мойки ванну опускают в нижнее положение и чистые детали выгружают по наклонной плоскости, образованной дверцей барабана, в накопитель. После этого процесс мойки деталей повторяется. Для периодического слива моющей жидкости ванна имеет два отвода с винтовыми пробками.

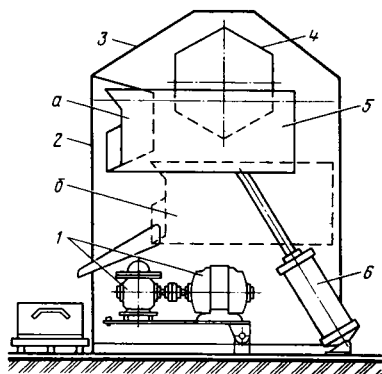


Рис. 1.9. Установка для мойки мелких деталей во вращающемся барабане:
а и б — соответственно крайнее верхнее и крайнее нижнее положения ванны

Детали небольших размеров, но сложной конфигурации, в частности детали системы питания и электрооборудования, очищают в моечных установках ультразвуком. Детали, подлежащие очистке, помещают в ванну с моющим раствором, где под действием ультразвука в моющем растворе образуются области сжатия и разрежения. Образование пустот в жидкости и действия (гидравлические удары), вызываемые ими там, где они возникают, получило название кавитации. Под действием кавитации загрязнения на поверхности детали разрушаются и удаляются вместе с моющим раствором. В качестве моющих средств целесообразно применять водные растворы лабомиды или МС (в зависимости от загрязненности концентрация раствора составляет 10 — 30 г/л, температура раствора 55 — 65°C) или растворители и средства на их основе (керосин, дизельное топливо, АМ-15 и др.).

Оборудование, применяемое при ультразвуковой очистке, обычно состоит из ультразвуковой ванны, генератора тока высокой частоты и излучателя (преобразователя тока высокой частоты в ультразвуковые колебания), встроенного в дно ванны. В качестве излучателей в основном применяют магнитострикционные преобразователи, преобразующие электрические колебания ультразвукового генератора в механические ультразвуковые колебания, которые передаются жидкости в ванне.

Для удаления накипи и продуктов коррозии, помимо очистки в расплаве солей, косточковой крошкой или металлическим песком, объекты ремонта обрабатывают в 10 — 12%-ном растворе ингибированной соляной кислоты при температуре 78 — 85°C в течение 20 — 25 мин. После обработки в кислотном растворе объекты ремонта ополаскивают в растворе кальцинированной соды (5 г/л) и тринатрийфосфата (2 г/л).

Старые лакокрасочные покрытия чаще всего удаляют обработкой деталей в щелочных растворах каустиче-

ской соды (едкий натр, ГОСТ 2263—71) концентрацией 80 — 100 г/л при температуре 80 — 90°C в течение 60 — 90 мин. Детали промывают горячей водой в установках ванного или струйного типа. Завершающей операцией является пассивирование поверхности деталей в ванне с раствором нитрита натрия концентрацией 5 г/л при температуре 50 — 60°C. Когда удаление старой краски в щелочных растворах невозможно по технологическим или конструктивным соображениям, ее удаляют при помощи смывок или растворителей. Химическая промышленность выпускает следующие смывки: СД (СП) по ТУ МХП 1113-44, СД(ОБ) по ТУ МХП 906-42 и АФТ-1 по ТУ МХП 2648-51. Скорость действия смывок: СД (СП) — 5 мин, СД (ОБ) — 30 мин и АФТ-1 — 20 мин. Расход — 170, 150 и 250 г/м² соответственно. Разрушающее действие смывки АФТ-1 повышается при добавлении в нее фосфорной кислоты из расчета 15 мл на 1 л смывки. В качестве смывок можно применять растворитель Р-4 № 646 или № 647.

От консервационных смазок детали очищают в растворах синтетических моющих средств, таких как Лабомид-101 концентрацией 10 г/л при температуре 90 — 100°C. Установки АКТБ-180 или ОМ-3600 и др. с пульсирующим потоком жидкости применяют для очистки масляных каналов блока цилиндров и коленчатого вала.

Для обезжиривания некоторых точных деталей (плунжерные пары, распылители, шариковые и роликовые подшипники) применяют бензин с последующей промывкой веретенным или солярным маслом. Обезжиривать подшипники после промывки их в бензине можно и в растворах 1 и 2, приведенных в табл. 1.5, при температуре раствора 60 — 70°C.

При очистке деталей электрооборудования применяют керосин. В качестве заменителя керосина и бензина можно применять керосиновый контакт, который получают на нефтеперерабатывающих заводах в виде

Т а б л и ц а 1.5. Составы для обезжиривания подшипников

Компоненты	Массовые части составов	
	№ 1	№ 2
Кальцинированная сода	0,15—0,25	0,1—0,3
Натриевый хромпик	0,08—0,1	—
Азотнокислый натрий	—	0,1—0,3
Жидкое стекло	—	0,1—0,3
Вода	Остальное	Остальное

побочного продукта при очистке минеральных масел серной кислотой. Состав керосинового контакта: 40% — сульфонефтяных кислот; 8% — минеральных масел; 1% — серной кислоты; остальное — вода. Ввиду повышенного раздражающего действия на кожу рук керосиновый контакт применяют только при механизированной мойке.

Распространенным моющим средством на авторемонтных заводах является раствор на основе каустической соды (NaOH). Однако необходимо иметь в виду его раздражающее действие (особенно при концентрации свыше 1,2 — 1,5%) на кожу рук. Применяя более высокие концентрации растворов, необходимо обязательно применять последующую промывку деталей в ванне с горячей водой с добавлением нитрита натрия или хромпика, что предохраняет детали от коррозии.

1.4. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Организация рабочих мест при разборке включает следующие основные требования:

на посты разборки ремонтный фонд должен поступать тщательно вымытый и очищенный;

рабочие места должны быть специализированы, т. е. каждый рабочий должен выполнять определенные виды работ, что позволяет сократить время на подготовку к работе и более полно использовать инструмент и приспособления;

рабочее место должно предусмат-

ривать максимальную экономию движений рабочего, что должно быть заложено в конструкцию оборудования (высота конвейера, стенда, взаимное расположение рабочих мест и т. д.);

рабочее место должно быть оснащено средствами механизации основных и вспомогательных работ, необходимой документацией, местом для инструмента, специализированной тарой.

Основные требования охраны труда заключаются в следующем. Участок разборки должен иметь прочные негорючие стены. Полы на участке должны иметь ровную (без порогов) гладкую, но нескользкую, удароустойчивую, не впитывающую нефтепродукты поверхность. Их необходимо систематически очищать от смазки и грязи. Потолки и стены следует окрашивать краской светлых тонов.

Оборудование должно быть установлено с соблюдением необходимых разрывов между ними. Нельзя допускать скопления на участке большого числа агрегатов и деталей. Запрещается загромождать проходы, проезды и подходы к доскам с пожарным инструментом и огнетушителями.

Агрегаты и детали, соприкасавшиеся во время работы с этилированным бензином, следует предварительно промывать керосином в специальных ваннах, имеющих местный отсос. Агрегаты и детали, имеющие массу более 20 кг, необходимо снимать, транспортировать и устанавливать при помощи подъемно-транспортных средств. Усилие при подъеме груза механизмом должно быть направлено вертикально. Подтаскивание грузов краном запрещено. Разбирать агрегаты, имеющие пружины (передняя независимая подвеска, сцепление, клапанный механизм и др.), разрешается только на специальных стендах или при помощи приспособлений, обеспечивающих безопасную работу. При выпрессовке деталей, имеющих плотную посадку, на прессах последние следует снабжать защитными решетками.

Освещенность рабочих мест искусственным светом должна соответствовать для работ средней точности при малом контрасте различения объекта с фоном (фон светлый) для газоразрядных ламп: комбинированное — 400 лк, общее — 200 лк; для ламп накаливания: комбинированное — 400 лк, общее — 100 лк.

Чтобы обеспечить электробезопасность, каждое производственное помещение окольцовывают шиной заземления, расположенной на 0,5 м от пола и снабженной надежными контактами. Сопротивление шины заземления в любом месте не должно превышать 4 Ом. Все корпуса электродвигателей, а также металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением, должны быть занулены или заземлены.

Переносный электроинструмент можно применять при условии его исправности при напряжении не более 36 В. Если переносный электроинструмент работает от напряжения, большего чем 36 В, то он должен выдаваться вместе с защитными приспособлениями (диэлектрические перчатки, обувь, коврики и др.). Общий свет может иметь любое напряжение, освещение станков 36 В, переносные лампы 12 В. Применение голых ламп (без арматуры) запрещено. Все стационарные светильники должны быть прочно укреплены, чтобы они не давали качающихся теней.

Использованный обтирочный материал складывают в металлические ящики с крышкой. В конце смены ящики следует очищать во избежание самовозгорания обтирочного материала.

Участки промывки и очистки относятся к участкам повышенной опасности. Учитывая, что при очистке применяют щелочные растворы, растворители и другие вредные вещества, к охране труда предъявляют повышенные требования. Работающих на этих участках обеспечивают спецодеждой, индивидуальными средствами защиты (перчатками, очками,

респираторами и т. д.). Участки оборудуют надежной приточно-вытяжной вентиляцией. Помещения для очистки, санитарно-гигиеническое оборудование цехов и участков должны соответствовать санитарным нормам проектирования промышленных предприятий (СНиП).

В автомобильной промышленности ежегодно используются десятки тысяч тонн моющих реагентов на водно-щелочной основе, которые сбрасываются в виде сточных вод, поскольку процессы обезжиривания и мойки осуществляются по прямоточной схеме. Кроме экологических проблем, все более широкое использование этих составов приводит к значительному увеличению энергетических затрат, так как еженедельная замена отработанных растворов также требует дополнительных затрат на разогрев свежих растворов до рабочей температуры.

Для создания совершенных методов очистки твердых, жидких и газообразных отходов до экологически безопасного уровня необходимы затраты, равные или превышающие капитальные вложения в основную технологию. Одним из наиболее рациональных способов использования отходов является рециркуляция, позволяющая вводить отходы обратно в производство для повторного их использования. На современном уровне критерием совершенства технологического процесса можно считать его максимальную безотходность и экологическую безопасность.

В проблеме создания ресурсосберегающих малоотходных технологий основное внимание уделяется разработке новых интенсивных технологий разделения, концентрирования и очистки технологических сред. Одним из достижений технологического процесса последних лет в этой области является мембранная техника.

К основным мембранным методам разделения сред относятся ультрафильтрация, обратный осмос, микрофильтрация в потоке, испарение через мембрану, диализ, электродиа-

лиз, диффузионное разделение газов и мембранная дистилляция.

Процесс отделения от растворителя крупных коллоидных частиц или взвешенных микрочастиц размером 0,1 — 10,0 мкм называют микрофильтрацией (МФ), а иногда мембранной фильтрацией, подразумевая под этим термином фильтрацию с поперечным потоком. Микрофильтрация занимает промежуточное место между ультра- и обычной фильтрацией. МФ приобрела большое значение наряду с такими известными мембранными методами разделения, как обратный осмос и ультрафильтрация.

Обратный осмос, ультрафильтрацию, поперечную микрофильтрацию в протоке проводят под избыточным давлением и все эти процессы объединены в одну группу баромембранных процессов (табл. 1.6).

Ультрафильтрация, обратный осмос, поперечная микрофильтрация представляют собой процессы выделения из растворов молекул и ионов в зависимости от их размеров под давлением при фильтровании через полупроницаемую мембрану (ППМ) без изменения химического состава. При ультрафильтрации, обратном осмосе, микрофильтрации происходит разделение раствора на два, один из которых представляет собой очищенный фильтрат (например, моющий раствор) или воду (при обратном осмосе), а другой — концентрат загрязнителей или полезных продуктов — концентрат грунтовки (при ультрафильтрации, микрофильтрации) и концентрат технологических растворов (при обратном осмосе).

Очищенная вода, фильтраты, технологические растворы после мембранной обработки возвращают в производство, а концентраты загрязне-

ний утилизируют. Между ультрафильтрацией и обратным осмосом имеются различия. Мембраны, используемые для ультрафильтрации, имеют поры диаметром порядка сотен и тысяч ангстрем, и вода проходит через них вязким потоком. Диаметр пор мембран обратного осмоса не превышает нескольких десятков ангстрем, при этом скорость течения воды через мембраны значительно меньше, чем при ультрафильтрации. В баромембранных процессах накопление растворенного вещества у поверхности мембраны недопустимо, так как приводит к резкому снижению селективности (разделяющей способности) и проницаемости (производительности по фильтрату) мембран.

Ультрафильтрацию в отличие от обратного осмоса используют для разделения систем, в которых молекулярная масса растворенных компонентов намного больше молекулярной массы растворителя. Например, для разделения водных растворов ультрафильтрацию применяют тогда, когда хотя бы один из компонентов намного больше молекулярной массы растворителя. К ультрафильтрациям относятся процессы, в которых мембрана задерживает частицы эффективным диаметром в несколько ангстрем.

Важнейшими преимуществами ультрафильтрации по сравнению с другими физико-химическими методами очистки, фракционирования и концентрирования растворов являются безреагентность, экологичность, высокие интенсивность, экономические показатели и качество получаемых продуктов, простота технологических схем и аппаратов, возможность обработки водных и неводных растворов разных объемов.

Т а б л и ц а 1.6. Условные границы и рабочие давления применяемых процессов

Процесс	Рабочее давление, МПа	Диаметр частиц, мкм
Обратный осмос	0,7—7,0	0,0001—0,0010
Ультрафильтрация	0,2—1,0	0,001—0,020
Поперечная микрофильтрация в потоке	0,01—0,20	0,02—10,00

Поперечная микрофильтрация в потоке может быть использована в качестве основной или вспомогательной стадии во многих химико-технологических процессах. Например, в качестве промежуточной стадии при разделении растворов в процессах ультрафильтрации и обратного осмоса для уменьшения загрязнения мембран и снижения в связи с этим их селективности и проницаемости. На процесс поперечной микрофильтрации влияет ряд макро- и микрофакторов. К числу первых могут быть отнесены давление, температура и скорость циркуляции потока, к числу вторых — распределение частиц жидкой фазы и пор фильтрующей мембраны по размеру, толщина фильтрующей мембраны, морфологические и физико-химические свойства мембран.

Мембранные методы относятся к сравнительно небольшому перечню безреагентных методов, которые эффективно реализуются при температуре окружающей среды. К достоинствам этих методов можно отнести несложность процесса, простоту конструкции установок, экономичность, полную автоматизацию, безлюдность.

Мембранные процессы разделения жидких и газовых смесей имеют технические, экономические и экологические преимущества по сравнению с другими методами.

В отличие от реагентных и электролитических способов обезвреживания сточных вод мембранные процессы перспективны экологически, так как не приводят к дополнительному загрязнению воды добавляемыми реагентами и продуктами разложения или взаимодействия исходных загрязняющих веществ. Очищенная вода, фильтраты, концентраты (технологические реагенты) после мембранной обработки возвращаются в производство, а концентрат загрязнений утилизируется. Кроме того, отсутствуют шламовые отходы, нет необходимости в больших по объему отстойниках.

По сравнению с ионным обменом мембранная технология обеспечивает более высокую степень очистки воды независимо от состава загрязнений в результате задержания не только ионов, но и неионных веществ. При этом возможна очистка растворов солей широкого диапазона концентрации (до 20%). Мембранная технология лишена таких серьезных недостатков, как необходимость частой регенерации ионообменников и сброс в водоемы регенерационных растворов.

По сравнению с электролизом и термическими способами разделения мембранные процессы не требуют больших затрат электроэнергии. Возможность разделения смеси при низкой температуре позволяет лучше сохранять исходные свойства разделяемых компонентов.

Примером промышленной установки, применяемой для фильтрации водомасляных обезжиривающих растворов, является установка УФ-1.

Технологическая характеристика установки УФ-1

Производительность установки по фильтрату, м ³ /ч	0,3 — 0,4
Поверхность фильтрации, м ²	2,5
Рабочее давление, МПа	0,45
Скорость потока над мембраной, м/с	3,0—4,5
Производительность по рабочему раствору, м ³ /ч	13 — 15
Производительность по регенерированному раствору, м ³ /сут	7,2
Среднее количество поступающего масла, г/ч	210—400

Уменьшение объема рабочего цикла в режиме "Ультрафильтрация" составляет 85,7 — 92,3% при степени концентрации 13 — 15%. После 169-кратной предварительной концентрации содержание масла в концентрате составляло 8,5 — 15,0%. Ультрафильтрат без корректировки обладает мощнейшей способностью на 12,5 — 28,0% меньшей, чем свежеприготовленный рабочий раствор. Удельная производительность ультрафильтров БТУ 0,5/2 — Ф1 изменяется от 240 до 60 л/м²·ч. Через 56 — 70 ч эксплуатации требуется промывка ультрафильтров.

ДЕФЕКТАЦИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

2.1. СУЩНОСТЬ ДЕФЕКТАЦИИ И СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Целью дефектации разобранных деталей является определение их технического состояния и сортировка на соответствующие группы: годные, подлежащие восстановлению и негодные. Результаты дефектации и сортировки используются для определения коэффициентов годности и распределения деталей по маршрутам восстановления.

Многие причины отбраковки деталей прямо или косвенно связаны с техническими возможностями средств и методов контроля и дефектации. Существенное влияние на нормы отбраковки оказывают также технологические возможности авторемонтного предприятия. Нередки случаи отбраковки деталей, содержащих исправимые дефекты, только из-за отсутствия соответствующих методов ремонта.

После сортировки годные детали отправляют в комплектовочное отделение, негодные — на склад металлолома или для использования как материал для изготовления других деталей. Детали, требующие восстановления, после определения маршрута ремонта поступают на склад деталей, ожидающих ремонта, и далее на соответствующие участки восстановления. Громоздкие детали — рамы, картеры задних мостов и другие — контролируют непосредственно на рабочих местах.

Дефектацию деталей выполняют внешним осмотром, а также при помощи инструмента, приспособлений, приборов и оборудования. В процессе дефектации и сортировки детали маркируют краской: годные — зеленой, негодные — красной, детали,

подлежащие восстановлению, — желтой. Количественные показатели дефектации и сортировки деталей фиксируют в дефектовочных ведомостях или при помощи специальных суммирующих счетных устройств.

Дефектацию обычно начинают с наружного осмотра деталей, определяя их общее техническое состояние и выявляя внешние дефекты — трещины, пробоины, вмятины и др. Для выявления скрытых дефектов применяют приборы и приспособления, работа которых основана на неразрушающих методах контроля.

Развитие средств и методов дефектации в итоге позволяет улучшить качество ремонта автотранспортных средств. На крупных авторемонтных заводах используют автоматизированные системы управления (АСУ), в том числе и на участках дефектации деталей, позволяющие получать необходимую информацию о количественных показателях производственного процесса, потребностях в материалах, комплектующих изделиях и обеспечивать ритмичность работы цехов и участков.

Комплекс методов дефектации или методов технической диагностики, позволяющий получить количественные критерии качества продукции, играет все более важную роль в обеспечении ресурса капитально отремонтированных автотранспортных средств до уровня 0,8 ресурса новых.

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ДЕТАЛЕЙ

Дефект — это каждое отдельное несоответствие продукции требованиям нормативной документации. По последствиям дефекты подразделяют на критические, значительные и

малозначительные. Критический дефект — это дефект, при котором использование продукции по назначению практически невозможно или исключается в соответствии с требованиями техники безопасности. Значительный дефект — это дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Малозначительный дефект — это дефект, который не оказывает существенного влияния на использование продукции по назначению и на ее долговечность.

По месту расположения все дефекты подразделяют на наружные и внутренние. Наружные дефекты, такие как деформация, поломки, изменение геометрической формы и размеров, легко выявляют визуально или в результате несложных измерений. Внутренние дефекты, такие как усталостные трещины, трещины термической усталости и т. п., выявляют различными методами структуроскопии деталей. К методам структуроскопии относят магнитодефектоскопию, рентгеноскопию, ультразвуковую дефектоскопию и другие методы. Таким образом, в процессе структуроскопии деталей выполняется комплекс работ, состоящий в выявлении и характеристике дефектов, имеющих их в деталях.

Дефекты по возможности исправления классифицируют на исправимые и неисправимые. Исправимые дефекты — это дефекты, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно. К ним относят такие дефекты, как деформации, вмятины, обломы, износ поверхностей, задиры и другие дефекты, не ведущие к полной утрате работоспособности детали. Неисправимые дефекты — это дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно.

По причинам возникновения дефекты подразделяют на три класса: конструктивные, производственные, эксплуатационные.

Конструктивные дефекты — это

дефекты, выражающиеся в несоответствии требованиям технологического задания или установленных правил разработки (модернизации) продукции. Причины таких дефектов могут быть весьма различны: ошибочный выбор материала изделия, неверное определение размеров деталей, режима термической обработки и т. д. Эти дефекты являются следствием несовершенства конструкции и ошибок конструирования.

Производственные дефекты — это дефекты, выражающиеся в несоответствии требованиям нормативной документации на изготовление (ремонт) или поставку продукции. Такого рода дефекты возникают в результате нарушения технологического процесса при изготовлении или восстановлении деталей.

Производственные дефекты подразделяют на шесть групп.

Первая группа — дефекты плавки и литья. К ним относятся: отклонения химического состава от заданного, ликвация, газовые поры, земляные и шлаковые включения, усадочные раковины, спай, горячие и холодные трещины и др.

Вторая группа — дефекты, возникающие при обработке давлением. К ним относятся: поверхностные и внутренние трещины, разрывы, риски, волосовины, закаты, плены, расслоения, флокены, зажимы и т. д.

Третья группа — дефекты термической, химико-термической и электрохимической обработки. В эту группу входят: термические трещины, обезуглероживание, науглероживание, водородные трещины, перегрев, пережог, трещины отслаивания и др.

Четвертая группа — дефекты механической обработки. К этой группе относятся: отделочные трещины, прижоги, шлифовочные трещины, нарушение герметических размеров.

Пятая группа — дефекты, возникающие при правке, монтаже и демонтаже. К ним относятся: рихтовочные и монтажные трещины, погнуто-сть, обломы резьбы, нарушение посадок.

Шестая группа — дефекты соединения металлов сваркой и наплавкой. В эту группу входят: раковины, поры, шлаковые включения, перегрев, изменение размеров зерна, горячие и холодные трещины, непровар, неполное заполнение шва, нахлест, смещение кромок шва, непропаивание, непрочлеивание, отслоение и др.

Эксплуатационные дефекты — это дефекты, которые возникают в результате износа, усталости, коррозии и неправильной эксплуатации. В процессе эксплуатации наибольший процент отказов возникает в результате изнашивания деталей. Изнашивание — это процесс постепенного изменения размеров и формы тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации. Изнашивание деталей зависит от ряда факторов, в частности от условий трения. В зависимости от наличия между тру-

щимися телами смазки различают сухое, граничное и жидкостное трение.

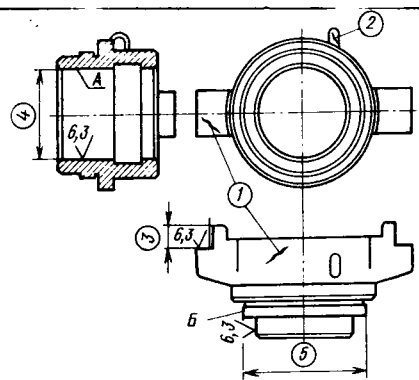
Учитывая, что каждому классу деталей присущи конструктивные особенности и определенные условия эксплуатации, можно ориентировочно установить характерные дефекты деталей каждого класса. В табл. 2.1 приведены примеры вышеуказанной классификации.

Нормативно-техническая, конструкторская, технологическая, эксплуатационная и ремонтная документация стандартизована и является единой для всех предприятий и организаций независимо от их подчиненности и принадлежности к отрасли. Это — "Единая система конструкторской документации" (ЕСКД), "Единая система технологической документации" (ЕСТД), "Единая система технологической подготовки производства" (ЕСТПП).

Т а б л и ц а 2.1. Характерные дефекты деталей различных классов

Класс деталей	Дефекты	
	устраняемые	неустраняемые
I. Толстостенные корпусные	Деформации, вмятины, сплошная коррозия, обломы, забитость резьбы и отверстий, износ	Трещины: усталостные, термической усталости, ползучести, контактные. Коррозия: местная, межкристаллитная, щелевая, газовая, растрескивания под напряжением
II. Тонкостенные корпусные	Деформации, вмятины, сплошная коррозия, разрывы	Трещины: усталостные, термической усталости, контактные. Коррозия: местная, межкристаллитная, газовая, щелевая
III. Прямые круглые стержни	Износ поверхности, деформации, обломы, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, контактные, ползучести, растрескивания под напряжением
IV. Прямые круглые стержни с фасонной поверхностью	То же	Трещины: термической усталости, усталостные, контактные, ползучести. Коррозия: газовая, межкристаллитная, щелевая, местная
V. Полые стержни	Износ поверхности, деформация, задиры, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, ползучести. Коррозия: газовая, межкристаллитная, местная
VI. Диски с гладким периметром	Износ поверхности, деформация, обломы, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, ползучести, контактные, растрескивание под напряжением. Коррозия: межкристаллитная, местная
VII. Диски с фасонным периметром	Износ поверхности, деформация, сплошная коррозия	Трещины: усталостные, контактные, ползучести. Коррозия: межкристаллитная, щелевая, газовая, местная
VIII. Некруглые стержни	Износ поверхности, деформация, обломы, сплошная коррозия	Трещины: усталостные, контактные, термической ползучести. Коррозия: местная, межкристаллитная, щелевая

Т а б л и ц а 2.2. Карта дефектации

			Деталь			
			Муфта выключения сцепления			
			Номер детали			
			130-1602051			
			Материал		Твердость	
Чугун СЧ 15		HB 163÷229				
№ поз.	Возможные дефекты	Способ установ- ления дефекта и измерительный инструмент	Размер, мм			ЗаклЮчение
			по ра- боче- му черте- жу	допу- сти- мый без ре- монта	допу- сти- мый для ремон- та	
1	Трещины и обломы любого характера и расположения, кроме трещин и обломов ушка под оттяжную пружину	Осмотр	—	—	—	Браковать
2	Трещины и обломы ушка под оттяжную пружину	"	—	—	—	Ремонтиро- вать на- плавкой
3	Износ поверхности лап по высоте	Осмотр, шаб- лон 16,0 мм	15+ +0,25	16	Более 16	То же
4	Износ отверстия под крышку подшип- ника первичного вала коробки передач	Пробка пла- стинчатая 47,9мм или индикатор- ный нутромер 35 — 50 мм	47,5	17,9	—	Браковать при размере более 47,9 мм
5	Износ шейки под подшипник выключе- ния сцепления	Скоба или мик- рометр 50—70 мм	55	55	Менее 55	Ремонтиро- вать на- плавкой

Стандартизованные документы на проведение технического контроля предусматривают порядок составления операционных карт технического контроля и ведомостей операционного контроля.

Технические условия (ТУ) на контроль и сортировку деталей в условиях авторемонтного производства разрабатываются на основании анализа условий работы детали, физико-механических свойств, перечня возможных дефектов и др. Они составляются в виде карт (табл. 2.2), которые по каждой детали в отдельности содержат следующую информацию: наи-

менование детали и номер по каталогу, перечень дефектов, способы их выявления и рекомендуемые способы устранения, эскиз с указанием мест расположения дефектов, размеры детали, материал, твердость.

2.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Средства и методы контроля. Состояние деталей и сопряжений можно определить осмотром, проверкой на ошупь, при помощи мерительных инструментов и другими методами.

В процессе осмотра выявляют разрушение детали (трещины, выкрашивание поверхностей, изломы и т. п.), наличие отложений (накипь, нагар и т. п.), течь воды, масла, топлива. Проверкой на ощупь определяют износ и смятие ниток резьбы на деталях в результате предварительной затяжки, эластичность сальников, наличие задиров, царапин и др. Отклонения сопряжений от заданного зазора или натяга деталей от заданного размера, от плоскостности, формы, профиля и т. д. определяют при помощи измерительных инструментов.

Выбор средств контроля должен основываться на обеспечении заданных показателей процесса контроля и анализа затрат на реализацию контроля при заданном качестве изделия. При выборе средств контроля следует использовать эффективные для конкретных условий средства контроля, регламентированные государственными, отраслевыми стандартами и стандартами предприятий.

Выбор средств контроля включает следующие этапы:

- анализ характеристик объекта контроля и показателей процесса контроля;

- определение предварительного состава средств контроля;

- определение окончательного состава средств контроля, их экономического обоснования, составление технологической документации.

В зависимости от производственной программы, стабильности измеряемых параметров могут быть использованы универсальные, механизированные или автоматические средства контроля. При ремонте наибольшее распространение получили универсальные измерительные приборы и инструменты. По принципу действия они могут быть разделены на следующие виды.

1. Механические приборы — линейки, штангенциркули, пружинные приборы, микрометрические и т. п. Как правило, механические приборы и инструменты отличаются просто-

той, высокой надежностью измерений, однако имеют сравнительно невысокую точность и производительность контроля. При измерениях необходимо соблюдать принцип Аббе (компараторный принцип), согласно которому необходимо, чтобы на одной прямой линии располагались ось шкалы прибора и контролируемый размер проверяемой детали, т. е. линия измерения должна являться продолжением линии шкалы. Если этот принцип не выдерживается, то перекос и непараллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения.

2. Оптические приборы — окулярные микрометры, измерительные микроскопы, коллимационные и пружинно-оптические приборы, проекторы, интерференционные средства и т. д. При помощи оптических приборов достигается наивысшая точность измерений. Однако приборы этого вида сложны, их настройка и измерение требуют больших затрат времени, они дороги и часто не обладают высокой надежностью и долговечностью.

3. Пневматические приборы — длиномеры. Этот вид приборов используется в основном для измерений наружных и внутренних размеров, отклонений формы поверхностей (в том числе внутренних), конусов и т. п. Пневматические приборы имеют высокую точность и быстродействие. Ряд измерительных задач, например точные измерения в отверстиях малого диаметра, решается только приборами пневматического типа. Однако приборы этого вида чаще всего требуют индивидуальной тарировки шкалы с использованием эталонов.

4. Электрические приборы. Они получают все большее распространение в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре. Перспективность приборов обусловлена их быстродействием, возможностью документирования результатов измерений, удобством управления.

Основным элементом электрических измерительных приборов явля-

ется измерительный преобразователь (датчик), воспринимающий измеряемую величину и вырабатывающий сигнал измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования и интерпретации. Преобразователи классифицируют на электроконтактные (рис. 2.1), электроконтактные шкальные головки, пневмоэлектроконтактные, фотоэлектрические, индуктивные, емкостные, радиоизотопные, механотронные.

Промышленность выпускает нормализованные узлы средств автоматического контроля, что позволило создать блочную конструкцию автоматических измерительных средств. Помимо преобразователя, такие средства содержат измерительную станцию, пороговое, загрузочное, транспортирующее, запоминающее, исполнительное (сортировочное) и преобразующее устройства.

Общим направлением развития измерительных средств для мелкосерийного, индивидуального и специализированного производства является создание универсальных сборных, легко перенастраиваемых приспособлений, состоящих из агрегатных узлов серийного производства. Такие узлы сборных приспособлений широко выпускаются как в нашей стране, так и за рубежом. Выбор тех или иных узлов и приспособлений проводят по соответствующей справочной литературе.

В последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно разрабатывают средства измерений нового типа — координатные измерительные машины, предназначенные для контроля сложных корпусных деталей, точного измерения длин, погрешностей формы и других параметров. Наиболее универсальны — трехкоординатные измерительные машины, содержащие автоматическую систему обработки результатов, выполненную на базе микроЭВМ. Известны машины такого типа фирм "Ferranti", "Taylor-Hobson" и др. Трехкоординатная измерительная машина, раз-

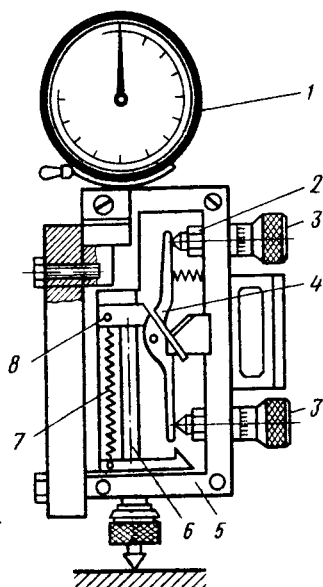


Рис. 2.1. Электроконтактный предельный преобразователь модели 228:

1 — настраиваемая измерительная головка; 2 — неподвижные контакты; 3 — барабанчики; 4 — двуплечный рычаг; 5 — корпус; 6 — измерительный шток; 7 — пружина; 8 — передвижная планка

работанная Одесским заводом фрезерных станков, позволяет измерять по осям X, Y, Z, соответственно равным 400, 250 и 150 мм, цена деления шкалы по каждой координате — 0,5 мкм.

Все большее распространение на предприятиях автостроения и ремонта получают автоматическое и автоматизированное технологическое оборудование, станки и инструмент. Технологическим процессом на таком оборудовании управляют при помощи средств активного контроля.

Активный контроль производится до обработки детали на технологическом оборудовании (защитно-блокировочные устройства), в процессе обработки и после обработки — для подналадки оборудования. Наиболее разработаны средства активного контроля при абразивной обработке деталей, токарных, фрезерных и других технологических операциях, при шлифовании и хонинговании, которые широко используются в авторемонтном производстве и, как прави-



Рис. 2.2. Основные методы контроля шероховатости поверхности

ло, являются заключительной операцией ремонта детали.

Активный контроль позволяет увеличить производительность труда, уменьшить брак. Однако необходимо иметь в виду, что средства активного контроля целесообразно применять только в том случае, если исполнительные органы технологического оборудования могут воспринимать и осуществлять с заданной точностью принятые команды.

Разработаны методы измерения и контроля шероховатости поверхности (рис. 2.2). Чаще всего шероховатость измеряют контактным методом, щуповыми приборами (профилометрами и профилографами) и бесконтактным — оптическими приборами (микроинтерферометрами, двойными микроскопами и др.). Например, в современном профилографе-профилометре (рис. 2.3) алмазная ощупывающая игла 1 с радиусом закругления 10 мкм закреплена на яко-

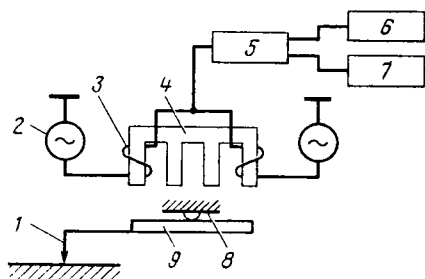


Рис. 2.3. Схема профилографа-профилометра модели 252

ре 9 измерительного преобразователя. При перемещении преобразователя относительно исследуемой поверхности игла и якорь колеблются на опоре 8 относительно сдвоенного Ш-образного сердечника 4, на котором закреплены две катушки 3 преобразователя. Катушки включены в мостовую схему, которая питается от стабилизированного генератора 2. При колебаниях якоря изменяются воздушные зазоры между якорем и сердечником, индуктивности катушек и соответственно выходное напряжение мостовой схемы. Выходные сигналы с мостовой схемы, амплитуда которых пропорциональна высоте микронеровностей, а частота соответствует шагу микронеровностей, поступают на блок управления 5 и счетно-решающий блок 6, а затем на записывающее устройство 7. Числовые значения параметров шероховатости поверхности (R_a , R_z и др.) определяются при помощи пятиразрядного цифрового отсчетного устройства, расположенного на передней панели счетно-решающего блока. Записывающее устройство используют для записи профилограммы профиля поверхности.

Рассмотрим технологию контроля некоторых специфических деталей.

Контроль блока цилиндров двигателя. Основные дефекты — трещины и износ цилиндров определяют следующим образом (рис. 2.4):

измеряют штангенциркулем диаметр верхнего незнашивающегося пояса цилиндра;

подбирают в соответствии с диаметром верхней кромки цилиндра сменный стержень 1 индикаторного нутромера, вставляют его в тройник 2 и закрепляют гайкой;

устанавливают микрометр на размер, равный диаметру цилиндра по верхней кромке, плюс 1 мм;

штифты индикаторного нутромера устанавливают между пяткой и шпинделем микрометра, закрепляют сменный стержень и подводят ноль шкалы к стрелке индикатора 3;

измеряют цилиндр в плоскости,

перпендикулярной оси коленчатого вала, в трех сечениях I, II и III на расстояниях $\frac{H}{6}$ и $\frac{H}{2}$ (H — высота гильзы);

измеряют цилиндр в плоскости, параллельной оси коленчатого вала, в трех сечениях.

Пользуясь приведенными ниже формулами, определяют диаметр цилиндра, износ его по сечениям, а также максимальную овальность и конусность цилиндра.

Износы цилиндра в миллиметрах соответственно в плоскостях в перпендикулярной I_1 и параллельной I_{11} оси коленчатого вала:

$$I_1 = D_1 - D_2 \text{ и } I_{11} = D_{11} - D_2,$$

где D_1 и D_{11} — диаметры цилиндра соответственно в плоскостях перпендикулярной и параллельной оси коленчатого вала и в соответствующих сечениях, мм; D_2 — диаметр цилиндра по верхнему пояску, мм.

Максимальная конусность в миллиметрах

$$K = D_{\max} - D_{\min},$$

где $D_{\max}$ и $D_{\min}$ — соответственно максимальный и минимальный диаметры цилиндра в одной плоскости, но в разных сечениях, мм.

Максимальная овальность в миллиметрах

$$O = D_{\max} - D_{\min},$$

где $D_{\max}$ и $D_{\min}$ — соответственно максимальный и минимальный диаметры цилиндра в одном сечении, но в разных плоскостях, мм.

Результаты замеров заносят в карту измерения и контроля блока цилиндров.

Контроль коленчатых валов. Основные дефекты — погнутость, износ коренных и шатунных шеек, трещины.

Погнутость коленчатого вала проверяют в центрах токарного (или специального) станка на биение индикатором часового типа, укрепленным на индикаторной стойке. Биение определяют по средней шейке коленчатого вала. Разность наибольшего и наименьшего отклонений стрелки за

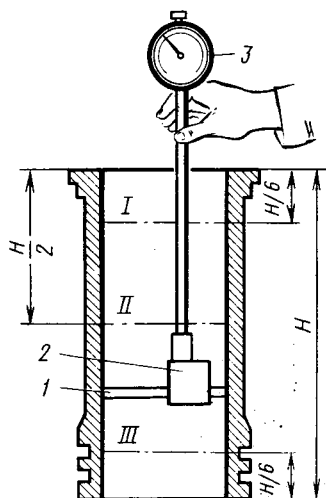


Рис. 2.4. Схема измерения диаметра гильзы цилиндра

один оборот вала будет равна биению вала.

Овальность и конусность коренных и шатунных шеек коленчатого вала определяют замером в двух сечениях, отстоящих от галтелей на расстоянии 10 — 15 мм. В каждом поясе измеряют в двух перпендикулярных плоскостях: параллельной и перпендикулярной плоскости колена.

Конусность определяют как разность наибольшего и наименьшего диаметров шейки, измеренных в двух сечениях и взаимно перпендикулярных плоскостях. Овальность определяют вычитанием из наибольшего диаметра шейки наименьшего, измеренных в одном сечении, но в различных плоскостях. Результаты замеров каждой шейки заносят в карту измерения и контроля коленчатого вала.

Шейки коленчатого вала измеряют микрометрами с пределами измерений 50, 75, 100 мм или рычажным микрометром со шкалой соответствующей точности. Трещины коленчатого вала выявляются внешним осмотром невооруженным глазом, при помощи простых луп и магнитного дефектоскопа.

Контроль зубьев зубчатых колес. Основные дефекты — износ зубьев

по толщине. Зубья замеряют по толщине штангензубомерами, шаблонами, тангенциальными зубомерами и оптическими приборами типа БП (большой проектор).

Контроль шариковых подшипников. Основные дефекты — радиальные и осевые люфты.

При проверке радиального зазора (люфта) (рис. 2.5, а) проверяемый шариковый подшипник внутренним кольцом устанавливают на оправку и зажимают гайкой. Сверху стержень 2 одним концом упирается в поверхность наружного кольца подшипника, а другим — в ножку миниметра 1. Снизу стержень 4 одним концом упирается в поверхность наружного кольца подшипника, а другим концом он связан с системой рычагов. Стержень 2 находится в трубке 3, а стержень 4 — в головке. Трубка 3 и стержень 4 при помощи рычагов соединены с линейкой 5, по которой передвигается груз P .

Если груз P находится с правой стороны, трубка 3 давит на наружное кольцо подшипника сверху — кольцо перемещается вниз, в результате чего стержень 2 тоже перемещается вниз, и на миниметре 1 фиксируют показание стрелки. Если груз P перемещается на левую сторону, то на наруж-

ное кольцо подшипника давит стержень 4 — кольцо перемещается вверх. Стержень 2 также перемещается вверх. Снова фиксируют показание миниметра. Разность между показаниями стрелки миниметра и будет радиальным зазором в проверяемом подшипнике.

При проверке осевого зазора (люфта) (рис. 2.5, б) проверяемый шариковый подшипник кладут на неподвижный диск 6, а затем при помощи подвижного диска 7 и гайки 8 зажимают наружное кольцо подшипника. Груз Q_1 , закрепленный на рычаге 10, давит сверху через шайбу 11 на торец внутреннего кольца подшипника. Груз Q_2 передает усилие снизу через рычаг и шайбу 13 на торец внутреннего кольца подшипника. Усилие груза Q_1 должно быть в 2 раза больше усилия груза Q_2 .

Если один конец рычага 9 опустить, то второй его конец поднимет рычаг 10 и шайбу 11. В таком положении на внутреннее кольцо подшипника будет передаваться усилие только груза Q_2 , кольцо переместится вверх, и в этом положении необходимо зафиксировать показание индикатора. Если конец рычага 9 поднять до горизонтального положения, внутреннее кольцо подшипника опустится и на него будет действовать усилие Q_1 — Q_2 . Перемещение кольца снова отразится на индикаторе, показание которого также необходимо зафиксировать. Разность между показаниями индикатора будет осевым зазором в проверяемом подшипнике. Внутреннее кольцо подшипника в процессе измерения можно поворачивать на незначительный угол рычагом 12.

Шариковые подшипники проверяются и внешним осмотром. При этом выявляют такие дефекты, как цвета побежалости, появившиеся в результате перегрева подшипников; трещины на кольцах; отпечатки шариков на беговых дорожках; выкрашивание или шелушение поверхностей качения; повреждение сепаратора. Подшипники с такими дефектами бракуют.

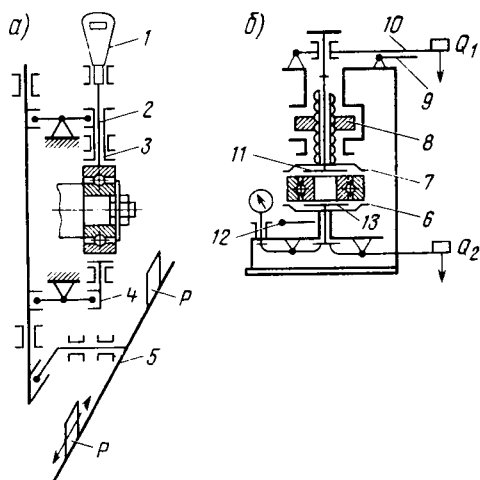


Рис. 2.5. Приспособление для контроля зазоров шариковых подшипников

Контроль шлицевых валов. Основные дефекты: погнутость вала, износ мест под подшипники и износ шлицев по ширине.

Биение (погнутость) вала проверяют в центрах станка или приспособления по неизношенной части шлицев индикатором часового типа. Места под подшипники замеряют микрометрами, штангенциркулями или предельными скобами, имеющими размеры, допустимые по техническим условиям. Если при измерении скоба пройдет по диаметру шейки, такой вал необходимо ремонтировать. Ширину шлицев замеряют штангенциркулем или шаблоном.

Для обнаружения скрытых дефектов деталей, например внутренних трещин, раковин, непровара в сварочных швах, применяют ультразвуковой способ контроля. Привалочные поверхности головки и блока цилиндров контролируют на контрольной плите щупом или при помощи приспособлений.

2.4. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ

Виды и методы неразрушающего контроля. Визуальный контроль позволяет определить видимые нарушения целостности детали. Визуально-оптический контроль обладает рядом очевидных преимуществ перед визуальным контролем. Гибкая волоконная оптика с манипулятором позволяет осмотреть значительно большие зоны, недоступные для открытого обзора. Однако многие опасные дефекты, проявляющиеся в процессе эксплуатации, визуально-оптическими методами в большинстве своем не обнаруживаются. К таким дефектам относятся в первую очередь усталостные трещины небольших размеров, коррозионные поражения, структурные превращения материала, связанные с процессами естественного и искусственного старения и т. д.

В этих случаях используются физические методы неразрушающего кон-

троля (НК). В настоящее время известны следующие основные виды неразрушающего контроля: акустический, магнитный, радиационный, капиллярный и вихретоковый. Их краткая характеристика приведена в табл. 2.3.

Каждый из видов неразрушающего контроля имеет несколько разновидностей. Так, среди акустических методов можно выделить группу ультразвуковых методов, импедансный, свободных колебаний, велосимметрический и т. д. Капиллярный метод подразделяется на цветной и люминесцентный, радиационный метод — на рентгено- и гамма-методы.

Общей особенностью методов неразрушающего контроля является то, что непосредственно измеряемыми этими методами являются физические параметры такие, как электропроводность, поглощение рентгеновских лучей, характер отражения и поглощения рентгеновских лучей, характер отражения и поглощения ультразвуковых колебаний в исследуемых изделиях и т. д. По изменению значений этих параметров в ряде случаев можно судить об изменении свойств материала, имеющих весьма важное значение для эксплуатационной надежности изделий. Так, резкое изменение магнитного потока на поверхности намагниченной стальной детали свидетельствует о наличии в данном месте трещины; появление дополнительного отражения ультразвуковых колебаний при прозвучивании детали сигнализирует о нарушении однородности материала (например, расслоений, трещин и др.); по изменению электропроводности материала часто можно судить и об изменении его прочностных свойств и т. п. Не во всех случаях можно дать точную количественную оценку обнаруженного дефекта, так как связь между физическими параметрами и параметрами, подлежащими определению в процессе контроля (например, размер трещины, степень понижения прочностных свойств и др.), как правило, не бывает однозначной, а имеет

Т а б л и ц а 2.3. Характеристика методов неразрушающего контроля

Физическая основа	Выявляемые дефекты	Область возможного применения при ремонте	Факторы, снижающие эффективность данного вида НК
<i>Акустический (прошедшего излучения, отраженного излучения, импедансный, свободных колебаний, эмиссионный)</i>			
Регистрация параметров упругих волн, возбужденных в контролируемом объекте	Трещины различного рода, макроразмерности (раковины, пористость и т. п.). Включения, зоны коррозионного поражения, дефекты клеємеханических, сварных и паяных соединений	Безразборная дефектация элементов конструкции. Определение дефектов, расположенных в глубине металлических и неметаллических материалов. Измерение толщин при одностороннем доступе	Неперпендикулярность направления ультразвуковых колебаний к поверхности искомого дефекта в пределах "мертвой зоны". Наличие стыков между контролируемыми элементами. Шумовые помехи, близкие по частоте к частоте колебаний, используемых для НК
<i>Магнитный (магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый)</i>			
Регистрация магнитных полей рассеяния дефектов или магнитных свойств контролируемого объекта	Трещины любого происхождения, выходящие на поверхность или расположенные на глубине не более 2—3 мм от поверхности ферромагнитного материала. Закаты, заковы, волосины и другие несплошности	Контроль деталей из ферромагнитных материалов. Контроль качества размагничивания (феррозондовым методом). Контроль сварных соединений, определение дефектов металлургического происхождения	Неперпендикулярность магнитного потока к плоскости трещины. Наличие поверхностных пленок толщиной более 30 — 40 мкм. Резкие изменения сечения деталей, геометрические концентраторы, рассеивающие магнитный поток
<i>Радиационный (радиоскопический, радиографический, сцинтилляционный, ионизационный)</i>			
Взаимодействие проникающего ионизирующего излучения с контролируемым объектом	Поверхностные и глубинные трещины, раковины, рыхлости, пористость, неметаллические включения и т. п. Дефекты соединений	Контроль деталей из различных сталей и сплавов	Невысокая производительность контроля. Особое требование техники безопасности

Физическая основа	Выявляемые дефекты	Область возможного применения при ремонте	Факторы, снижающие эффективность данного вида НК
<i>Проникающими веществами: капиллярный (цветной, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц)</i>			
Капиллярное проникновение индикаторных жидкостей в полости поверхности дефектов и регистрация индикаторного рисунка	Поверхностные трещины любого происхождения, раковины, рыхлости, пористости, волосовины, коррозионное поражение, подтекание топлива или рабочих жидкостей органического происхождения	Контроль деталей из немагнитных материалов по ограниченно доступным для наблюдения участкам. Дублирование других методов НК	Наличие на поверхности покрытий или пленок различного происхождения. Заполнение дефектов окислами или органическими веществами. Субъективность, отсутствие соответствующих оптических средств для осмотра контролируемой поверхности
<i>Вихретоковый</i>			
Регистрация изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых катушкой в контролируемом объекте	Трещины любого происхождения в поверхностных слоях деталей из электропроводных материалов, ориентированные нормально к контролируемой поверхности. Фазовые и структурные изменения электропроводных материалов. Коррозионные повреждения. Остаточная деформация. Изменение толщины защитных покрытий	Контроль материалов и полуфабрикатов. Контроль качества химико-термической обработки (структуроскопия). Безобразовная дефектация силовых узлов и деталей. Прогнозирование (в отдельных случаях) остаточной долговечности деталей из ферромагнитных сплавов. Оценка внутренних напряжений. Измерение толщин при одностороннем доступе	Сложность отстройки от мешающих факторов, связанных с зазором между датчиком и контролируемым материалом, кривизной контролируемой поверхности, малым удалением датчика от края детали и т. д.

статистический характер с различной степенью корреляции. Поэтому физические методы неразрушающего контроля в большинстве случаев являются скорее качественными и реже — количественными.

Различные методы неразрушающего контроля не заменяют, а лишь дополняют друг друга. Каждый из них имеет свою, характерную для данного метода, область применения. Одни методы дают возможность обнаруживать мелкие поверхностные дефекты типа трещин, но непригодны для обнаружения внутренних дефектов, другие удобны для обнаружения коррозионных поражений и т. д. Поэтому в некоторых случаях, особенно для контроля наиболее ответственных участков деталей бывает целесообразно применять несколько разных методов, что обеспечивает более полную проверку качества соответствующих деталей.

Необходимо иметь в виду, что возможность использования методов неразрушающего контроля зависит от выполнения ряда требований. Одним из основных требований является обеспечение свободного доступа к контролируемому участку поверхности.

При оценке эффективности использования того или иного метода контроля важнейшим параметром является чувствительность, которая оценивается размерами минимальных, надежно обнаруживаемых данным методом дефектов. Необходимо учитывать, что физические методы являются чувствительными не только к дефектам, подлежащим обнаружению, но и к различным, так называемым мешающим факторам, т. е. таким параметрам контролируемых деталей, изменения которых даже в допустимых технических условиях предела оказывают заметное влияние на результаты контроля физическими методами. Так, при контроле ультразвуковым методом отражение ультразвукового луча может быть не только от нарушений сплошности, но и от неоднородности структуры, на-

пример, крупных зерен; допускаемые включения ("аустенитная полосчатость") могут вызывать такую же картину осаждения магнитного порошка при магнитной дефектоскопии, как и поверхностные трещины и т. д. Поэтому повышать чувствительность в результате повышения коэффициента усиления приборов или использования ужесточенных режимов контроля, например, за счет применения более проникающих жидкостей при капиллярной дефектоскопии следует не беспредельно, а лишь до тех пор, пока сигналы от дефектов — "полезные" сигналы — можно надежно отличить от сигналов, вызываемых мешающими факторами.

Далеко не всегда необходимо пользоваться максимальной чувствительностью, которую может обеспечить данный метод с использованием конкретной аппаратуры. Чувствительность необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы могли быть надежно выявлены лишь те дефекты материала, которые и являются дефектами изделия, т. е. делают данное изделие (деталь) непригодным для эксплуатации (что должно быть оговорено в соответствующей нормативно-технической документации). Один и тот же дефект материала в одних случаях может считаться допустимым, в других является основанием для браковки деталей, так как по условиям эксплуатации деталь с таким дефектом становится ненадежной.

Таким образом, говоря о чувствительности метода, следует различить максимальную и реально устанавливаемую чувствительность. Максимальная чувствительность метода оценивается размерами минимального дефекта, который может быть надежно, с заметным превышением "полезного" сигнала над сигналом от мешающих факторов (шумов) выявлен в деталях данного типа, в конкретных условиях контроля, при использовании определенной аппаратуры.

Реально устанавливаемая чувствительность или чувствительность

метода оценивается минимальными размерами дефектов (или их аналогов на специальных образцах), которые должны быть надежно с заданной степенью вероятности (например, 95 %) обнаружены в соответствии с нормативными документами на конкретную деталь конкретными методами и аппаратурой.

Часто, когда речь идет об особо нагруженных ответственных деталях, применяют выражение "никакие дефекты не допускаются". Это означает, что для контроля таких деталей должна устанавливаться чувствительность, соответствующая максимальной чувствительности данного метода и не должны пропускаться никакие достаточно надежно обнаруженные дефекты.

Максимальная чувствительность одного и того же метода может существенно меняться в зависимости от конкретных условий контроля. Очевидно, что в условиях эксплуатации эта чувствительность, как правило, меньше, чем в лабораторных условиях, когда используется стационарная аппаратура и для контроля созданы оптимальные условия работы.

Выбор того или иного метода контроля должен основываться не только на требованиях технической документации.

Сама сущность методов предопределяет целесообразность их применения во всех случаях, когда нельзя однозначно судить о качестве того или иного объекта.

Акустические методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Использовать особенности прохождения акустических (ультразвуковых) колебаний через среду для определения ее свойств впервые удалось советскому исследователю С. Я. Соколову в 1928 г. Он же сконструировал первый промышленный дефектоскоп.

По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым

объектом акустический вид НК делят на методы прошедшего излучения, отраженного излучения (эхо-метод), резонансный, импедансный, свободных колебаний и акустико-эмиссионный.

Для целей НК в настоящее время используют упругие колебания частотой от нескольких десятков до миллионов герц. При частоте колебаний, например, 10^9 Гц в твердых телах возбуждаются волны длиной около 1 мкм, что и определяет высокое разрешение метода. Акустический контроль применяют для обнаружения несплошностей (трещин, пор, раковин, расслоений и т. п.), структурного анализа (определение размеров зерен, наличия примесей и неоднородностей и т. д.), измерения толщин при одностороннем доступе к деталям, определения уровня жидкости в сосудах и для решения многих других дефектоскопических и измерительных задач. По универсальности это один из лучших методов НК, который может применяться для исследования как твердых, так и жидких тел.

Чаще всего для контроля деталей и узлов используют ультразвуковой вид акустического НК. Излучение и прием ультразвуковых колебаний (УЗК) осуществляют при помощи пьезоэлектрических преобразователей — специальных пластинок из кварца, сульфата лития, титаната бария и т. п. Пьезоэлектрический преобразователь является основным элементом искателя (рис. 2.6) — устройства, предназначенного для излучения и (или) приема акустических колебаний и входящего в комплект ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковые колебания (УЗК), генерируемые пьезопреобразователем, представляют собой импульс, или, точнее, волновой пакет, основная частота которого соответствует собственной частоте колебаний пластины. Для контроля объектов применяют несколько видов ультразвуковых волн: продольные, поперечные и поверхностные.

Продольными называют такие вол-

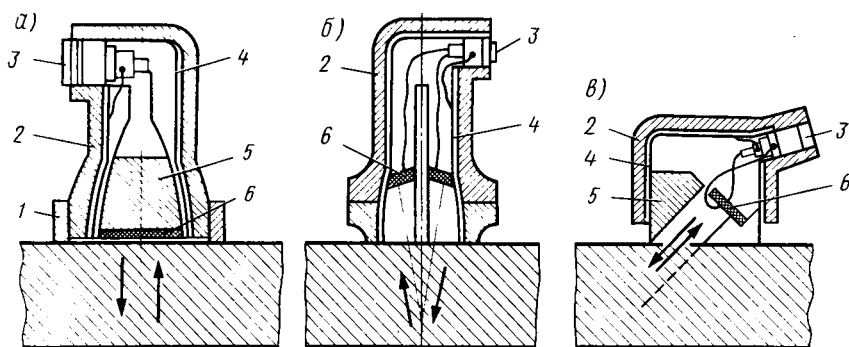


Рис. 2.6. Конструкция нормального (а), раздельно-совмещенного (б) и наклонного (в) искателей: 1 — протектор; 2 — корпус; 3 — штепсельный разъем; 4 — экран; 5 — демпфер; 6 — пьезопластина. Стрелками обозначают направление ультразвукового сигнала

ны, в процессе прохождения которых через некоторую среду частицы среды смещаются в направлении движения волн. Эти волны иногда называют также волнами расширения или сжатия, или невращающимися волнами. В поперечных, или сдвиговых, волнах частицы среды колеблются в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волн.

При определенных условиях УЗК с достаточно большой амплитудой могут распространяться по поверхности материала (так называемые волны Рэлея, Лэмба, Лява). Перемещение частиц в этом случае происходит в продольном и поперечном направлениях. Колебания происходят в плоскости направления распространения волн и нормали к поверхности тела.

Потеря энергии при прохождении УЗК через вещество обусловлена четырьмя основными процессами: теплопроводностью, внутренним трением, упругим гистерезисом и рассеянием. Потери зависят главным образом от частоты ультразвуковых колебаний, структуры материала, а также геометрических особенностей детали.

При акустическом контроле чрезвычайно важен ввод УЗК в контролируемое изделие с минимальными потерями энергии колебаний в месте контакта преобразователя с деталью. Это достигается вводом УЗК

через тонкий слой жидкости (например, масла — для деталей простой конфигурации), или через слой иммерсионной жидкости, а также применением специальных искателей (рис. 2.7).

При больших скоростях и вибрациях контролируемого объекта начинают использоваться бесконтактные преобразователи, основанные на воздушной акустической связи преобразователей с объектом контроля, термоакустическом эффекте, эффектах электрического и электромагнитного полей.

Чтобы обеспечить ультразвуковой контроль деталей сложной конфигурации, необходимо фиксировать нормальные или наклонные искатели в строго определенном месте контактной поверхности. Для этого рекомендуется изготавливать специальные фиксирующие приспособления, обеспечивающие ввод УЗК в тело детали в строго определенном направлении с учетом геометрических особенностей контрольного участка и характера искомого дефекта (рис. 2.8).

В некоторых случаях при отсутствии доступа к участкам возникновения дефектов бывает целесообразно использовать побочные поверхности деталей, которые могут способствовать преломлению падающих на них колебаний в необходимом по отношению к дефекту направлении. Влияние

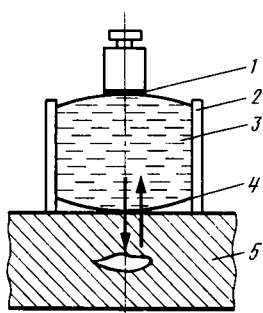


Рис. 2.7. Схема искателя с локальной ванной:
1 — пьезоэлемент; 2 — корпус; 3 — иммерсионная
жидкость; 4 — эластичная мембрана; 5 — изделие

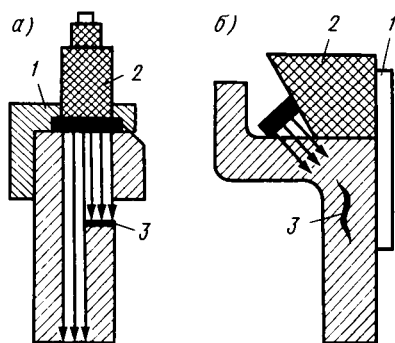


Рис. 2.8. Положение прямого (а) и наклонного
(б) искателей при ультразвуковом контроле
барабанов:
1 — ограничитель; 2 — искатель; 3 — трещина

формы импульса и его частоты на распределение отражений от дефекта и рассеянной энергии носит весьма сложный характер. Однако для получения достаточного по амплитуде отражения от дефекта колебания должны иметь длину волны по крайней мере одного порядка с размерами дефекта. Следовательно, для обнаружения небольших дефектов частоту следует увеличивать.

При контроле деталей используется ряд методов акустической дефектоскопии. При контроле по методу прошедшего излучения (теновом) УЗК, как правило, вводятся с одной стороны, а принимаются с другой (рис. 2.9, а), а в зеркальном варианте (рис. 2.9, б) вводятся и принимаются с одной стороны, так как УЗК, встретившие на пути дефект в виде несплошности, отражаются в обратном направлении, что приводит к уменьшению амплитуды либо изменению базы УЗК, воспринимаемых приемным элементом искателя. В общем случае для контроля УЗК могут излучаться в непрерывном или импульсном режиме.

Развитие теневого метода связано с возможностями визуализации волнового поля для получения изображения контролируемого участка деталей, изготовленных из оптически непрозрачных материалов.

Метод отраженного излучения (эхо-метод) получил в настоящее вре-

мя наибольшее распространение. При испытаниях по этому методу в изделие через связывающую среду вводится направленный импульс УЗК. Ультразвуковые волны отражаются от противоположной поверхности изделия, и отраженный сигнал (эхо-сигнал, или "донный" импульс) воспринимается преобразователем (рис. 2.10).

Излучающий преобразователь можно одновременно использовать в качестве приемника сигналов. Наличие в изделии дефекта (несплошности) сопровождается возникновением отраженного сигнала. Интервал между вводом в изделие начального импульса и приемом отраженного сигнала измеряется и наблюдается на экране дефектоскопа. Об очертаниях дефекта можно судить на основании положения и амплитуды отраженного от него импульса.

Резонансный метод основан на регистрации параметров резонансных колебаний, возбуждаемых в контролируемом объекте. Метод позволяет,

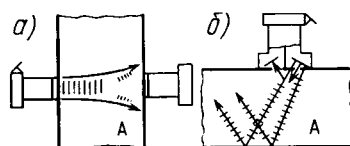


Рис. 2.9. Методы акустического контроля объекта А

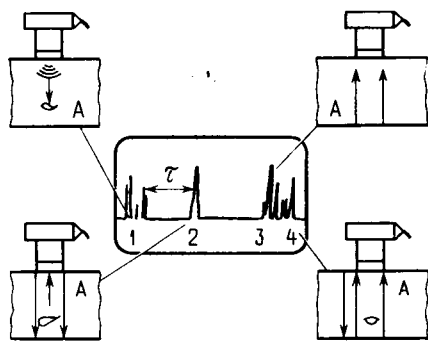


Рис. 2.10. Схема акустического контроля объекта А по методу отраженного излучения: 1 — начальный импульс; 2 — импульс от дефекта; 3 — донный импульс; 4 — многократно отраженные импульсы; τ — временной интервал

определяя резонансные частоты системы, измерить толщину изделий в контролируемой зоне, обнаружить некоторые дефекты в этой зоне. При контроле резонансным методом для возбуждения преобразователя используют настраиваемый генератор переменной частоты. Если изделие имеет толщину, соответствующую резонансным частотам в пределах диапазона настройки генератора, то в момент прохождения резонансных частот изделие будет выбрировывать в резонанс с искателем, что приведет к увеличению энергии, выделяемой преобразователем. Это увеличение энергии можно измерить. Резонанс при подобных испытаниях наступает в том случае, если толщина изделия равна целому числу полуволн упругой акустической волны. Наибольшее практическое применение резонансный метод нашел при контроле паяных, клеевых и клеемеханических соединений.

В последнее время получает распространение метод акустической эмиссии. Первые работы в области применения явлений акустической эмиссии для контроля твердых тел относятся к 60-м годам. В настоящее время этот метод привлекает внимание исследователей и практиков и является одним из наиболее динамично развивающихся. Метод успешно применяется для контроля сосудов высо-

кого давления, тонкостенных оболочек и т. д. Соответствующая аппаратура начинает использоваться для контроля и управления некоторыми технологическими процессами.

Интерес к методу акустической эмиссии обусловлен прежде всего тем, что он позволяет определить наличие, величину и месторасположение развивающихся микротрещин, причем дистанционно с значительным быстрым действием.

Акустическая эмиссия — это явление распространения в твердом теле волн упругой деформации вследствие освобождения энергии при пластической деформации или разрушении (изломе) локального объема. Акустическая эмиссия в металле представляет собой волны упругой деформации небольшой амплитуды, создаваемые дискретными (разрывными, прерывистыми) движениями, которые сопутствуют неупругой деформации и развитию трещины. Волны упругой деформации, являющиеся результатом деформации или развития источников разрушения, обнаруживаются как небольшие смещения на поверхности контролируемого объекта. Явления акустической эмиссии возникают и при внешнем трении сопряженных поверхностей, а также при технологической обработке поверхностного слоя деталей.

Обнаружение волн акустической эмиссии осуществляется непосредственно присоединением пассивных пьезоэлектрических датчиков к поверхности, преобразования и считывания быстрых электрических импульсов, вызванных смещением чувствительного элемента датчика в виде ряда одиночных импульсов или количества энергии. Принятые импульсы или сигналы имеют сравнительно высокую частоту в пределах 100 кГц до 1 МГц и более.

Вследствие относительно высокого коэффициента усиления (вплоть до 10^6 — 10^7), требуемого для определения акустической эмиссии (10^4 — 10^5 одиночных импульсов за 1 с^{-1}), возникает возможность анализа механиз-

мов разрушения на атомном уровне. Энергия сигналов акустической эмиссии мала.

Можно отметить следующие зависимости параметров акустической эмиссии:

при возникновении участков пластической деформации объемом V_p

$$N = dV_p,$$

где N — общее число импульсов акустической эмиссии; d — константа;

при возникновении и скачкообразном развитии в образце трещины

$$N = dkq,$$

где k — коэффициент интенсивности напряжений в устье трещины; d и q — константы.

Уравнения подтверждают, что метод акустической эмиссии можно применять не только для обнаружения, но и для слежения за образовавшейся микротрещиной, а также для оценки момента ее субкритического роста. Причем, если сигналы акустической эмиссии принимаются одновременно двумя или несколькими датчиками в результате измерения разности во времени прихода волн напряжений, можно определить координаты источника акустической эмиссии.

Аппаратура для неразрушающего контроля эмиссионным методом содержит чувствительные высокочастотные преобразователи, фильтры для устранения фоновых посторонних шумов, усилители с высоким коэффициентом усиления и малым уровнем собственных шумов, выходные устройства (регистраторы, счетно-решающие устройства и т. п.).

Магнитные методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на принципе "магнитного рассеяния". Основные виды магнитных методов НК: магнито-порошковый, магниторезисторный (магнитоферрозондовый), магнитографический. В условиях авторемонтного производства наибольшее применение получил магнитопорошковый метод.

Магнитопорошковый метод (метод магнитных частиц) основан на обна-

ружении магнитных полей рассеяния при помощи ферромагнитных порошков. Он широко используется на авторемонтных предприятиях для обнаружения дефектов в виде нарушения сплошности на ферромагнитных деталях как выходящих на поверхность (видимых), так и лежащих на небольшой глубине под поверхностью (до 3 мм в зависимости от характера дефекта, режима и способа контроля). Магнитопорошковым методом наиболее просто определяют закалочные, термические, шлифовочные, усталостные и усадочные трещины, неметаллические включения, ковочные дефекты и т. п. в виде нарушения сплошности с шириной раскрытия 0,001 — 0,03 мм и глубиной 0,01 — 0,04 мм. При контроле используют как обычные, или окрашенные, ферромагнитные порошки, так и магнитoluminesцентные — для контроля деталей, имеющих темную, а также блестящую поверхность.

Магнитопорошковый метод включает в себя три основных этапа: намагничивание материала, нанесение магнитных частиц и размагничивание. Магнитные частицы (индикаторная среда) могут использоваться либо взвешенными в воздухе (сухими), либо взвешенными в жидкости. Взвесь порошка в жидкости называется магнитной суспензией и используется чаще.

Если дефект поверхностный или расположен близко к поверхности, то на его месте при намагничивании возникает пара магнитных полюсов, удерживающих на поверхности нанесенные магнитные частицы (порошок). В результате образуется изображение контура дефекта, определяющее его расположение и протяженность. Состояние поверхности контролируемого изделия существенно влияет на обнаружение дефектов магнитопорошковым методом (особенно это относится к подповерхностным дефектам). Поверхность должна быть чистой, сухой и свободной от коррозии.

Магнитопорошковый метод допу-

скает контроль деталей после оксидирования, окраски или нанесения металлического покрытия (цинкование, кадмирование, хромирование). Если толщина покрытия более 30 мкм, при контроле могут быть выявлены только грубые дефекты. Поверхностные дефекты, как правило, вызывают образование порошковых рисунков с резкими очертаниями, подповерхностным дефектам обычно соответствуют рисунки с менее резкими очертаниями.

Напряженность поля рассеяния от дефектов определяется различными факторами: величиной намагничивания, магнитной проницаемостью материала и формой изделия, формой, размером, расположением и ориентацией дефектов.

После магнитного контроля необходимо снять остаточное намагничивание (магнитное поле может вызывать ошибки в показаниях компаса и других чувствительных электрических приборов, а также интенсифицировать процессы поверхностного разрушения контактирующих деталей). Для этого изделие подвергают действию переменного магнитного поля, непрерывно уменьшающегося по величине.

Применяют три способа намагничивания детали.

1. Циркулярное намагничивание (рис. 2.11, а), когда через деталь или

проводник, на который надета испытуемая деталь, пропускают ток. При этом создается магнитное циркулярное поле, плоскость которого перпендикулярна направлению тока, протекающего по детали или проводнику. Метод удобен при контроле деталей малого диаметра и большой длине с продольными дефектами.

2. Продольное намагничивание (рис. 2.11, б), когда деталь помещают между полюсами электромагнита или в поле соленоида. Метод эффективен при контроле деталей из магнитотвердых материалов с коэрцитивной силой около 795 А/м.

3. Комбинированное намагничивание (продольное и циркулярное), что позволяет контролировать детали с любой ориентацией дефектов.

Применяют также намагничивание в приложенном магнитном поле (рис. 2.11, в), когда контроль осуществляется без вынесения детали из поля электромагнита. Этот метод пригоден для контроля магнитомягких материалов. Для намагничивания используется постоянный, переменный, однополупериодный выпрямленный и импульсный токи, причем интенсивность магнитного поля зависит от значения тока. Напряжение источника тока должно быть низким в целях безопасности работы и сведения к минимуму возможности повреждения изделия.

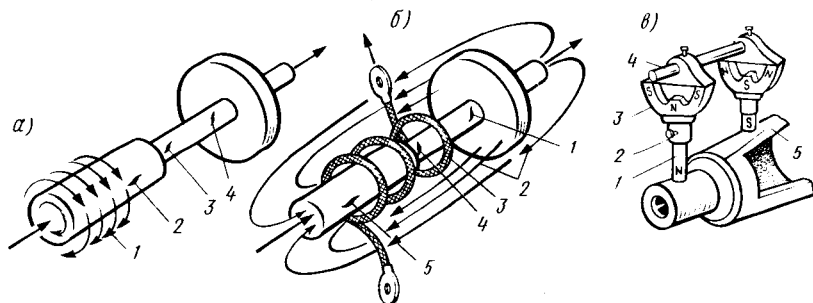


Рис. 2.11. Способы намагничивания деталей:

а — циркулярное: 1 — магнитные силовые линии; 2 — продольная трещина (обнаруживается); 3 — трещина под углом 45° (обнаруживается); 4 — поперечная трещина (не обнаруживается); б — продольное: 1 — поперечная трещина (обнаруживается); 2 — магнитные силовые линии; 3 — соленоид; 4 — трещина под углом 45° (обнаруживается); 5 — продольная трещина (не обнаруживается); в — приложенным магнитным полем: 1 — наконечник; 2 — переходный фланец; 3 — магнит; 4 — соединительная штанга; 5 — контролируемая цапфа

Постоянный ток создает магнитное поле, глубоко проникающее в металл. Действие магнитного поля, создаваемого высокочастотным переменным током, ограничено в силу поверхностного эффекта лишь наружными слоями металла. Поэтому переменный ток находит наибольшее применение при выявлении поверхностных дефектов.

Напряженность намагничивающего поля подбирают такой, чтобы она соответствовала магнитным свойствам и размерам исследуемой детали. При циркулярном намагничивании напряженность на поверхности деталей различных конфигураций обычно составляет 75 — 130 Э, при продольном намагничивании 140 — 200 Э, а при контроле в приложенном поле 20 — 40 Э.

Чаще всего используют циркулярное намагничивание. При этом режимы намагничивания можно рассчитывать по следующим формулам:

при циркулярном намагничивании деталей цилиндрической формы ток в амперах

$$I = HD_d / 4 = 0,25HD_d,$$

где H — напряженность магнитного поля на поверхности детали, Э; D_d — диаметр детали, мм; 0,25 — переводной коэффициент;

при циркулярном намагничивании крупных деталей кольцевой или цилиндрической формы с применением гибкой тороидной обмотки ток в амперах

$$I = HD_k / 4\omega = (0,25 / \omega)HD_k,$$

где ω — число витков обмотки; D_k — диаметр кольца, мм;

при циркулярном намагничивании деталей, имеющих вид тонких пластин или дисков, ток в амперах

$$I = HB / 2\pi = 0,16HB,$$

где B — ширина пластин или диаметр диска, мм.

Индикаторная среда, используемая при "сухом" методе контроля, представляет собой размельченный ферромагнитный порошок, обладающий высокой магнитной проницаемо-

стью и малой коэрцитивностью. При приготовлении окрашенных магнитных порошков рекомендуется применять мелкие железные порошки ПЖ10М — ПЖ50М. После нанесения на поверхность лишний порошок удаляют слабой струей воздуха.

При "влажном" методе контроля индикаторной средой служат тонко-размельченные частицы черной или красной окиси железа, взвешенные в легких маслах (или в керосино-масляных смесях) или в воде. В воду добавляют бихромат калия (≈ 5 г/л), кальцинированную соду (≈ 10 г/л) и эмульгатор ОП-7 или ОП-10 (≈ 5 г/л). Эту суспензию наносят на поверхность контролируемого изделия набрызгиванием либо погружением.

Иногда вместо обычного магнитного порошка используют магнитно-люминесцентные или флуоресцирующие порошки. Применение флуоресцирующих магнитных порошков облегчает контроль изделий и обеспечивает более высокую чувствительность, особенно при выявлении подповерхностных дефектов. Приготовленный магнитный порошок или суспензия подвергается контролю по специальной методике. Важным показателем качества магнитной суспензии является концентрация магнитного порошка (10 — 30 г/л).

Для проведения контроля деталей методом магнитного порошка могут применяться различные дефектоскопы. Все они, как правило, содержат устройства: для закрепления объекта испытания (или устройств для намагничивания), для намагничивания различных типов, для нанесения индикаторной среды (ванны для окунания, насосы, вместимости и т. д.), для размагничивания и обзора поверхности.

Например, в ремонтном производстве широко используют магнитные дефектоскопы типа УМДЭ различной мощности. Дефектоскопы этой серии позволяют осуществлять полный цикл магнитного контроля. Электронно-ионное управление дефектоскопов УМДЭ обеспечивает включе-

ние и выключение тока, главное его регулирование (намагничивающий ток может достигать 1700 А при максимальной напряженности магнитного поля до 7000 Э), выпрямление тока и ограничение времени его действия, гарантирует стабильность остаточной намагниченности.

Детали можно проверять, намагничивая их отдельно или комбинированно. Возможен контроль в приложенном магнитном поле и на остаточной намагниченности. Имеются приборы для измерения тока при циркулярном намагничивании и измерения напряженности при продольном намагничивании в соленоиде. После контроля детали размагничивают автоматически в контактном устройстве дефектоскопов.

Основанная на визуальном наблюдении за концентрацией частиц магнитного порошка магнитопорошковая дефектоскопия имеет ряд недостатков. К ним относятся: субъективность, влияние конфигурации детали на результаты контроля и др.

Радиационные методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом. По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом радиационные методы НК классифицируют на методы прошедшего излучения, рассеянного излучения, активационного анализа, характеристического излучения и автоэмиссионный; по способу получения первичной информации — на сцинтилляционный, ионизационный (радиометрический), вторичных электронов, радиографический и радиоскопический методы.

При помощи радиационных методов выявляют: поверхностные и глубинные трещины, ориентированные вдоль направления луча; раковины; рыхлоты; ликвационные зоны; неметаллические и шлаковые включения.

Чувствительность радиационных видов неразрушающего контроля характеризуется чувствительностью в

направлении просвечивания (контрастная чувствительность) и в направлении, перпендикулярном к просвечиванию (разрешающая способность, детальная чувствительность). В среднем радиационными методами выявляют дефекты протяженностью в направлении просвечивания от 2 (стали) до 10 % (легкие сплавы) от толщины изделия при ширине $\geq 0,025$ мм.

При использовании радиометрического метода выявляемость дефекта характеризуют чувствительностью по площади или по объему дефекта (объемная чувствительность). Наивысшая чувствительность радиометрического метода при контроле изделий большой толщины составляет 0,3 — 0,5 %, что соответствует объемной чувствительности 0,3 — 0,7 см³.

Для оценки чувствительности радиационного контроля широко используют эталоны чувствительности, чаще всего стандартные эталоны — пластинки с канавками. В зависимости от ионизирующего излучения, используемого при контроле, наибольшее применение в технике нашли рентгеновский и гамма-метод.

В рентгеновском методе для индикации внутренних дефектов в материалах и изделиях, их местонахождения, формы и размеров используют рентгеновское тормозное, или характеристическое излучение, которым просвечивается объект контроля.

При ионизационном (радиометрическом) методе контроля объект просвечивают узким пучком излучений, который последовательно перемещается по контролируемому участку (рис. 2.12). Излучение, прошедшее через контролируемый участок, преобразуется детектором, на выходе которого возникает электрический сигнал, пропорциональный интенсивности излучения. Электрический сигнал через усилитель поступает на регистрирующее устройство. Радиометрический метод обладает высокой производительностью и может быть легко автоматизирован. Однако при помощи этого метода трудно су-

дить о характере и форме дефектов, а также невозможно определить глубину их залегания.

В гамма-дефектоскопии в качестве средства испытания используется излучение радиоактивных изотопов.

Источник излучения выбирается в зависимости от материала объекта контроля и его толщины (табл. 2.4).

Основные разновидности метода (гаммаграфия, радиометрический и флуороскопический) аналогичны методам рентгенодефектоскопии. При нейтронном методе в качестве средства испытаний используется нейтронное излучение. Обладая большой проникающей способностью нейтронное излучение позволяет просвечивать большие толщины исследуемых материалов. Методы нейтронной дефектоскопии находятся пока в стадии разработки. В отдельную разновидность выделились методы радиационной толщинометрии. Для этой цели используют рентгеновское, γ - и β -излучения.

Выбор оборудования для радиационного контроля определяется: плотностью и толщиной материала контролируемого изделия, скоростью проведения контроля, конфигурацией контролируемой детали или изделия, технологическими особенностями контроля.

Промышленность выпускает обширную номенклатуру средств радиационного контроля, имеющих самые различные характеристики. К наиболее универсальным относятся рентгеновские аппараты РАП 150/300 (стационарный), РИ-10Ф, РУП-100-10 (передвижной), РИ-10ФП (полевой рентгеновский флюорограф) и др. В автоматическом рентгеновском флюорографе РИ-10ФП в качестве рентгеновского преобразователя используется монокристаллический экран. Изображение контролируемого участка автоматически регистрируется фотокамерой. Для γ -дефектоскопии используют аппараты типа РИД, ГУП, Гаммарид и др. Для просмотра промышленных рентгеновских нега-

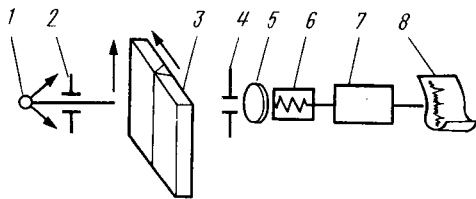


Рис. 2.12. Схема радиометрического метода контроля:

1 — источник излучения; 2 и 4 — коллиматоры; 3 — контролируемый объект; 5 — сцинтилляционный чувствительный элемент; 6 — фотоумножитель; 7 — усилитель; 8 — регистрирующее устройство

тивов, рекомендуется использовать негатоскопы (например, ОД-10Н).

Значительные успехи достигнуты в области создания рентгенотелевизионных интроскопов—приборов "внутривидения". В электронно-оптических рентгеновских интроскопах используется преобразование рентгеновского излучения, прошедшего через контролируемый объект, в оптическое изображение, наблюдаемое на выходном экране. В рентгенотелевизионных интроскопах это изображение передается на телевизионный экран.

Дефектоскопическая чувствительность таких приборов составляет обычно от 0,7 до 4 % (в зависимости от толщины контролируемого материала и его марки), разрешение около 0,5 пар линий/мм, диаметр поля контроля от 40 до 200 мм.

Безопасность труда при радиационной дефектоскопии должна отвечать сложному комплексу требований. Она включает в себя защиту от

Т а б л и ц а 2.4. Источники излучения в зависимости от материала детали

Материал детали	Толщина детали, мм	Источник излучения
Сталь	1—15	Тулий-170
	15—40	Иридий-192
	40—80	Цезий-137
Алюминий и его сплавы	5—50	Тулий-170
Магний " " "	50—150	Иридий-192
Титан " " "	10—200	Тулий-170
	2—30	Тулий-170
	30—100	Иридий-192

тока высокого напряжения, газов, огня, ионизирующих излучений, в том числе от рассеянного излучения. Защита от ионизирующих излучений обеспечивается экранированием при помощи защитных материалов (свинца, свинцового стекла, свинцовой резины, вольфрама, железа, барита), соблюдением безопасного расстояния, предельно коротким временем пребывания в зоне излучений. Безопасности труда при радиационном контроле уделяется особое внимание. Меры защиты и предупреждения поражения ионизирующими излучениями детально разработаны и должны неукоснительно соблюдаться.

Капиллярные методы неразрушающего контроля (методы проникающих жидкостей). Эти методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка.

По способу получения первичной информации капиллярные методы делят на следующие:

цветной (хроматический) метод, основанный на регистрации цветного контраста индикаторной жидкости или газа и фона поверхности контролируемого объекта;

люминесцентный метод, основанный на регистрации параметров флуоресцирующей индикаторной жидкости, проникающей в полости дефектов при облучении ультрафиолетовыми лучами;

люминесцентно-цветной метод, основанный на регистрации параметров флуоресцирующей индикаторной жидкости, проникающей в полости дефектов в видимом свете или при облучении ультрафиолетовыми лучами;

метод фильтрующихся частиц, основанный на регистрации яркостного и цветового контрастов, скопления индикаторных частиц в зоне дефекта на поверхности контролируемого объекта;

яркостный (ахроматический) метод, основанный на регистрации яркостного контраста индикаторной

жидкости или газа и фона поверхности контролируемого объекта.

При ремонте наибольшее распространение получили первые три метода, которые применяют для определения поверхностных дефектов типа трещин, пор, рыхлот, неспаев, волосовин и т. п. на поверхностях деталей. Выявляются трещины шириной раскрытия 0,001 мм и более и глубиной 0,01 мм и более.

Сущность капиллярных методов заключается в следующем. На предварительно очищенную контролируемую поверхность детали наносят жидкость с большой смачивающей способностью и большим капиллярным давлением, которое заставляет жидкость проникать в мельчайшие поверхности трещины и поры (рис. 2.13). Скорость затекания жидкости в полость дефекта определяется поверхностным натяжением, углом смачивания и вязкостью жидкости. Заполнение полостей дефектов может происходить при пониженном давлении в полостях (вакуумный метод), при воздействии на проникающую жидкость повышенного давления или ультразвуковых колебаний (компрессионный и ультразвуковой методы), при статическом нагружении объекта контроля (в пределах упругости) с целью раскрытия трещины (деформационный метод).

В проникающую жидкость в качестве индикатора добавляют либо краситель (при цветном методе), либо люминесцирующую добавку — люминофор (при люминесцентном методе). После проникновения жидкости в капиллярные дефекты (для чего деталь выдерживают в проникающей среде некоторое время) избыток жидкости, остающийся на поверхности, удаляют. Какая-то часть проникающей жидкости с введенным в нее красителем или люминофором остается в дефекте. Далее на поверхность детали наносят проявляющий слой (проявитель), например порошок с большой абсорбирующей способностью. Нанесенное на поверхность вещество абсорбирует остав-

шущая в дефекте жидкость и при этом либо окрашивается в яркий цвет красителя в месте расположения дефекта (при цветном методе), либо смачивается жидкостью с люминесцирующей добавкой, которая при облучении ультрафиолетовыми лучами начинает флуоресцировать.

Чувствительность капиллярных методов дефектоскопии зависит от следующих факторов: выбора красителей или люминофора, смачивающей способности основного компонента, свойств абсорбирующего вещества и качества подготовки поверхности детали. Методики цветного, люминесцентного и люминесцентно-цветного контроля отличаются некоторыми особенностями.

При цветном контроле деталь или часть ее поверхности перед началом обработки проникающей жидкостью очищают от лакокрасочных покрытий, масла, стружки и других загрязнений. Применять механические методы очистки не следует, так как при этом в результате контактных деформаций поверхностного слоя вскрытие дефектов может существенно уменьшиться. Проникающая жидкость с добавкой красителя (индикаторная краска) наносится на поверхность детали кисточкой или погружением детали в жидкость. После выдержки в течение 5 — 10 мин жидкость удаляют с поверхности водой либо растворителем в зависимости от применяемых дефектоскопических материалов.

После очистки поверхности детали на нее напылением или мягкой кисточкой наносят слой белой проявляющей смеси. Через 15 — 20 мин на белом фоне в местах расположения дефектов появляются характерные яркие полосы или пятна. Трещины обнаруживаются в виде тонких линий, степень яркости которых зависит от глубины трещин. Поры проявляются в виде точек различной величины, а межкристаллитная коррозия — в виде тонкой сетки. Очень мелкие дефекты можно наблюдать через лупу или в бинокулярный микроскоп. По окон-

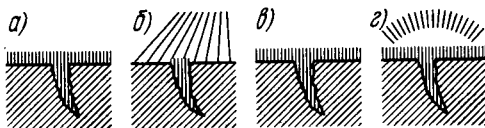


Рис. 2.13. Схема капиллярной дефектоскопии: а — нанесение индикаторной жидкости; б — удаление излишков жидкости; в — нанесение проявляющей смеси; г — наблюдение индикаторного рисунка

чании контроля проявляющую смесь удаляют с поверхности, протирая деталь ветошью, смоченной в растворителе, затем просушивают.

Дефектоскопические материалы применяют комплектно. В комплект входят индикаторная (проникающая) жидкость, очищающая жидкость, проявляющая краска (проявитель). Применяют следующие комплекты (первая буква — марка проникающей жидкости, вторая — проявителя):

Д — М и Д — В — для контроля деталей при температуре от $+5^{\circ}\text{C}$ и выше;

Е — Г — для контроля деталей при температуре от $+5$ до -40°C ;

К — М — для контроля деталей при температуре от $+50$ до -50°C .

Дефектоскопические материалы могут находиться в обычной посуде, а также в аэрозольных флаконах, что делает их использование особенно удобным.

При люминесцентном контроле после очистки на поверхность детали наносят флуоресцирующую проникающую жидкость, для чего деталь погружают в резервуар. После нанесения жидкости детали выдерживают на воздухе 5 — 10 мин, чтобы раствор мог проникнуть в микроскопические дефекты на ее поверхности. Удаляют раствор, обдувая деталь сжатым воздухом, промывая струей воды или протирая ветошью, смоченной в растворителе. После промывки деталь просушивают при температуре 50°C . Для ускорения выхода из плоскости дефекта на поверхность флуоресцирующей жидкости поверхность опыляют дисперсным порошком, обладающим абсорбирующими свойствами

(сухой проявитель), либо погружают в ванну с "мокрым" проявителем.

При использовании сухого проявителя обычно применяют окись магния, силикагель или тальк. Опыленную деталь выдерживают в течение 8 — 10 мин. Продолжительность выдержки зависит от качества адсорбирующего порошка и характера (глубины) трещины. После этой операции излишки порошка удаляют. Адсорбирующий порошок, пропитанный флуоресцирующей жидкостью, остается лишь в местах расположения дефектов. Облучая деталь ультрафиолетовыми лучами, уточняют расположение дефекта на темной поверхности детали в виде яркого свечения различных цветов и оттенков (например, темно-зеленого, зелено-голубого в зависимости от применяемых люминофоров).

Дефектоскопические материалы для люминесцентной дефектоскопии также применяют комплектно. Они включают проникающую индикаторную (люминесцентную) жидкость, очищающую жидкость и проявитель. Так, комплект "Люм-1 водосмываемый" предназначен для выявления главным образом тонких несплошностей при высокой производительности труда, обеспечиваемой водосмываемостью материала. Комплект "Люм-2 с последующей эмульсификацией" предназначен для выявления микроскопических и более крупных раскрытых на поверхности несплошностей при индивидуальном контроле деталей. Этим комплектом могут быть выявлены слабо заметные неровности (царапины, следы обработки режущими инструментами и т. п.), благодаря высокой липкости люминесцирующего раствора.

Люминесцентно-цветной контроль является комбинированным методом, который совмещает и расширяет возможность выявления поверхностных дефектов в дневном и невидимом ультрафиолетовом свете с наивысшей чувствительностью без применения оптики (используют как исключение). Этот метод позволяет усовер-

шенствовать люминесцентный метод при помощи диффузионно-сорбционного пленочного проявления и применения красной люминесценции, использовать водосмываемую индикаторную жидкость, снизить токсичность составов.

Люминесцентно-цветной метод обладает следующими особенностями:

дефекты выявляются либо по люминесцентному, либо по цветному способу, т. е. при ультрафиолетовом, дневном или смешанном освещении; выявляются весьма малые по раскрытию на поверхности трещины (порядка 1 мкм); применяемая индикаторная жидкость сохраняет способность флуоресцировать после высыхания проявителя; смывающее вещество (очиститель) плохо смачивает металл, но является растворителем индикатора, что обеспечивает удаление последнего лишь с поверхности изделия; проявитель представляет собой интроцеллюлозное, быстросохнущее вещество, в которое при высыхании переходит флуорокраситель индикаторной жидкости.

Флуорокраситель при этом сохраняет способность люминесцировать, имеет достаточную адгезию. При нанесении пленки повышенной толщины возможно ее отделение от контролируемой поверхности для документации результатов дефектоскопии.

Последовательность технологии контроля описываемым способом следующая:

обезжиривание поверхности растворителями;

нанесение проникающей индикаторной жидкости кистью или любым другим методом;

промывка детали проточной холодной водой с последующим протираaniem марлевым тампоном, смоченным очищающей жидкостью;

проявление дефектов нанесением ровного одинарного тонкого слоя проявителя. Наиболее удобны для этой цели аэрозольные флаконы;

осмотр в видимом дневном свете (ДС) либо фильтрованном ультрафиолетовом (УФС).

При осмотре деталей в ДС дефекты представляются пурпурно-красными следами на белом фоне. При осмотре в УФС дефекты имеют вид ярких оранжево-красных следов на темном фиолетовом фоне. Наивысшая чувствительность достигается при осмотре в возможно более концентрированных пучках УФС (так называемая первая ступень чувствительности). В комплект дефектоскопических люминесцентно-цветных материалов входят: проникающая жидкость, очищающая жидкость, проявляющий лак. Комплекты дефектоскопических материалов имеют сложный состав.

Все материалы для капиллярной дефектоскопии необходимо контролировать по специальным методикам. В частности, контролируется качество люминесцирующих жидкостей (интенсивность люминесценции концентрата, оценка цвета, смачивающая способность и критическая толщина слоя раствора, дающего люминесценцию), проверяется качество индикаторных жидкостей и проявляющих порошков. Кроме того, на конечном этапе контроля необходимо проверять выявляемость эталонных дефектов. Необходимость контроля качества материалов для капиллярной дефектоскопии обусловлена определенной субъективностью метода, зависимостью выявляемости дефектов от цветного и светового контраста и даже от остроты зрения или психо-

логического состояния наблюдателя-дефектовщика.

Вихретоковый неразрушающий контроль. Этот контроль основан на анализе взаимодействия поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте. По первичному информативному параметру методы делят на амплитудный, частотный, спектральный, многочастотный.

Методы, основанные на использовании вихревых токов, применяются для обнаружения нарушения сплошности, неоднородности структуры и отклонений химического состава в электропроводящих изделиях, в структуроскопии. Вихретоковые методы находят также применение при измерении толщин покрытий, листовых материалов и труб.

Сущность метода заключается в следующем. Когда к поверхности металлического изделия подносят катушку, по которой протекает переменный электрический ток, в металле наводятся вихревые токи (рис. 2.14). Значение наведенных вихревых токов зависит от величины и частоты переменного тока, электропроводности, магнитной проницаемости и формы изделия, относительного расположения катушки и изделия, а также от наличия в изделии неоднородностей или несплошностей.

Электромагнитное поле вихревых токов по направлению противополо-

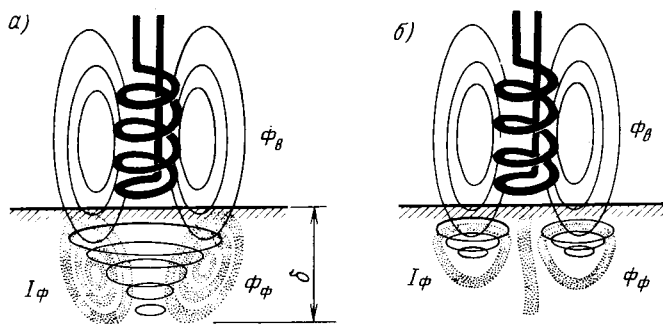


Рис. 2.14. Схема электромагнитного неразрушающего контроля:
а — монолитный металл; б — металл с трещиной; Φ_v — возбуждающее электромагнитное поле; Φ_ϕ — наведенное электромагнитное поле; I_ϕ — вихревые токи; δ — глубина проникновения

ложно наводящему. В результате этого вихревые токи влияют на общее сопротивление (импеданс) катушки возбуждения, находящейся в непосредственной близости к изделию. Определение величины и характера изменений вносимых сопротивлений (активных и индуктивных) и является основой для обнаружения дефектов или различий в структуре материала. Зависимость сигналов преобразователя от параметров объекта и от режима контроля выражается годографами, так как сигналы представляются векторами на комплексной плоскости напряжений. Годографы могут быть получены теоретически или экспериментально.

Таким образом, ток, протекающий в катушке, несет информацию об изделии, его размерах, механических и химических свойствах, а также о наличии или отсутствии дефектов, т. е. происходит своеобразное отражение электромагнитной энергии. Характер отраженного поля индуцирует в металле вихревые токи; возбуждающее поле определяется в основном двумя явлениями, происходящими в испытуемом изделии: возбуждающее поле индуцирует в металле вихревые токи; возбуждающее поле изменяет магнитную структуру испытуемого изделия.

В ферромагнитных металлах происходит только первое явление, причем на результаты измерения преобладающим оказывается влияние второго явления.

В различных вихретоковых приборах используется несколько способов возбуждения вихревых токов в объекте: помещение объекта в катушке или катушки в объект (метод охватывающего или проходного преобразователя), накладывание преобразователя на объект (так называемые накладные преобразователи) при помощи комбинированных преобразователей. Кроме того, преобразователи делят на абсолютные и дифференциальные.

При использовании абсолютного преобразователя оценивается изменение полного сопротивления при

взаимодействии с конкретным участком контролируемого объекта. При использовании дифференциальных преобразователей сравниваются электромагнитные характеристики двух сечений изделия или двух различных изделий, одно из которых считается бездефектным. Обычно преобразователи соединяют последовательно таким образом, чтобы при контроле бездефектного изделия выходное напряжение было равно нулю. Дифференциальная схема не обладает большей чувствительностью, однако позволяет отстроиться от мешающих факторов, что увеличивает достоверность контроля.

Важной характеристикой детектируемых вихревых токов является глубина их проникновения δ (рис. 2.15). Это такое расстояние от поверхности, на котором амплитуда падающей электромагнитной волны уменьшается в определенное число раз (e). В соответствии с глубиной δ будет изменяться и контролируемая толщина материала изделия. Глубину проникновения вихревых токов в зависимости от частоты f катушки можно определить по номограмме.

Особое внимание при контроле вихретоковым методом следует обратить на зазор между преобразователем и образцом, наличие которого сказывается на результатах. Этот же фактор значительно ограничивает возможность метода для дефектации НК деталей сложной конфигурации. Для уменьшения влияния зазора на показания прибора предусматриваются такие меры, как стабилизация зазора калиброванными прокладками, использование автоматических корректирующих устройств и др. Однако часто и эти приемы не обеспечивают необходимой стабильности и достоверности результатов контроля. Это объективно обусловлено интегральностью выходного сигнала вихретокового преобразователя, несущего информацию и о электромагнитных, и о геометрических, механических и других свойствах изделия, особенно при контроле ферромагнитных

сплавов. Поэтому в настоящее время разрабатывают специальные методы многопараметрового вихретокового контроля, позволяющие отдельно оценить как интересующие, так и мешающие факторы. К ним относятся метод измерения на нескольких частотах, метод гармонического анализа сигнала датчика и др.

Для проведения вихретокового контроля выпускается обширная номенклатура приборов, например, дефектоскопы ППД-1МУ, ВД-20Н-СТ, ВД-20Н-Д и др. Для измерения толщин различных покрытий используются вихретоковые толщинометры ВТ-40НЦ, ВТ-50Н в диапазоне от 0 до 10 000 мкм. Помимо дефектоскопов широкого назначения, используют также специальные дефектоскопы, например ТВД ЭИТ-СИМА и некоторые другие.

Для сортировки металлов по маркам, оценки качества термообработки используют вихретоковые измерители электропроводимости (ВЭ-20И) и твердомеры (ВФ-10К).

В настоящее время промышленность выпускает портативные вихретоковые дефектоскопы или дефектоскопические индикаторы. Масса приборов — 150 — 180 г, потребляемая мощность — 120 — 180 мВт, источник питания — батарея "Крона" или аккумуляторы типа 7Д-01. Индикаторы предназначены для оперативного выявления несплошностей (трещины протяженностью от 5 мм с шириной раскрытия от 0,02 мм и глубиной от 0,5 мм) и других дефектов в поверхностных слоях магнитных и немагнитных металлов и сплавов. Работают приборы следующим образом (рис. 2.16). При установке датчика 1 на контролируемый объект в контур генератора 2 вносится дополнительное комплексное сопротивление. Режим работы высокочастотного (ВЧ) генератора 2 можно выбрать вблизи точки срыва генерации. Такой режим получают подбором значения обратной

связи в цепи генератора. При прохождении датчика над трещиной в результате влияния вноси-

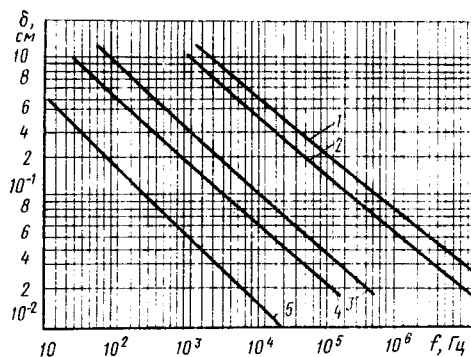


Рис. 2.15. Номограмма для определения глубины δ проникновения вихревых токов (по данным А. Л. Дорофеева): 1 — титановый сплав ВТ3; 2 — нержавеющая сталь 1Х18Н9Т; 3 — АК6; 4 — медь; 5 — высоколегированная сталь

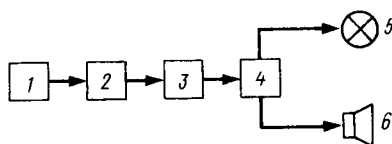


Рис. 2.16. Структурная схема вихретокового дефектоскопического индикатора

мого сопротивления изменяется комплексное сопротивление, при этом уменьшается добротность контура и происходит срыв генерации. В этом случае от низкого уровня сигнала, поступившего через АМ-детектор 3, срабатывает мультивибратор 4, работающий в ждущем режиме. Генерируемые мультивибратором импульсы поступают на вход индикаторного устройства, где они прослушиваются в головных телефонах 6. Одновременно загорается световой индикатор 5, который также сигнализирует о наличии дефекта.

2.5. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ДЕФЕКТАЦИИ

2.5.1. Рентгеновский и гамма-методы

Гамма-аппараты. Для получения рентгенограммы, обеспечивающей наибольшую чувствительность к де-

фектам, конверт с пленкой необходимо устанавливать на возможно меньшем расстоянии от детали. Чем это расстояние больше, тем меньше и чувствительность контроля. Чувствительность рентгеновского метода может понижаться в тех случаях, если при просвечивании изделия между контролируемым участком детали, источником излучения и пленкой находятся другие, мешающие контролю детали. Снижение чувствительности тем больше, чем больше толщина и плотность материала детали, мешающих просвечиванию.

Радиографический контроль изделия в эксплуатации должен проводиться транспортабельными, облегченными рентгеновскими гамма-аппаратами. К таким аппаратам относятся переносные аппараты типа РУП-120-5 и РУП-200-5, а также новые аппараты типа РАП-160-10П и РАП-160-10Н. Эти аппараты состоят из высоковольтного блока, в котором находятся рентгеновская трубка и питающий ее высоковольтный генератор, пульта управления и переносного штатива. Высоковольтный блок соединяется с пультом управления электрическим кабелем длиной 30 м. Сетевой кабель имеет длину 5 м, водопроводные шланги (для охлаждения анода трубки) — 10 м. Масса высоковольтного блока РУП-120-5 равна 45 кг, масса РУП-200-5 — 82 кг, масса пульта соответственно 30 и 35 кг, штатива-тележки — 40 — 43 кг.

В аппаратуре РУП-120-5 анодное напряжение может изменяться от 35 до 120 кВ, анодный ток — от 0 до 5 мА, что позволяет просвечивать стальные детали толщиной до 20 мм, а детали из алюминиевых сплавов — до 100 мм.

В аппаратуре РУП-200-5 интервал изменения анодного напряжения — 45 — 200 кВ и тока — 0 — 5 мА. Это позволяет просвечивать стальные детали толщиной до 35 мм при фокусном расстоянии около 50 см и при использовании высокочувствительной пленки типа РТ-1.

Пленка РТ-5 обладает меньшей,

чем пленка РТ-1, чувствительностью к рентгеновским лучам, поэтому при использовании ее можно просветить менее толстостенные изделия, но при этом обеспечивается более высокая контрастность рентгенограмм, а следовательно, лучше выявляются дефекты.

Новый рентгеновский аппарат РАП-160-10 является более универсальным, чем предыдущие, так как спектр излучения его содержит значительно больше "мягких" лучей, что позволяет получать высококачественные рентгенограммы с объектов из алюминиевых сплавов и сталей. При сравнительно высоком анодном напряжении, равном 160 кВ, масса аппарата составляет 55 кг; анодный ток аппарата 10 мА.

Менее транспортабельными являются кабельные аппараты РУП-160-20 и РУП-150/300-10. Аппарат РУП-150-10 снабжен трубкой с выносным анодом, который вводится в отверстие диаметром, равным или более 10 мм; всю трубку можно вводить в полость диаметром не менее 220 мм; аппарат позволяет просвечивать кольцевые швы на одну экспозицию.

Переносные гамма-дефектоскопы РИД-11, РИД-21 и РК-2 (табл. 2.5) можно применять для контроля труднодоступных мест изделий в условиях эксплуатации в тех случаях, когда рентгеновские аппараты нельзя использовать для этих целей из-за их громоздкости. Важными преимуществами рентгеновского контроля по сравнению с гамма-контролем являются его более высокая чувствительность, производительность и возможность плавной регулировки энергии излучения. Регулировка энергии излучения определенного изотопа при гамма-дефектоскопии исключается.

Основы методики контроля. Основные технологические операции контроля. Процесс радиографического контроля включает следующие основные операции:

конструктивно-технологический анализ объекта и подготовка его к просвечиванию;

Т а б л и ц а 2.5. Основные характеристики отечественных гамма-аппаратов для контроля изделий в условиях эксплуатации

Тип аппарата	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Размеры активной части источника, мм		Общие размеры источника (включая оболочку ампулы), мм		Ориентировочный диапазон толщин, мм, просвечиваемых объектов из	
			Диаметр	Высота	Диаметр	Высота	стали	алюминиевого сплава
РК-2	1720×1700×1700	Без штатива — 40, со штативом — 80	9	7	12	10	1—20	5—100
			5	5,5	8	12	5—30	20—150
			2	2	4,5	5	7—40	10—120
			5	5,5	8	12	15—60	50—150
РИД-11	740×1100×610	Радиационная головка — 13, общая — 124	0,5	0,5	4	5	7—40	10—120
			1	1	4	5		
			1,5	1,5	4	5		
РИД-21М	170×560×675	Радиационная головка на шарнирной подставке — 19, общая — 25	5	5,5	8	12	15—60	50—150
			3	3	8	12	7—40	10—120
			2	2	4,5	5	1—7	5—25
			5	5	7,5	8		

выбор источника излучения и фотоматериалов;

определение режимов и проведение просвечивания объекта;

химико-фотографическая обработка экспонированной пленки;

расшифровка снимков с оформлением полученных результатов.

Задача контролера-дефектоскописта состоит в получении радиографического снимка, пригодного для проведения по нему оценки качества объекта.

В процессе подготовки к просвечиванию необходимо детально ознакомиться с участками изделия, которые подлежат контролю: установить размеры и конфигурацию контролируемых участков, определить толщину и плотность материала на этих участках (желательно по чертежам), оценить возможность подхода со средствами контроля к просвечиваемой зоне.

Кассеты с рентгеновскими пленками маркируют в том же порядке, что и соответствующие участки изделия. Кассеты маркируют накладыванием свинцовых цифр и стрелок, прикрепляемых при помощи липкой (прозрачной) ленты либо при помощи пластилина. Рекомендуется применять свинцовые маркировочные знаки по ГОСТ 15843—79.

Выбор источника излучения и фотоматериалов зависит от области применения рентгено- и гаммаграфии и контролепригодности изделия. Основным техническим требованием к выбору источника излучения и рентгеновской пленки является обеспечение высокой чувствительности метода.

Как было указано выше, для контроля качества участков изделий с просвечиваемой толщиной до 50 мм (по стали) целесообразно использовать рентгеновские аппараты 7Л2, РУП-120-5-1, РАП-160-10Н, РАП-160-6П, РУП-200-5-1 и РАП-300-5Н. В том случае, если просвечиваемая толщина (по стали) превышает 50 мм или контролепригодность изделия не позволяет использовать существующую рентгеновскую технику, необходимо применять гамма-дефектоскопы РК-2, РИД-11, РИД-21М, РИД-22, РУП-Ir-5-2, РУП-Cs-2-1. Выбор пленки для просвечивания определяется минимальными размерами дефектов, подлежащих выявлению, а также толщиной и плотностью материала контролируемого объекта. При контроле объектов малой толщины и особенно из легких сплавов целесообразно применять высококонтрастные и мелкозернистые пленки типа РТ-5, РНТМ-1 или РТ-4М. При про-

свечивании больших толщин следует использовать более чувствительную пленку типа РТ-1. При работе на напряжении свыше 200 кВ или с радиоактивными источниками излучения пленку в кассету следует заряжать вместе с усиливающими металлическими экранами (обычно оловянисто-свинцовая фольга толщиной 0,05 — 0,1 мм), позволяющими повысить качество получаемых изображений и сократить продолжительность экспозиции.

2.5.2. Капиллярный метод

Аппаратура и приспособления. Чувствительность капиллярного метода контроля в условиях эксплуатации зависит от выбора комплекта применяемых дефектоскопических материалов и точности выполнения оптимальных условий контроля:

1. Температура контролируемой поверхности, дефектоскопических материалов и окружающего воздуха должна быть в пределах 20 — 25 °С. Повышение температуры до 40 — 45 °С незначительно снижает чувствительность метода. Понижение температуры до 10 °С существенно снижает чувствительность.

2. Контролируемая поверхность не должна иметь каких-либо покрытий, если не ставится вопрос об обнаружении сплошности самого покрытия, но при этом покрытие не должно быть пористым или адсорбирующим индикаторный пенетрант.

3. Чистота обработки поверхности должна быть не ниже 5. Ухудшение частоты обработки контролируемой поверхности снижает чувствительность метода, а в ряде случаев приводит к невозможности его применения.

Одним из основных условий применения капиллярного метода является доступность контролируемого участка для проведения технологических операций контроля, необходимого освещения контролируемой поверхности, ее свободного осмотра. В связи с этим при разработке новых конструк-

ций целесообразно предусмотреть возможность доступа к деталям и узлам, где в процессе эксплуатации может возникнуть необходимость контроля капиллярными методами (например, к лопаткам турбины и компрессора, трубопроводам и т. д.).

Для подготовки контролируемой поверхности к контролю, заключающемуся в основном в удалении различного рода покрытий, а также нагара, окалины, ржавчины и т. д., используют обычно механические средства (напильники, наждачные шкурки, шаберы и др.), если при этом не происходит "заволакивание" дефектов. Демонтируемые детали и узлы дополнительно подвергают пескоструйной обработке или очистке в ультразвуковых ваннах.

Для обработки объектов дефектоскопическими материалами используют аэрозольные баллоны с требуемым комплектом материалов или плотно закрывающиеся, не корродирующие от дефектоскопических материалов емкости, краскораспылители, жесткие (волосяные) или мягкие (беличьи) кисти, хлопчатобумажную ветошь. Для защиты кожи рук от действия токсичных дефектоскопических материалов используют хлопчатобумажные и резиновые перчатки, а для предохранения органов дыхания, особенно при работе в замкнутых объемах и невозможности эффективного удаления продуктов испарения и распыления используемых материалов, — респираторы или противогазы.

Для зарядки баллонов необходимыми дефектоскопическими составами целесообразно использовать специальное зарядное устройство КД-40ЛД. В условиях эксплуатации удобно пользоваться переносным дефектоскопом ДМК-4, в комплекте которого имеются наборы кистей, емкости с пенетрантом и проявителем, краскораспылитель и другие необходимые для контроля принадлежности и материалы.

Краскораспылители типа 0-31А, 0-37А и др. в полевых условиях целесо-

Т а б л и ц а 2.6. Комплекты материалов для капиллярной дефектоскопии

Тип комплекта	Дефектоскопические материалы			Минимальные размеры	
	Пенетрант	Очиститель	Проявитель	Ширина, мм	Длина, мм
Люминесцентный ЛЮМ-А	ЛЖ-6А	ОЖ-1 или керосин	ПР-1	1 — 2	1,0
" ЛЮМ-ВЗ	ЛЖ-6А	То же	ПР-4	2 — 3	1,0
Цветной КМ	К	Керосиново-масляная смесь	М	2 — 3	1,0
" КВ	К	То же	В (для кислоты)	2 — 3	1,0

образно подключать к баллонам со сжатым аргоном или азотом, через редуктор с манометром (давление 0,2 — 0,3 МПа). При понижении температуры окружающей среды для обеспечения нормальных условий контроля следует использовать специальные калориферные устройства.

Чтобы облегчить выявление дефектов, используют (при необходимости) различные оптические приспособления: зеркала, лупы 4 — 7-кратного увеличения и др., при недостаточной освещенности контролируемой поверхности дневным светом применяют дополнительное просвечивание контролируемого участка лампами накаливания. Степень освещенности контролируемой поверхности измеряют люксметром типа Ю-16 непосредственно на контролируемом участке или на искусственно созданной модели, имитирующей этот участок.

Для выявления дефектов при люминесцентном методе контроля используется переносный ультрафиолетовый осветитель.

Основы методики контроля. Выбор цветного или люминесцентного метода обуславливается необходимой степенью чувствительности к дефектам. Материалы, которые могут быть использованы в условиях эксплуатации, приведены в табл. 2.6.

Последовательность контроля следующая: подготовка контролируемой поверхности, нанесение индикаторной жидкости (пенетранта), удаление пенетранта, нанесение проявителя, осмотр, промывка. Очень важным

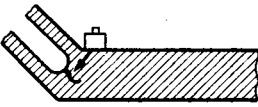
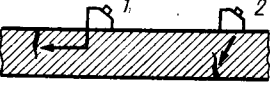
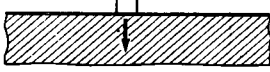
этапом является операция обезжиривания деталей. Их промывают сначала в бензине, а затем в ацетоне. Краситель (пенетрант К в цветном составе КМ или КВ) четырежды наносят на поверхность с интервалами в 1,5 — 2,0 мин. Удаление пенетранта осуществляется водой, специальной очищающей жидкостью или керосином.

После протирки хлопчатобумажной ветошью наносят проявитель при помощи краскопульта (проявитель ПР-1 и М) или кисти (проявитель В). Необходимо помнить, что все проявители токсичны (кроме ПР-4). К осмотру детали можно приступить после нанесения проявителя М — через 1 ч, проявителя В — через 30 мин, проявителей ПР-1 и ПР-4 — через 45 мин. Удаляют проявители ацетоном или водой (ПР-4).

2.5.3. Ультразвуковой метод

Аппаратура для ультразвукового контроля. Чувствительность контроля оценивается наименьшей площадью надежно выявляемого дефекта в данном материале. Она зависит от частоты УЗК, применяемой аппаратуры, акустических свойств материала детали, чистоты обработки и кривизны поверхности, структурного состояния материала, формы, ориентировки и глубины залегания дефекта. В реальных условиях могут быть выявлены трещины площадью от 1 — 10 мм² (табл. 2.7).

Т а б л и ц а 2.7. Характерные случаи в практике ультразвукового контроля

Вид обнаруживаемых дефектов	Аппаратура, приспособления	Схематическое изображение контролируемого объекта	Размеры обнаруживаемых минимальных дефектов, мм		
			Раскрытие	Глубина	Протяженность
Усталостные трещины	Дефектоскоп с прямым искателем		0,05—0,2	2—3	2—5
	Дефектоскоп с наклонным искателем для возбуждения сдвиговых волн		0,05—0,2	2—3	2—5
	Дефектоскоп с наклонным искателем для возбуждения поверхностных волн (1); сдвиговой волны (2)		0,05—0,2	0,2—0,5	2—3
Коррозионное поражение	Толщиномер		Утончение более 2 % от толщины обшивки		

Надежность результатов ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии зависит от состояния поверхности, формы детали и структурного состояния материала. Удовлетворительные результаты достигаются при контроле деталей, изготовленных из деформированных полуфабрикатов с чистой обработкой поверхности не ниже 6 и имеющих простую форму. Литые детали, как правило, ультразвуковому контролю не подвергаются.

Затруднен ультразвуковой контроль деталей сложной формы, изготовленных из деформированных полуфабрикатов, например, болтов, лопаток, тройников, кронштейнов и т. д. Необходимым условием УЗ контроля является наличие хотя бы одностороннего доступа к контролируемой поверхности. Элементы изделия, закрытые обшивкой, не могут быть проконтролированы. Чувствительность УЗ контроля резко снижается при наличии толстых лакокрасочных покрытий, при грубой обработке повер-

хности и при коррозионных поражениях.

В эксплуатации следует использовать портативные, транспортабельные ультразвуковые приборы. Наиболее приемлемым является дефектоскоп ДУК-66П и толщиномеры типа УТ-30. В табл. 2.8 приведены параметры данных приборов и аналогичных зарубежных образцов.

Ультразвуковые дефектоскопы УД-11ПУ и УД2-12 являются базовыми дефектоскопами нового поколения, реализующими возможность контроля с применением эхо-метода, теневого и резонансного методов со скоростями распространения продольных волн в диапазоне от 2500 до 6500 м/с. В основу работы дефектоскопов положен описанный выше принцип.

В основу измерительной схемы приборов положен метод измерения временного интервала между зондирующим и отраженным импульсами. Принцип работы дефектоскопов за-

ключается в следующем. Возбудитель преобразователя, запускаемый, как и другие блоки дефектоскопа, от внутреннего или внешнего преобразователя, вырабатывает радиопульс в пьезоэлементе, подключаемом к выходному разъему дефектоскопа.

Преобразователь, контактируя с объектом через слой контактной смазки, обеспечивает ввод в объект механических ультразвуковых колебаний, которые, распространяясь в нем, отражаются от границ раздела сред (металл—воздух) или имеющих дефектов и вновь поступают на приемный преобразователь, подключенный к входному разъему дефектоскопа.

В приемном преобразователе ультразвуковые колебания преобразуются в электрические колебания и воспринимаются приемным устройством дефектоскопа. Усиленные и преобразованные сигналы поступают на экран электронно-лучевой трубки. Предусмотренная в дефектоскопе система автоматической сигнализации дефекта позволяет определить расстояние от поверхности до дефекта. Наличие дефекта сопровождается световой и звуковой сигнализацией. Вмонтированный в дефектоскоп блок цифрового отсчета позволяет выполнять настройку без применения контрольных образцов.

Основы методики контроля. Поверхность деталей смазывают акустической смазкой для обеспечения надежного контакта с датчиком-искателем. Прозвучивание ведется в направлении, перпендикулярном плоскости наиболее вероятного расположения дефекта. О наличии дефекта свидетельствует эхо-сигнал в зоне контроля, равный или больший амплитуды эхо-сигналу от заданного контрольного отражателя в стандартном образце.

Для каждой детали разрабатывают свою методику контроля, где отражают: назначение методики; метод контроля, типа выбранной волны и частоту УЗК; типа дефектоскопа и искателя; стандартные образцы для настройки; порядок проверки и настройки дефектоскопа; порядок проведения контроля.

Цифровые ультразвуковые толщиномеры фирмы "Панаметрикс" используют для исследования большинства видов материала, включая металлы, стекло, керамику, пластмассы, стекловолокно, жидкости, а также резину. Предельные значения толщины, которые могут быть измерены, зависят от вида материала, его размера, состояния поверхности, а также от выбранного прибора и датчика. Точность измерения составляет 0,001 мм для металлов и 0,01 для пластмасс.

Т а б л и ц а 2.8. Ультразвуковые дефектоскопы и толщиномер, рекомендуемые для применения в условиях эксплуатации

Аппаратура	Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
Дефектоскоп ДУК-66П	Обнаружение усталостных трещин и межкристаллитной коррозии	Диапазон частот 1,25 — 10 МГц, температура окружающей среды —10÷+55 °С	9,5	260×160×425
Дефектоскоп фирмы "Крауткреммер"	То же	Диапазон частот 0,5 — 12 МГц, температура окружающей среды —15÷+40°С	5,8	250×145×350
Толщиномер УТ-30ПЦ	Обнаружение коррозионных поражений обшивки по ее утончению	Диапазон толщин 0,2 — 100 мм, погрешность 2 %, температура окружающей среды —10÷+40 °С	6	280×210×135

Ниже указаны диапазоны измерения в зависимости от вида материала:

Металл	0,12+1240 мм
Пластмасса	0,12+125 мм
Стекло	0,12+1250 мм
Стекловолокно	3,75+75 мм
Резина	3,75+75 мм
Жидкость	1,25+1250 мм

Принцип работы приборов основан на эхо-импульсном методе.

2.5.4. Магнитопорошковый метод

Аппаратура, приспособления и вспомогательные материалы. При благоприятных условиях магнитопорошковым методом можно обнаруживать трещины с раскрытием до 0,001 мм и протяженностью до 0,5 мм. С увеличением глубины залегания дефекта чувствительность метода резко падает.

Контролируемые изделия должны иметь поверхность с чистотой обработки (Ra) 1,6 — 2,5, при этом может быть обеспечена (при правильно установленных режимах намагничивания) максимальная чувствительность контроля. При более грубой обработке поверхности чувствительность метода снижается. Для получения высокой чувствительности контроля необходимо удалить покрытие с поверхности и зачистить контролируемый участок детали до требуемой чистоты.

Магнитопорошковый метод позволяет контролировать ферромагнитные детали практически любой формы и размеров при возможности намагничивания и осмотра контролируемого участка.

Весьма удобен контроль деталей, имеющих отверстия, благодаря которым можно проводить циркулярное намагничивание, пропуская ток через стержень или толстый провод, введенный в это отверстие. Такой способ намагничивания устраняет опасность прижогов и в ряде случаев позволяет контролировать изделия без снятия неэлектропроводного покрытия.

Магнитный контроль получил широкое распространение на ремонтных заводах, где используются стационарные установки универсального типа. К ним относятся магнитные дефектоскопы типа УМД-2500, 2МДЭ-10000, а также УМД-9000.

При контроле в условиях эксплуатации рекомендуется использовать передвижные МП-50П или переносные ПМД-70 дефектоскопы (табл. 2.9). Указанные дефектоскопы снабжены приставными электромагнитами для продольного намагничивания отдельных участков деталей.

Наибольшее распространение в магнитной дефектоскопии получил "мокрый" способ, при котором намагниченную деталь обрабатывают суспензией со взвешенными частицами порошка. Для приготовления суспензий используют черный магнитный порошок (ТУ-6-14-1009-74). В качестве жидкой среды могут быть использованы масла (типа МК-22) или керосин.

В эксплуатации целесообразно применять керосиново-масляную суспензию следующего состава (в расчете на 1 л):

Керосин, мл	800
Масло трансформаторное, мл	175
Черный магнитный порошок, г	25
Присадка АКОР-1, г	0,5 — 1,0

При контроле следят за концентрацией порошка в суспензии и, периодически добавляя порошок, доводят ее до необходимого уровня (25+5) г/л.

Основы методики контроля. Контроль каждой конкретной детали или отдельного участка этой детали должен проводиться в соответствии с конкретной методикой, при установлении которой необходимо решить ряд вопросов, наиболее важными из которых являются:

выбор способа контроля (в приложенном поле или остаточной намагниченности); выбор аппаратуры; установление режимов контроля; выбор типов порошка, суспензии; выбор способов установки (и последующей пере-

Т а б л и ц а 2.9. Дефектоскопы, применяемые в эксплуатации при магнитопорошковом контроле

Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габариты, мм	Источник питания
ПМД-70				
Контроль деталей из ферромагнитных сталей без демонтажа (или демонтированных) в полевых, лабораторных и цеховых условиях	Потребляемая мощность 0,25 кВт; намагничивающий ток не менее 1000 А; диаметр соленоида 88 мм; зазор между полюсами электромагнита 75 мм	45	660×500×260	Сеть переменного тока напряжением 220 В или источник постоянного тока напряжением 24 В

МД-50П (вместо ДМП-2)

Контроль крупногабаритных деталей и участков узлов способом приложенного поля и способом остаточной намагниченности	Потребляемая мощность 2,5 кВт; намагничивающий ток не менее 5000 А	200	1000×780×620	Сеть переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц

становки) на контролируемом участке намагничивающих устройств (электроконтактов, электромагнитов и др.).

Кроме того, должны быть учтены такие вопросы, как расположение аппаратуры и самого оператора в процессе контроля, обеспечение выполнения правил техники безопасности, обеспечение защиты аппаратуры от порчи, обеспечение требуемого микроклимата для нормальной работы аппаратуры и операторов и т. д.

Исходными данными для решения методических вопросов являются желаемая чувствительность контроля, значения магнитных характеристик материала контролируемой детали (коэрцитивная сила и остаточная индукция), а также конструктивные особенности узла, в котором необходимо проводить контроль детали (степень контролепригодности).

В практике магнитопорошкового контроля условно приняты следующие три уровня чувствительности (А, Б, В), позволяющие приблизительно судить о размерах обнаруживаемых поверхностных дефектов, таких как трещины (табл. 2.10).

В подавляющем большинстве случаев контроль ведется на уровне чув-

ствительности, близком к уровню Б. При ужесточенных требованиях уровень чувствительности может приближаться к уровню А и наоборот, по мере снижения требований — к уровню В.

Как указывалось выше, более простым, удобным и быстрым является контроль способом остаточной намагниченности. Однако прежде чем вводить этот способ магнитного контроля, необходимо убедиться, что чувствительность при этом будет оставаться на удовлетворительном уровне.

При контроле способом остаточной намагниченности для продольного намагничивания применяют соленоиды. При этом контроль можно осуществлять только тех деталей, у которых отношение длины к эквивалент-

Т а б л и ц а 2.10. Размеры обнаруживаемых поверхностных дефектов

Дефект	Уровень чувствительности		
	А	Б	В
Ширина раскрытия, мкм	2,5	10	25
Глубина, мкм	25	100	250

ному диаметру не менее 25. Эквивалентный диаметр

$$D = \sqrt{4S} / \pi,$$

где S — площадь поперечного сечения детали.

Намагниченную деталь или участок детали следует обработать предварительно перемешанной суспензией. Осмотр детали можно проводить только после окончательного стекания суспензии (в сомнительных случаях следует применять лупу 2 — 4-кратного увеличения). Особенно тщательному контролю следует подвергать зоны переходных сечений (резьбу, зубья шестерен, шлицы), в которых могут концентрироваться напряжения в процессе эксплуатации.

После проведения магнитного контроля проконтролированный узел должен быть размагничен.

2.5.5. Импедансный метод

Аппаратура для контроля. Метод основан на различии механических импедансов бездефектного и дефектного участков изделия, определяемых в точке ввода колебаний. Механическим импедансом Z называется отношение возмущающей силы F к вызываемой ею колебательной скорости v частиц среды в точке приложения силы: $Z = F/v$.

При возбуждении изгибных колебаний в конструкции последняя колеблется как единое целое, и механический импеданс будет иметь максимальное значение. При нарушении сплошности конструкции механический импеданс будет существенно меньше. Этот эффект и используется в дефектоскопии.

Импедансный метод подразделяют на амплитудный и фазовый. При амплитудном методе регистрируется уменьшение уровня сигнала на измерительном пьезоэлементе датчика. При фазовом методе дефект фиксируется по изменению фазы силы реакции изделия на датчик. Метод применяется для контроля клеевых соединений обшивки и готовых конст-

рукций. Чувствительность импедансного метода зависит от конкретных условий его применения (увеличение шероховатости и кривизны поверхности изделия приводят к снижению чувствительности метода).

В практике большее распространение получил контроль амплитудным импедансным методом. Однако при контроле готовых панелей с мелкими и средними ячейками заполнителя (сторона ячейки 2,5 — 4 мм) и средними толщинами обшивок (0,4 — 0,6 мм для алюминиевых сплавов) целесообразно использовать фазовый метод.

Для успешного применения импедансного метода необходимо, чтобы отношение импеданса всей конструкции к импедансу отделенного дефектом слоя было достаточно большим. При склеивании двух слоев из одинакового материала контроль соединения оказывается возможным в том случае, если эти слои имеют разную толщину и проверка выполняется со стороны более тонкого слоя. Контроль соединений однородных слоев одинаковой толщины (например, двух металлических листов) импедансным методом обычно невозможен. Для контроля этим методом необходим свободный доступ к контролируемой поверхности.

В табл. 2.11 приведены характерные случаи практики контроля акустическим импедансным методом дефектоскопом ИАД-3. Для контроля могут быть использованы дефектоскопы типа ИАД-3, ИАД-2 или АД-40И. Дефектоскоп ИАД-3 в отличие от дефектоскопа ИАД-2 имеет дополнительный фазовый канал, что позволяет использовать его для контроля не только амплитудным, но и фазовым импедансным методом (табл. 2.12).

Основы методики контроля. Для выбора оптимальных режимов контроля и определения чувствительности метода необходимы контрольные образцы с искусственными или естественными дефектами различных размеров. Эти образцы должны

иметь те же основные параметры (толщину и материал обшивки соединенных с ней элементов, размер сотовой ячейки и т. д.), что и контролируемое изделие. Длина и ширина образцов могут быть меньше, чем соответствующие размеры изделий. При контроле датчик перемещают по поверхности изделия, наблюдая за находящейся в датчике сигнальной лампочкой. В процессе контроля необходимо следить, чтобы ось датчика не отклонялась от перпендикулярного положения более чем на 10° .

Импедансный метод может быть использован в тех случаях, когда модуль упругости материала того слоя, со стороны которого проводится контроль, достаточно велик (металлы, стеклотекстолит и др.). Контроль со стороны материалов с низким значением модуля упругости (мягкая резина, пенопласт и т. п.) обычно невозможен. С уменьшением модуля упругости внутреннего элемента чувствительность метода падает. Наибольшая чувствительность достигается при гладких поверхностях контролируемого изделия. Шероховатость поверхности снижает чувствительность метода.

При контроле малогабаритных конструкций, особенно металлических, возможен значительный разброс показаний дефектоскопа в зонах

Т а б л и ц а 2.11. Характерные случаи контроля дефектоскопом ИАД-3

Вид обнаруживаемых дефектов	Параметры минимального обнаруживаемого дефекта, мм	
	Глубина задегания	Протяженность
Неприклеи и неприпой между сотовым наполнителем и обшивкой из следующих материалов:		
алюминиевых сплавов	0,3 1,4 2,0	2 15 25
титановых "	0,3 1,2 1,7	2,5 15 25
стали	0,3 1,0 1,5	3 15 27
Неприклеи и расслоение между неметаллическим покрытием (из стеклопластиков) и силовым каркасом ¹	До 6	7
Расслоение в изделиях из слоистых пластиков (стеклопластиков) ²	1 — 6	7

¹Лакокрасочные и другие тонкие покрытия этим методом обычно контролировать нельзя.

²При контроле одной стороны дефекты выявляются на глубине 0,5 от толщины изделия.

с хорошим соединением, обусловленный резонансными явлениями в изделии. Снижение этого разброса может быть достигнуто экспериментальным

Т а б л и ц а 2.12. Аппаратура для акустического импедансного контроля

Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания

ИАД-3 (ИАД-2)

Диапазон частот от 1000 до 8000 Гц; сигнал, необходимый для отклонения стрелки индикатора на всю шкалу, 100 — 200 мкВ; потребляемая мощность 150 В · А	12,6	234×325×370	Сеть переменного тока (220 В, 50 Гц)

АД-40И

Диапазон частот от 1,5 до 10 кГц; температура окружающей среды от —10 до +40 °С; потребляемая мощность 30 В · А	7 (с блоком питания от сети) 12 (с блоком автономного питания)	135×210×325	То же Сеть постоянного тока 24 В или аккумуляторная батарея напряжением 9 В

подбором оптимальной рабочей частоты.

Тестер качества клеевых соединений "ФОККЕР" (ФРГ) представляет собой ультразвуковой резонансно-импедансный прибор с пьезоэлектрическим датчиком. При наложении датчика на испытуемое соединение значения резонансной частоты и механического сопротивления меняются в зависимости от физических свойств изделия. Изменение резонансной частоты фиксируется на электронно-лучевой трубке (шкала А), а изменение сопротивления замеряется при помощи амперметра (шкала В).

Тестер укомплектован пробниками и адаптерами. Пробники маркируют в зависимости от толщины и диаметра используемого датчика, т. е. каждому пробнику соответствует лишь определенный датчик. В то же время любой пробник стыкуется с любым адаптером, независимо от его типа. В настоящее время изготавливают два типа адаптеров: для постоянного напряжения и для постоянного тока. Первый тип предназначен для измерения пиковых смещений (амплитуд) или комбинации пиковых амплитуд и демпфирования. Демпфирование определяется сопротивлением адаптера. Низкое сопротивление увеличивает степень демпфирования и снижает показание шкалы В. Второй тип адаптера (постоянный ток) разработан специально для испытаний, требующих сильного демпфирования пиковых величин (например, для исследования соевых конструкций).

Выбор пробника зависит от различных факторов. Одним из ограничивающих факторов является толщина верхнего листа. Если толщина слишком велика для данного датчика, то резонансный пик "затухает" полностью. В этом случае приходится брать большой пробник. После калибровки прибора местоположение пика или отклонение стрелки определяется главным образом толщиной нижнего листа или плотностью сердцевины. Если отклонение недостаточ-

но, можно выбрать меньший пробник или изменить "0" прибора. Для обеспечения лучшего контакта датчика с проверяемой поверхностью используется обычное минеральное масло. При испытаниях пористых поверхностей или поверхностей, подлежащих окраске или склеиванию, применяют специальную жидкость.

Основные технические данные прибора

Питание от сети переменного тока:

напряжение, В	115/220
частота, Гц	50/60
Потребляемая мощность, Вт	20
Рабочая частота (10 диапазонов), кГц	30 ÷ 1000
Скорость развертки (7 положений), МГц	0,1 ÷ 10
Рабочая температура, °С	0 ÷ 50
Габаритные размеры, мм	225×370×340
Масса, кг	13,2

Область применения: соединения металл—металл, композиционные материалы и др.

2.5.6. Велосимметрический метод

Аппаратура. Ультразвуковой велосимметрический метод дефектоскопии основан на влиянии дефектов на скорость распространения упругих волн в контролируемой конструкции, а также на изменении пути волн между излучателем и приемником, вызванном наличием дефекта. Контроль этим методом может осуществляться односторонним и двусторонним способами. При одностороннем контроле искательная головка с расположенными в одном корпусе излучающим и приемным вибраторами устанавливается на поверхности изделия (рис. 2.17). От излучающего вибратора во все стороны распространяется упругая изгибная волна. Регистрируется разность скоростей на бездефектном и дефектном участках, а также изменение амплитуды принятого сигнала. При двустороннем контроле излучающий и приемный вибраторы располагаются соосно по обе стороны контролируемого объекта.

Основным признаком дефекта является отставание фазы колебания в точке приема от фазы на бездефектном участке изделия. Как упоминалось, фиксируется также изменение амплитуды принятого сигнала. Велосимметрический метод предназначен для контроля неметаллических материалов в крупногабаритных многослойных конструкциях. Основная задача — выявление расслоений в изделиях из слоистых пластиков и нарушений клеевого соединения (табл. 2.13).

Необходимо учитывать, что ввиду наличия "краевого эффекта" затруднено выявление дефектов в неметаллических изделиях на расстоянии менее 50 мм от края, что не позволяет использовать велосимметрический метод на малоразмерных деталях. Предельная глубина выявляемых в слоистых пластиках дефектов — около 25 мм. Чувствительность метода зависит от параметров изделия и глубины залегания дефекта и уменьшается с увеличением последней. Минимальная площадь выявляемого дефекта составляет 1,5 см².

Одностороннему варианту метода свойственна "мертвая" зона. Она прилегает к поверхности, противоположной поверхности ввода упругих колебаний, и составляет 20 — 40 % от толщины изделия. У двустороннего способа "мертвая" зона отсутствует, зато не всегда удается разместить головки по обе стороны объекта, а также обеспечить их соосность.

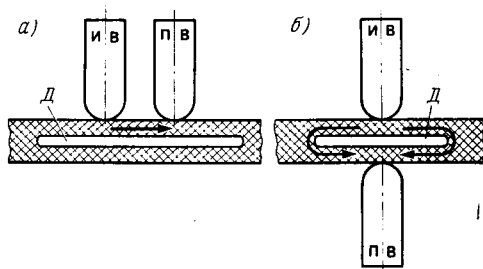


Рис. 2.17. Принципиальная схема одно- и двустороннего велосимметрического контроля:

ИВ — излучающий вибратор; ПВ — приемный вибратор; Д — дефект

Контроль изделий проводится ультразвуковым велосимметрическим фазовым дефектоскопом УВФД-1 или АД-10У (табл. 2.14). Дефектоскоп УВФД-1 предназначен для одностороннего контроля, однако его вибраторы можно демонтировать из корпуса и расположить в приспособлении (типа скобы) для двустороннего контроля.

Основы методики контроля. Контроль состоит в перемещении искательной головки по поверхности контролируемого изделия и в наблюдении за сигнальной лампочкой, загорающейся при попадании головки в дефектную зону. Для настройки дефектоскопов используют специальные контрольные образцы.

При одностороннем контроле искательную головку следует перемещать по поверхности изделия со скоростью не более 10 м/мин. Шаг перемещения

Т а б л и ц а 2.13. Характерные случаи в практике контроля ультразвуковым велосимметрическим методом дефектоскопом УВФД-1

Вид обнаруживаемых дефектов	Параметры минимального обнаруживаемого дефекта, мм		Примечание
	Глубина залегания	Протяженность	
Расслоение в деталях слоистых пластиков	0,5 25 40	15 40 20	Дефекты выявляются на глубине не более 2/3 от общей толщины детали при одностороннем контроле
Непроклей и расслоение между неметаллическим покрытием и силовым каркасом, расслоение в покрытии	0,5 — 25	15 — 40	Глубина залегания и протяженность минимального обнаруживаемого дефекта зависят от материала покрытия

Т а б л и ц а 2.14. Аппаратура для контроля ультразвуковым велосимметрическим методом в условиях эксплуатации

Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания
<i>УВФД-1</i>				
Выявление расслоений и зон нарушений клеевых соединений в одно- и многослойных конструкциях	Диапазон частот 20 — 70 кГц; номинальные частоты искательных головок 25, 40 и 60 кГц; потребляемая мощность 100 В·А	11	234×318×370	Сеть переменного тока (220 В, 50Гц)
<i>АД-10У</i>				
Выявление расслоений в изделиях из слоистых пластиков: стекло- и асблестиков, текстолитов, композиционных материалов и др.	Диапазон частот 20 — 70 кГц; номинальные частоты искательных головок 25, 40, 60 кГц; рабочая температура от —10 до +40°С; потребляемая мощность 40 В·А	5 (без искательных головок)	317×200×200	Сеть переменного тока (220 или 36 В, 50Гц)

головки (расстояние между соседними ее следами) должен быть равным 10 — 15 мм. При контроле по изменению фазы дефекты отмечаются по загоранию расположенной в корпусе искательной головки сигнальной лампочки и отклонению стрелки фазометра вправо. При этом часто (но не всегда) наблюдается отклонение стрелки индикатора А вправо, что служит дополнительным признаком дефекта. При контроле по изменению амплитуды критерием дефекта служит также отклонение вправо стрелки индикатора А, но не сопровождающееся включением сигнальной лампочки.

При двустороннем контроле скорость перемещения искательной головки также не должна превышать 10 м/мин. Дефекты отмечаются включением сигнальной лампочки и отклонением стрелки фазометра. На дефектах показания индикатора А обычно уменьшаются.

Контуры дефектов отмечаются по показаниям дефектоскопа, границы дефектов очерчиваются мягким карандашом или мелом. Бракуется изделие на основании установленных техническими условиями норм допустимых дефектов.

2.5.7. Метод вихревых токов

Принцип работы приборов. При воздействии на металлическую деталь или образец переменным магнитным полем в материале возникают вихревые токи. Величина этих токов максимальна на поверхности и убывает по мере удаления от поверхности в глубь образца. Для возбуждения вихревых токов обычно используют питаемые переменным током проходные (охватывающие витками образец или деталь), накладные (подносимые к образцу торцом) или экранные (располагающиеся по разные стороны стенки) катушки-датчики.

Созданное вихревыми токами вторичное электромагнитное поле оказывает обратное влияние на возбуждающую катушку, что проявляется в изменении ее активного и индуктивного сопротивлений. Величина и характер распределения вихревых токов в теле металла зависят от частоты тока, питающего катушку, от электрической проводимости и магнитной проницаемости материала, а также от формы и размера катушки и контролируемой детали.

Важно, что характер влияния различных перечисленных выше факто-

ров на активное и индуктивное сопротивление катушки не одинаков. Это дает возможность уменьшать влияние тех или иных факторов и создавать приборы, чувствительные к какому-либо одному из факторов, например, к электропроводности или к наличию поверхностных трещин. Схемы таких приборов подробно описаны в специальной литературе.

Применяют различные способы получения и обработки информации, снимаемой с катушки-датчика. Наиболее распространенными являются: амплитудно-фазовый, фазовый, резонансный, амплитудно-частотный и многочастотный способы.

Метод успешно используется:

для выявления усталостных трещин в поверхностных слоях металлических деталей; для измерения толщины покрытий, нанесенных на металлическое основание; для определения толщины стенок листовых материалов; для обнаружения зон структурной неоднородности, например, в результате термического воздействия и других факторов.

Потенциально высокая чувствительность метода вихревых токов позволяет использовать его для оценки степени структурных превращений в материале.

Основы методики контроля. Для обнаружения трещин и других несплошностей в поверхностных слоях деталей в условиях эксплуатации рекомендуется использовать электромагнитные статистические дефектоскопы типа ППД-1М, ППД-2М, ВД-1ГА, ВДЦ-2. В дефектоскопах имеются датчики накладного типа. В этих приборах используется амплитудно-частотный способ, при котором датчик включается в резонансный контур автогенератора. При попадании датчика в зону трещины происходит срыв генерации, что фиксируется стрелочным индикатором, а также световыми или звуковыми сигналами. Статистические дефектоскопы успешно применяют для обнаружения усталостных трещин в узлах двигателей, барабанах колес, тягах и т. д.

При контроле исследуемая поверхность подвергается сканированию (как бы прощупывается) рабочей торцевой частью датчика. Шаг сканирования не должен превышать диаметра сердечника датчика, в противном случае часть мелких трещин может быть не обнаружена. В перечисленных статистических дефектоскопах минимальные диаметры датчиков, а следовательно, и максимальный шаг сканирования составляют 1,5 — 2,0 мм. При соблюдении условий контроля обнаруживаются поверхностные дефекты (трещины) длиной от 2 — 4 мм, глубиной более 0,25 мм при ширине раскрытия 2 — 20 мкм.

Приборы ВД-1ГА, ВДЦ-2 и ППД-2М оснащены комплектами датчиков, позволяющих проводить контроль участков деталей различной конфигурации. Для выявления дефектов в панелях, кузове и других деталях с малой кривизной поверхности целесообразно использовать динамические (модуляционные) дефектоскопы типа ЭДМ-Т. В динамических дефектоскопах (в отличие от статистических) датчик представляет собой две рядом расположенные и вращающиеся по окружности регулируемого радиуса катушки. В приборе ЭДМ-Т частота вращения катушек — 2000—5000 об/мин, минимальный диаметр вращения — 18 мм. Использование таких приборов дает возможность на порядок увеличить шаг сканирования с контролем статистическими дефектоскопами. Динамические дефектоскопы обладают также и повышенной чувствительностью. Так, при помощи прибора ЭДМ-Т можно обнаруживать трещины длиной, равной или большей 2 мм, а также коррозионные поражения.

Чтобы обеспечить необходимую надежность контроля, целесообразно применять специальные приспособления, которые обеспечивали бы вертикальное положение датчика в процессе контроля. При контроле открытых поверхностей следует пользоваться специальными трафаретами,

канавки которых должны служить упорами при перемещении датчика с заданным шагом сканирования.

Контрольные образцы необходимы: для настройки дефектоскопа и оценки их работоспособности; для оценки реальной чувствительности контроля конкретных деталей в конкретных условиях. В качестве контрольных образцов могут быть использованы детали или участки деталей с дефектами, выявленными ранее другими методами.

При отсутствии деталей с естественными дефектами (трещинами) такие трещины следует наносить на бездефектные участки деталей искусственно, при помощи механических вибраторов.

На образцах, при помощи которых проводится оценка чувствительности метода, воспроизводят все те затрудняющие контроль особенности (радиусные переходы, отверстия, ребра жесткости, элементы крепления, лакокрасочные покрытия и пр.), которые возможны у подлежащих контролю деталей.

Измерение толщины и оценка качества покрытий. В приборах для измерения толщины неэлектропроводных, например лакокрасочных, покрытий на металлических деталях использована зависимость значения наводимых токов от расстояния между катушкой датчика и металлической основой. Для измерения толщины лакокрасочных покрытий, оксидных и анодных пленок и других сплавов могут быть использованы приборы ТПН-1 (или ТПН-1МУ) и ТПН-П. Диапазон измерения приборов настольного типа ТПН-1 и ТПН-1МУ 15 — 300 мкм.

Прибор ТПН-П выполнен на транзисторах, компактен и имеет автономное питание. Диапазон измерения прибора — 10 — 200 мкм. Прибор может использоваться для измерения толщины покрытия из низкоэлектропроводных материалов (с электропроводностью от 0,5 м/Ом · мм² и выше), например, для измерения толщины неэлектропроводных покрытий

на лопатках. Приборы типа ТПН-П серийно выпускаются на Чебоксарском приборостроительном заводе.

Толщиномерные приборы ТПН-1, ТПН-1МУ и ТПН-П могут применяться также для оценки степени коррозионного поражения деталей из алюминиевых и других цветных сплавов.

Электромагнитный метод применяется и для измерения более толстых неэлектропроводящих покрытий (до 100 мм) на металлических основах. Имеется ряд опытных образцов подобных приборов, успешно применявшихся в промышленности, например приборы ТПК, ЭФИТ, "Дельта", ВТ-20 и др.

Измерение толщины стенок. В тех случаях, когда глубина проникновения вихревых токов в глубь материала существенно превышает его толщину, метод можно использовать для измерения толщины стенок. Практически достигнут диапазон измерения от нескольких микрон до нескольких миллиметров.

В условиях эксплуатации для контроля, например, толщины обшивки с целью обнаружения мест, пораженных коррозией, рекомендуется использовать прибор ТФ-1 (или УФТ-1). Эти приборы позволяют проводить контроль при одностороннем доступе к контролируемой детали.

Кроме обычного накладного датчика, прибор ТФ-1 снабжен также экраным датчиком, состоящим из двух катушек, располагающихся в процессе измерения по разные стороны стенки контролируемого изделия (стенка в данном случае играет роль экрана). Применение экранного датчика позволяет увеличить верхний предел измеряемых толщин до 4—5 мм при контроле изделий из алюминиевых сплавов и до 10 — 12 мм при контроле изделий из титановых сплавов. Однако в связи с необходимостью доступа к двум сторонам стенки экранные датчики более удобны в условиях производства или ремонта и менее пригодны в условиях эксплуатации.

Следует помнить о возможности использования электромагнитных толщиномеров с накладным датчиком для оценки толщины остаточного сечения тонкостенных деталей, например, обшивки, из алюминиевых и других сплавов при коррозионных повреждениях.

Токовихревой дефектоскоп BFS-9000 (Франция). Дефектоскоп предназначен для неразрушающего контроля объектов при помощи низкочастотных вихревых токов и отличается высокой надежностью. Он позволяет выявить поверхностные и внутренние дефекты ферромагнитных материалов (трещины, отклонения размеров, коррозию), а также определить качественные свойства материалов (твердость, сопротивление, термообработку, химический состав, текстуру и т. п.).

Несмотря на высокий технический уровень дефектоскопа он отличается удобством в эксплуатации и простой интерпретации измерений. Широкий диапазон частот (от 1 до 2000 Гц) и большая выходная мощность сигнала практически обеспечивают решение всех проблем, возникающих при исследовании ферромагнитных материалов. Амплитуда и фаза сигнала анализируются в модуляторе, что позволяет дифференцировать выявленные дефекты в зависимости от их характера и критерия приемлемости.

Дефектоскоп BFS-9000 выпускается в трех вариантах в зависимости от условий его применения и характеристик окружающей атмосферы. Он имеет синусоидальный генератор со сменными модулями, определяющими необходимую частоту. Значение тока регулируется от 0 до 0,5 А или от 0 до 5 А специальным переключателем с цифровыми отметками. Дефектоскоп работает от сети переменного тока (220/110 В, 50/60 Гц). Сигнал на телевизионном экране (размером 31 см) имеет вид пятна, кривой или эллипса. Размеры дефектоскопа 490 × 590 × 520 мм; масса — 50 кг. Экран условно разбит на 9 регулируемых зон,

положение которых регулируется для упрощения анализа изображения.

2.6. СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ ПО ГРУППАМ ГОДНОСТИ И ПО МАРШРУТАМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Результаты сортировки деталей на группы годных, негодных и требующих восстановления после статистической обработки дефектовочных ведомостей позволяют определить коэффициенты годности, сменности и восстановления.

Коэффициент годности k_r показывает, какая часть деталей данного наименования может быть использована при капитальном ремонте автомобиля или агрегата повторно без ремонтного воздействия:

$$k_r = n_r / N,$$

где n_r — число годных деталей; N — общее число деталей данного наименования, прошедших дефектацию.

Коэффициент сменности k_c показывает, какая часть деталей данного наименования при капитальном ремонте требует замены:

$$k_c = n_n / N,$$

где n_n — число негодных деталей.

Коэффициент восстановления k_b показывает, какая часть деталей данного наименования требует восстановления:

$$k_b = n_b / N,$$

где n_b — число деталей, требующих восстановления.

Знание маршрутных коэффициентов позволяет определять объем работ по каждому маршруту и планировать загрузку оборудования на участках восстановления. Маршруты восстановления разрабатываются заблаговременно. Впервые методика определения маршрутов восстановления была разработана проф. К. Т. Кошкиным.

Известно, что детали, требующие восстановления, имеют, как правило, не один дефект. Кроме того, дефекты

на деталях повторяются в определенных сочетаниях и подчиняются закономерностям, зависящим от конструктивной и технологической характеристик детали и условий эксплуатации. Поэтому сортировать детали необходимо с учетом действительно-го сочетания дефектов по маршрутам восстановления.

Маршрут восстановления определяют в отделе контроля сортировки при разбраковке деталей. На деталях отмечают дефектные участки и указывают номер маршрута. Маршрут должен предусматривать и технологическую взаимосвязь сочетаний дефектов со способами восстановления.

Организация восстановления деталей по технологическому процессу, отражающему наивыгоднейшую последовательность проведения различных операций по всему комплексу однотипных дефектов, входящих в маршрут, получила название маршрутной технологии. Состав маршрутов и их число по каждому наименованию деталей устанавливаются сочетанием однородных дефектов, присутствующих данной детали.

Каждая деталь может иметь несколько маршрутов восстановления, которые определяют в результате проведения специальных исследований.

Основные принципы, которыми руководствуются при разработке маршрутов, следующие:

1. Сочетание дефектов в каждом маршруте должно быть действительным (реально существующим). Действительные сочетания дефектов устанавливают в результате проведения специальных исследований.

2. Число маршрутов восстановления каждой детали должно быть минимальным. Большое число маршрутов усложняет организацию производства, увеличивает объем технологической документации, требует расширения складских помещений, затрудняет планирование и учет работы производственных участков. Поэтому число маршрутов по каждой детали должно быть в пределах 2 — 3, а

для сложных деталей — не более 5.

Уменьшить число маршрутов можно в результате объединения сочетаний дефектов, отличающихся между собой незначительными по трудоемкости устранения дефектами, в одно сочетание. Значительного сокращения числа маршрутов можно достигнуть и в результате включения в них дефектов, расположенных на взаимосвязанных поверхностях детали. Число маршрутов можно уменьшить также исключением маршрутов с редко встречающимися сочетаниями дефектов.

3. При формировании маршрутов необходимо учитывать применяемый способ восстановления. Если у чашки дифференциала изношено отверстие под шейку шестерни полуоси и принят способ восстановления гильзованием, при котором одновременно устраняют два дефекта (износ отверстия и износ торцевой поверхности), то в сочетание дефектов, подлежащих устранению, необходимо включить оба дефекта вне зависимости от того, имеется один из них или оба одновременно.

4. Восстановление детали по данному маршруту должно быть экономически целесообразным. Если затраты на восстановление детали, отнесенные к единице ее наработки, будут меньше соответствующих удельных затрат на изготовление детали, то восстановление детали по данному маршруту считается целесообразным.

Маршрутную технологию ремонта деталей разрабатывают в такой последовательности:

- устанавливают сочетание дефектов, входящих в каждый маршрут, определяют число маршрутов;

- определяют способы устранения отдельных дефектов по каждому маршруту. Поскольку один и тот же дефект детали в зависимости от характера имеющихся в ней других дефектов можно устранять разными способами, то в разных маршрутах могут быть различные способы устранения одного и того же дефекта. Выбор того

или иного способа должен быть экономически обоснован;

разрабатывают схему технологического процесса устранения каждого дефекта в отдельности, план технологических операций в наиболее рациональной последовательности их выполнения;

разрабатывают каждую операцию технологического процесса: назначают оборудование, приспособление, инструмент; рассчитывают режимы резания, нормы времени и устанавливают квалификацию рабочего.

Маршрутную технологию, в которой каждый маршрут предназначен для ремонта деталей одного наименования, называют подетальной. Подетальная маршрутная технология имеет следующие недостатки:

для ее разработки требуются большие затраты времени, так как для деталей каждого наименования приходится по 3 — 5 маршрутов;

для ее осуществления необходимо изготовить значительное число сложных приспособлений и инструментов, что неизбежно увеличивает сроки подготовки производства и повышает себестоимость ремонта деталей. По этой причине в ряде случаев использование высокопроизводительного оборудования и оснастки становится экономически нецелесообразным.

В связи с этим заслуживает внимания более прогрессивная система — групповая маршрутная технология, сущность которой заключается в следующем. Технологический процесс ремонта разрабатывают на группу технологически сходных деталей нескольких наименований, характеризующихся общностью способов ремонта, формой ремонтируемых поверхностей, общностью оборудования и оснастки, а также имеющих общую последовательность операций и переходов. Для разработки групповой маршрутной технологии детали всех наименований предварительно разбивают на классы и группы с учетом перечисленных признаков.

Рассмотрим следующий пример. Все ремонтируемые детали автомо-

биля ЗИЛ-130 могут быть разбиты на восемь классов:

I — корпусные детали;

II — ступицы, тормозные барабаны, крышки и корпуса подшипников, шкивы, чашки коробок дифференциалов;

III — коленчатые, ступенчатые, карданные, шлицевые, гладкие валы;

IV — диски, крышки, фланцы, планки, шайбы, специальные гайки;

V — кронштейны, шатуны, вилки, тяги, рычаги;

VI — детали из тонколистовой стали;

VII — арматура, крепежные детали;

VIII — прочие детали, требующие специальной оснастки.

В пределах каждого класса детали разбивают на 5 — 7 групп.

Так, детали I класса могут быть разбиты на группы следующим образом: 1 — блоки цилиндров с картером сцепления в сборе, картер сцепления; 2 — головка цилиндров двигателя, головка цилиндров компрессора; 3 — картер заднего моста; 4 — картер коробки передач, картер редуктора заднего моста, крышка подшипника дифференциала; 5 — корпус верхней секции масляного насоса, корпус масляных фильтров, корпус подшипников водяного насоса, картер рулевого механизма, картер компрессора, блок цилиндров компрессора в сборе; 6 — крышка картера коробки передач.

При групповой маршрутной технологии значительно возрастают требования к качеству дефектации и сортировки деталей. Контролер-дефектовщик должен определить не только дефекты деталей, но и правильно отнести деталь к определенной группе, после чего назначить номер маршрута. На складе детали, ожидающие ремонта, должны быть разложены по группам и маршрутам.

Применение групповой маршрутной технологии ремонта деталей позволяет:

сократить до минимума технологическую документацию;

широко использовать групповые и универсальные приспособления, предназначенные для обработки группы деталей с одинаковыми способами установки и закрепления (при этом значительно сокращается номенклатура необходимой очистки);

увеличить серийность обрабатываемых деталей (число деталей в партии).

Более высокой степенью унификации ремонта деталей по сравнению с групповой маршрутной технологией, является типизация технологических процессов. Типовым называется технологический процесс, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделия с общими конструктивными признаками.

Типовой технологический процесс ремонта предусматривает устранение всех основных дефектов в деталях данной группы (согласно принятой классификации). Для получения технологического маршрута ремонта деталей, предусматривающего устра-

нение части дефектов в определенном сочетании, из типового технологического процесса исключают отдельные операции, соответствующие отсутствующим дефектам. При необходимости может быть изменена также последовательность выполнения отдельных технологических операций. Типизация технологических процессов ремонта деталей облегчает и ускоряет технологическую подготовку производства, что в конечном итоге повышает его экономическую эффективность.

Технологический процесс ремонта детали оформляют в соответствии с требованием "Единой системы технологической документации (ЕСТД). Правила оформления документации на процессы механической обработки". Основным технологическим документом технологического процесса ремонта детали (как и разборки-сборки) является маршрутная карта. Как было отмечено, она полностью и однозначно определяет технологический процесс ремонта детали. В маршрутную карту должны быть также записаны контрольные операции.

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Надежность отремонтированных автомобилей в большой мере зависит от того, какими способами восстанавливают детали и как организовано это восстановление.

Выбор способа восстановления зависит от конструктивно-технологических особенностей и условий работы деталей, их износов, эксплуатационных свойств самих способов, определяющих долговечность отремонтированных деталей, и стоимости их восстановления.

При выборе способа восстановления крупногабаритных деталей, замена которых в процессе эксплуатации связана с длительными простоями автомобилей и требует использования подъемно-транспортного или другого оборудования, может найти применение балльная система оценки качества и эффективности процессов. Сущность балльной оценки состоит в том, что для каждого параметра, характеризующего способ восстановления деталей, устанавливают эталонное значение оценочного балла. При повышении или понижении значения оценочного параметра пропорционально изменяется балл.

Общая суммарная оценка в баллах для каждого способа восстановления

$$B_o = \sum_{i=1}^n (k_{\phi_i} / k_{э_i}) m_i,$$

где n — число оценочных параметров при аттестации; k_{ϕ_i} — фактическое значение оценочного параметра; $k_{э_i}$ — эталонное значение оценочного параметра; m_i — коэффициент значимости оценочного параметра.

При аттестации способов восстановления по проводимой методике необходимы опытно-статистические данные по показателям конкурирующих способов для конкретного ремонтного предприятия, на котором проводится это мероприятие. На стадии проектирования можно пользоваться показателями, приведенными в табл. 3.1.

Методика расчета оценочного балла включает следующие этапы: назначение конкурирующих способов восстановления для аттестуемой детали, выбор эталонного способа, расчет оценочных баллов для каждого из конкурирующих способов, сравнение полученных результатов и принятие решения.

Использование этой методики оценки требует достаточно правильного определения коэффициентов значимости каждого из показателей. Очевидно, значения коэффициентов значимости будут зависеть от предназначения способов, специализации ремонтных предприятий, метода организации производства, производственной программы.

Рассмотренные критерии и балльная оценка выражают техническую часть задачи без учета экономической целесообразности того или иного способа. Поэтому необходима еще оценка способов восстановления при помощи экономического критерия, определяемого стоимостью восстановления деталей.

Так как стоимость восстановления деталей во многом зависит от программы, необходимо установить число деталей, требующих ремонта.

Число одноименных деталей, подлежащих восстановлению,

$$D_k = P_{в.д} nML/\tau,$$

Т а б л и ц а 3.1. Характеристика способов восстановления деталей автомобилей на основании оценочных баллов

Оценочные показатели	Сварка ручная			Наплавка механизированная			
	электродуговая	газовая	аргонно-дуговая	в среде CO ₂	под слоем флюса	вибродуговая	в среде пара
Восстановление размера и посадки	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Восстановление свойств, характеризующихся коэффициентами:							
износостойкости	0,70	0,70	0,70	0,72	0,91	1,0	0,90
выносливости	0,60	0,70	0,70	0,90	0,87	0,62	0,75
сцепления	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
долговечности	0,42	0,49	0,49	0,63	0,79	0,62	0,69
Микротвердость, МПа	20,0	20,0	25,0	30—50	40—60	50—70	30—60

х

Продолжение табл. 3.1

Оценочные показатели	Электролитические покрытия		Клеевые композиции	Пластичное деформирование	Обработка под ремонтный размер	Постановка дополнительных деталей
	Хромирование	Осталивание				
Восстановление размера и посадки	Да	Да	Да	Да	Нет	Ограничено
Восстановление свойств, характеризующихся коэффициентами:						
износостойкости	1,67	0,91	—	1,0	0,95	0,90
выносливости	0,97	0,82	—	0,90	0,90	0,90
сцепления	0,82	0,65	—	1,0	1,0	1,0
долговечности	1,72	0,58	—	0,90	0,86	0,81
Микротвердость, МПа	80—130	30—70	—	—	—	—

где $P_{в.д.}$ — вероятность предельно изношенных деталей; $P_{в.д.} = 1 - P_{г.д.}$; $P_{г.д.}$ — вероятность

годных деталей; $P_{г.д.} = \int_0^{H_r} f(x)dx$;

H_r — предельное значение износа поверхности, при котором деталь пригодна к эксплуатации; $f(x)$ — функция плотности вероятности; n — число деталей одного наименования; M — число автомобилей одной модели, ремонтируемых в год; L — средний годовой пробег; τ — межремонтный срок службы автомобиля.

Исследования показывают, что распределение размеров изношенных деталей подчиняется нормальному закону или близко к нему. Тогда

формула определения вероятности годных деталей будет иметь вид

$$P_{г.д.} = \int_0^{H_r} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(H_i - a)^2}{2\sigma^2}} dH_i,$$

где a и σ — соответственно среднее значение и среднее квадратическое отклонение износа детали.

3.2. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Большинство деталей автомобилей, примерно 65 %, имеет износ до 0,15 мм и только 5 % деталей при вы-

ходе автомобилей в капитальный ремонт имеют износ более 0,5 мм. При ремонте автомобилей повторно после восстановления могут использоваться до 70 % изношенных деталей.

Ремонтное производство располагает достаточным числом способов, чтобы восстанавливать практически все изношенные и поврежденные детали, кроме резиновых, пластмассовых и деревянных. Выбор способа восстановления деталей во многом зависит от формы и износа рабочих поверхностей.

Наблюдается следующее распределение восстанавливаемых деталей в % к общему числу деталей автомобилей по форме изнашивающихся поверхностей:

Износы больших отверстий	7,7
" малых	31,0
" шеек валов и осей	11,5
" шпоночных канавок и шлицев	5,5
" фасонных поверхностей	10,3
" резьб	5,0
" и коробление плоскостей	18
Прочие износы	11
Итого:	100

Распределение деталей по износу рабочих поверхностей к общему числу деталей:

Износ, мм	0,01—0,07	0,07—0,14
% к общему числу ...	42,2	23,2
Износ, мм	0,28—0,35	0,35—0,42
% к общему числу ...	5	3,7
Износ, мм	0,14—0,21	0,21—0,28
% к общему числу ...	11,1	7,5
Износ, мм	0,42—0,49	свыше 49
% к общему числу ...	2,2	51

Многочисленность технологических способов, применяемых при восстановлении деталей, объясняется разнообразием дефектов, для устранения которых они применяются.

Характерными дефектами деталей являются: износ, который обуславливает нарушение размеров, формы и взаимного положения рабочих поверхностей; механические повреждения в виде остаточных деформаций, трещин, обломов, рисков, выкрашивания, пробоев; повреждения антикоррозионных покрытий, нанесенных окраской, гальваническими и химическими способами обработки. Большин-

ство деталей с такими дефектами в процессе ремонта должны быть восстановлены. Целью ремонта является восстановление следующих качеств детали:

- прочности;
- формы и размеров деталей;
- качества поверхностного слоя;
- шероховатости поверхности;
- защитных покрытий.

В результате высоких нагрузок, накопления усталости, деформаций и т. д. в детали или в конструктивном узле могут возникнуть дефекты в виде трещин. Наличие трещин снижает статическую и усталостную прочность деталей. Усталостная прочность снижается также при наличии глубоких забоин и царапин. Поэтому при восстановлении деталей необходимо вернуть прочностные свойства.

Детали, подверженные трению или нагреву, при эксплуатации теряют размеры, форму и взаимное расположение поверхностей. В этом случае при восстановлении следует вернуть деталям форму и размеры, заданные технической документацией.

Детали, подверженные ударам абразивных частиц, имеют дефекты в виде забоин, царапин, местных углублений и износов. Эти дефекты снижают качество поверхности, что обуславливается изнашиванием деталей в результате трения. Большинство деталей автомобилей и дорожных машин имеют изменения в поверхностных слоях вследствие коррозии, наклепа, внутренних изменений и структурных преобразований. При этом поражаются тонкие слои металла. Нарушение шероховатости поверхности и изменения в поверхностных слоях снижают прочностные характеристики детали. В таких деталях восстанавливают шероховатость поверхности и качество поверхностного слоя. Это достигается удалением поврежденных слоев металла с соблюдением требований к форме и размерам поверхностей.

Детали, работающие в агрессивной среде, при изготовлении защищают от коррозии специальными метал-

лическими, полимерными и другими покрытиями, которые в процессе работы постепенно разрушаются и начинают корродировать. Таким образом, при ремонте необходимо восстанавливать эти покрытия.

Восстановление геометрической формы и размеров деталей возможно при выполнении следующих технологических операций: наращивание поверхностных слоев материала вместо изношенного; пластическое деформирование для восстановления размеров изношенных участков детали; замена части детали и установка дополнительных элементов; удаление части материала после обработки ее поверхностных слоев. К операции по восстановлению физико-механических свойств материала деталей следует отнести устранение дефектов и упрочнение материала тем или иным видом обработки для ослабления вредного действия микрповреждений в наиболее ответственных участках деталей.

Технологические способы восстановления деталей можно представить в виде двух групп: способы нара-

щивания и способы обработки. К способам наращивания относятся способы, при которых изношенный материал детали компенсируют нанесением других материалов, в том числе и синтетических. К ним относятся сварка и наплавка, напыление, металлизация, пайка, нанесение электролитических металлопокрытий и полимерных материалов.

К способам обработки отнесены следующие технологические способы: обработки давлением, слесарно-механическая обработка, электрические способы обработки, упрочняющая обработка и т. д.

В табл. 3.2 приведены примеры различных способов, применяемых в технологии восстановления деталей.

Слесарно-механическая обработка применяется как самостоятельный способ ремонта деталей, а также при обработке деталей под ремонтные размеры и при постановке дополнительных ремонтных деталей. Кроме того, она является необходимой в ряде случаев при ремонте деталей другими способами.

Восстановление деталей пластиче-

Т а б л и ц а 3.2. Способы восстановления изношенных деталей

Способ	Примеры способа восстановления
Слесарно-механическая обработка	Шабровка, пропилка, притирка, фрезерование, шлифование, развертывание, штифтование, прогонка резьбы и т. д.
Пластическая деформация	Раздача, осадка, обкатывание, раскатывание, правка, вытяжка, высадка, электромеханическая обработка
Сварка (наплавка)	Электродуговая, электрошлаковая, под слоем флюса, в среде защитных газов, в среде водяного пара, вибродуговая, плазменная, лучевая (электронная, лазерная), электроконтактная, трением
Газометрическое напыление	Электродуговое, газопламенное, высокочастотное, плазменное и детонационное
Пайка	Твердыми, мягкими и алюминиевыми припоями
Электролитический	Хромирование, железнение, никелирование, меднение
Нанесение синтетических покрытий	Газопламенное, под давлением, прессованием, в псевдосжиженном слое
Электрическая обработка	Анодно-механическая, электрохимическая, электроконтактная, электроимпульсная
Упрочняющая обработка	Термическая, термомеханическая, химико-термическая, поверхностно-пластическим деформированием, суперфинишная
Покраска	Пневматическая, безвоздушная, окунанием, струйным обливом, в электростатическом поле

ской деформацией основано на использовании свойств металлов изменять под давлением внешних сил геометрическую форму и размеры без разрушения.

Восстановление деталей сваркой (наплавкой) заключается в том, что на изношенные поверхности деталей наплавляют металл, после чего их подвергают механической обработке. Кроме того, этот способ применяют при устранении на деталях механических повреждений (трещин, пробоин и т. д.).

Восстановление деталей газотермическим напылением заключается в том, что на подготовленную соответствующим образом поверхность детали при помощи специального аппарата напыляют сжатым воздухом или инертным газом расплавленный металл. После напыления деталь обрабатывают под требуемый размер.

Устранение дефектов пайкой представляет собой процесс, при котором соединение нагретых частей металла происходит в результате введения в зазор между ними расплавленного припоя.

Восстановление деталей электролитическим покрытием основано на осаждении металла на соответствующим образом подготовленную поверхность детали. Для ремонта изношенных деталей применяют хромирование и железнение (осталивание). Хромирование применяют так же, как защитно-декоративное покрытие деталей. Меднение и никелирование применяют как подслои при защитно-декоративном хромировании, а меднение еще применяют для защиты поверхностей деталей от цементации.

Синтетические материалы применяют для склеивания, ремонта изношенных деталей, выравнивания поверхностей кабин, кузовов, деталей оперения и других деталей перед окраской, при технических повреждениях. При помощи клеевых составов соединяют детали или части деталей из металлов и неметаллических материалов в различных сочетаниях меж-

ду собой. Этим способом ремонтируют детали, имеющие поломки и обломы. Склеивание используют также для получения неразъемных соединений деталей при сборке.

Места деталей, имеющие трещины, пробоины, вмятины, неровности, предварительно подготавливают, а затем заполняют клеевыми составами в виде паст. В некоторых случаях для увеличения прочности, детали повреждения заделывают стеклотканью, пропитанной клеевыми составами. Этим способом успешно заделывают трещины на стенках рубашки охлаждения головки и блока цилиндров двигателя, топливного бака и других корпусных и емкостных деталей.

Покрытия из пластмасс на поверхности изношенных деталей можно наносить различными способами: наплавлением на предварительно нагретую поверхность детали, заливкой в пресс-формах, окунанием в жидкие полимерные материалы и др. Синтетическими материалами могут быть покрыты отдельные поверхности или вся деталь.

Электрическая обработка основана на явлении разрушения металла при электрическом искровом разряде. Этот вид обработки может применяться в качестве самостоятельного способа восстановления изношенных и поврежденных деталей, а также как операции, связанные с подготовкой или окончательной обработкой деталей, восстановленных другими способами. Обрабатываемая деталь может быть изготовлена из любого металла или сплава; материалом для инструмента могут служить латунь, медь, чугуны, алюминий и его сплавы и др.

Упрочняющая обработка является одним из завершающих этапов восстановления деталей и имеет целью достижения заданных физико-механических свойств.

Покраска в процессе ремонта предназначается для защиты поверхности деталей от коррозии и придания деталям высоких эстетических качеств.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

4.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

Обработкой под ремонтный размер восстанавливают кинематические пары типа вал — втулка, поршень — цилиндр и т. п. Под ремонтный размер обычно обрабатывают наиболее сложную и дорогостоящую деталь пары, а вторую заменяют новой или восстановленной также до ремонтного размера. Данный способ позволяет восстановить геометрическую форму, требуемую шероховатость и параметры точности изношенных поверхностей деталей.

Различают ремонтные размеры регламентированные и нерегламентированные. Регламентированные ремонтные размеры и допуски на них устанавливает предприятие-изготовитель. Детали с регламентированными размерами выпускает промышленность. К ним относятся поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, тонкостенные вкладыши подшипников шеек коленчатого вала. Применительно к этим размерам ремонтные предприятия ремонтируют под соответствующие регламентированные (заранее установленные) ремонтные размеры сопряженные детали: цилиндры блока двигателя, отверстия в верхней головке шатуна, шейки коленчатых валов. В сопряженных деталях с такими размерами сохраняется класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Примером регламентированных ремонтных размеров являются размеры шеек коленчатых валов автомобильных двигателей, приведенные в табл. 4.1.

Нерегламентированными называют ремонтные размеры детали, установленные с учетом припуска на при-

Таблица 4.1. Номинальные и ремонтные размеры коренных и шатунных шеек коленчатых валов автомобильных двигателей

Размеры	Уменьшение диаметра, мм	Диаметр шеек, мм	
		коренных	шатунных

ЗМЗ-53 и ЗМЗ-66

Номинальный	—	70,00 ^{-0,013}	60,00 ^{-0,013}
Ремонтные:			
1-й	0,25	69,75 ^{-0,02}	59,75 ^{-0,013}
2-й	0,50	69,50 ^{-0,02}	59,50 ^{-0,013}
3-й	0,75	69,25 ^{-0,02}	59,25 ^{-0,013}
4-й	1,00	69,00 ^{-0,02}	59,00 ^{-0,013}
5-й	1,25	68,75 ^{-0,02}	58,75 ^{-0,013}
6-й	1,50	68,50 ^{-0,02}	58,50 ^{-0,013}

ЗИЛ-130, ЗИЛ-131

Номинальный	—	74,98 — 75,0	65,5 ^{-0,013}
Ремонтные:			
1-й	0,05	74,93—74,95	65,45 ^{-0,013}
2-й	0,30	74,68—74,70	65,2 ^{-0,013}
3-й	0,60	74,38—74,40	64,9 ^{-0,013}
4-й	1,00	73,98—74,00	64,5 ^{-0,013}
5-й	1,25	73,73—73,75	64,25 ^{-0,013}
6-й	1,50	73,48—73,50	64,00 ^{-0,013}
7-й	2,00	72,98—73,00	63,5 ^{-0,013}

ЯМЗ (все модели)

Номинальный	—	105,00 ^{-0,015}	85,00 ^{-0,015}
Ремонтные:			
1-й	0,25	104,75 ^{-0,015}	84,75 ^{-0,015}
2-й	0,50	104,50 ^{-0,015}	84,50 ^{-0,015}
3-й	0,75	104,25 ^{-0,015}	84,25 ^{-0,015}
4-й	1,00	104,00 ^{-0,015}	84,00 ^{-0,015}

Окончание табл. 4.1

Размеры	Уменьшение диаметра, мм	Диаметр шеек, мм	
		коренных	шатунных
5-й	1,25	103,75 ^{-0,015}	83,75 ^{-0,015}
6-й	1,50	103,50 ^{-0,015}	83,50 ^{-0,015}

ЗМЗ-24Д

Номинальный	—	64,000 — 63,978	58,000 — 57,987
Ремонтные:			
1-й	0,05	63,950 — 63,930	57,950 — 57,930
2-й	0,25	63,750 — 63,730	57,750 — 57,730
3-й	0,50	63,500 — 63,480	57,500 — 57,480
4-й	0,75	63,250 — 63,230	57,250 — 57,230
5-й	1,00	63,00 — 62,980	57,000 — 56,980
6-й	1,25	62,750 — 62,730	56,750 — 56,730
7-й	1,50	62,500 — 62,480	56,500 — 56,580

Москвич-412

Номинальный	—	59,960 — 59,937	51,993 — 52,012
Ремонтные:			
1-й	0,254	59,706 — 59,719	51,739 — 51,758
2-й	0,508	59,452 — 59,565	51,485 — 51,504
3-й	0,762	59,198 — 59,211	51,231 — 51,250
4-й	1,016	58,944 — 58,957	50,977 — 50,996

гонку детали "по месту". В этом случае ремонтируемую деталь обрабатывают лишь до получения правильной геометрической формы и требуемой шероховатости поверхности.

Примером может служить обработка рабочей фаски седла в головке цилиндров лишь до выведения следов износа, к которой затем "по месту" притирается клапан двигателя. Обработка деталей под ремонтные раз-

меры имеет следующие преимущества: увеличивается срок службы сложных и дорогих деталей; повышается качество ремонта.

Наряду с преимуществами этот способ имеет и недостатки. К ним относятся: ограничение взаимозаменяемости отремонтированных деталей, которое усложняет ремонт машин и, особенно, снабжение запасными частями из-за увеличения номенклатуры деталей; снижение износостойкости некоторых деталей после снятия поверхностного слоя металла.

4.2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ И ЧИСЛА РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

Значение и число регламентированных ремонтных размеров зависят от износа деталей за межремонтный период, от припуска на механическую обработку и от запаса прочности детали или глубины термической обработки ее поверхностного слоя.

Износ устанавливают обмером детали соответствующим инструментом. Припуск на обработку назначают с учетом характера обработки, типа оборудования, размера и материала детали. Задавая припуск на обработку, следует иметь в виду искажения геометрической формы детали, ее овальность и конусность. Припуск должен способствовать получению правильной геометрической формы изношенной поверхности детали после механической обработки, без наличия следов износа на ее рабочей поверхности.

Метод определения значения и количества ремонтных размеров для вала и отверстия был впервые разработан проф. В. В. Ефремовым. Если обозначить (рис. 4.1) через d_n и D_n соответственно размеры вала и отверстия по рабочему чертежу, d_{p1} и D_{p1} — первые ремонтные размеры вала и отверстия, $I_{\min}$ и $I_{\max}$ — минимальный и максимальный износ поверхности детали на сторону, а через z — припуск на механическую обработку на сторону, то первый ремонтный

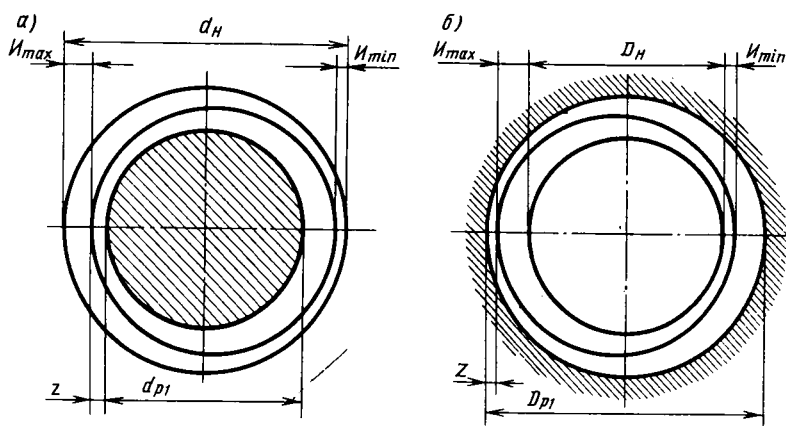


Рис. 4.1. Определение ремонтных размеров:
а—для вала; б—для отверстия

размер может быть определен по формулам:

для наружных цилиндрических поверхностей (валов)

$$d_{p1} = d_n - 2(I_{max} + z); \quad (4.1)$$

для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий)

$$D_{p1} = D_n + 2(I_{max} + z). \quad (4.2)$$

Припуск на механическую обработку зависит от вида обработки: при чистовой обточке и расточке он составляет 0,05 — 0,1 мм, при шлифовании 0,03 — 0,05 мм на сторону.

Определить неравномерный односторонний износ можно только одноконтактным измерительным прибором (индикатор и т. п.). В связи с тем что на производстве валы и втулки обычно измеряют двухконтактным инструментом (микрометром, индикатором-нутромером), для упрощения пользования формулами (4.1) и (4.2) в них вводят коэффициент неравномерности износа β , который равен отношению максимального одностороннего износа к износу на диаметр:

$$\beta = I_{max} / I. \quad (4.3)$$

При симметричном износе детали, когда $I_{max} = I_{min} = I / 2$, коэффи-

циент неравномерности износа $\beta = I_{max} / I = 0,5$. При одностороннем износе, когда $I_{min} = 0$, а $I_{max} = I$, коэффициент неравномерности износа $\beta = I_{max} / I = 1$.

Таким образом, значения коэффициента неравномерности износа могут изменяться в пределах от 0,5 до 1.

Для конкретных деталей значения этого коэффициента устанавливают опытным путем (табл. 4.2).

Найдя из уравнения (4.3) значения I_{max} и подставив его в выражения (4.1) и (4.2), получим:

$$d_{p1} = d_n - 2(\beta I + z); D_{p1} = D_n + 2(\beta I + z).$$

В этих формулах член $2(\beta I + z)$ называется межремонтным интервалом.

Следовательно, расчетные формулы для определения ремонтных размеров можно представить окончательно в следующем виде:

для наружных цилиндрических поверхностей (валов):

$$\begin{aligned} d_{p1} &= d_n - \gamma; \\ d_{p2} &= d_n - 2\gamma; \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ d_{pn} &= d_n - n\gamma; \end{aligned}$$

для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий):

$$D_{p1} = D_n + \gamma;$$

$$D_{p2} = D_n + 2\gamma;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

$$D_{pn} = D_n + n\gamma,$$

где n — число ремонтных размеров.

Число ремонтных размеров может быть найдено по формулам:

для валов

$$n_v = (d_n - d_{\min}) / \gamma;$$

для отверстий

$$n_{\text{отв}} = (D_{\max} - D_n) / \gamma,$$

где $d_{\min}$ — минимально допустимый диаметр вала, мм; $D_{\max}$ — максимально допустимый диаметр отверстия, мм.

Предельные значения диаметров $d_{\min}$ и $D_{\max}$ определяют по условиям прочности детали, из конструктивных соображений или исходя из минимально допустимой толщины слоя химико-термической обработки поверхности детали.

4.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Обработка под ремонтный размер широко практикуется при восстановлении изношенных поверхностей цилиндров или гильз цилиндров автомобильных двигателей (табл. 4.3). Технологический процесс включает в себя расточную и хонинговальную операции. Расточка проводится на вертикальных алмазно-расточных станках моделей 278, 278Н, 2А78Н и многошпиндельных полуавтоматах.

Базовыми поверхностями при установке блока для растачивания цилиндров служат нижняя привалочная плоскость и фаска в верхней части цилиндра. При установке гильз на расточку базовыми поверхностями служат наружный чисто обработанный поясok и верхний торец гильзы. Блок цилиндров устанавливают не-

Т а б л и ц а 4.2. Коэффициенты неравномерности износа деталей

Деталь	Изнашиваемая поверхность	β
Коленчатый вал	Коренные и шатунные шейки	0,75
Гильза цилиндров	Внутреннее отверстие гильзы	0,6
Валы коробки передач	Посадочные шейки подшипников	0
Картер коробки передач	Посадочные гнезда подшипников	0,9

посредственно на столе расточного станка, для установки гильзы используется приспособление (рис. 4.2), которое крепится на столе.

Эксцентриситет осей шпинделя и цилиндра не должен превышать 0,03 мм. Для предварительной центровки приспособления или блока цилиндров применяют шариковую оправку 4 (рис. 4.3), а погрешность центровки проверяют индикаторным центроискателем. Центрирование приспособления ведется по посадочному отверстию под гильзу, а блока цилиндров — по неизношенной поверхности растачиваемого цилиндра на глубине 3 — 4 мм от верхнего торца. Оправку в шпиндель устанавливают так, чтобы шаровой конец ее находился от диаметрально противоположной стороны резцовой головки на расстоянии в миллиметрах:

$$l = (d + D) / 2,$$

где d — диаметр резцовой головки, мм; D — диаметр цилиндра на глубине 3 — 4 мм от верхнего торца цилиндра, мм.

После проверки микрометром значения l оправку закрепляют и опускают шпиндель на указанную глубину в цилиндр. При вращении резцовой головки шаровой конец оправки скользит по образующей цилиндра и устанавливает деталь (приспособление) по оси шпинделя.

Точность центровки проверяют при помощи индикаторного приспособления (центроискателя) (см. рис. 4.3), колодка 2 которого ввинчивается в

Т а б л и ц а 4.3. Размеры гильз цилиндров двигателей

Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диаметр, мм
ЗМЗ-53, ЗМЗ-36, ЗМЗ-24Д				ЗИЛ-130, ЗИЛ-131				Москвич-412			
Номиналь- ный	А	—	92,000— 92,012	Номиналь- ный	А	—	100,06— 100,05	Номиналь- ный	А	—	82,05— 82,06
	Б		92,012— 92,924		АА		100,05— 100,04		В		82,04 — 82,05
	В		92,024— 92,036		Б		100,04— 100,03		С		82,03 — 82,04
	Г		92,036— 92,048		ББ		100,03— 100,02		Д		82,02 — 82,03
	Д		92,048— 92,060		В		100,02— 100,01		Е		82,01 — 82,02
					ВВ		100,01— 100,00				
Ремонтный:				Ремонт- ный:				Ремонтный:			
1-й	А	0,5	92,500— 92,512	1-й	Г	0,5	100,56— 100,55	1-й	А	0,5	82,55 — 82,56
	Б		92,512— 92,524		ГГ		100,55— 100,54		В		82,54 — 82,55
	В		92,524— 92,536		Д		100,54— 100,53		С		82,53 — 82,54
	Г		92,536— 92,548		ДД		100,53— 100,52		Д		82,52 — 82,53
	Д		92,548— 92,560		Е		100,52— 100,51		Е		82,51 — 82,52
					ЕЕ		100,51— 100,50				
2-й	А	1,0	93, 00— 93,012	2-й	Ж	1,0	101,06— 101,05	2-й	А	1,0	83,05 — 83,06
	Б		93,012— 93,024		ЖЖ		101,05— 101,04		В		83,04 — 85,05
	В		93,024— 93,036		И		101,04— 101,03		С		83,03 — 83,04
	Г		93,036— 93,048		ИИ		101,03— 101,02		Д		83,02 — 83,03
	Д		93,048— 93,060		К		101,02— 101,01		Е		83,01 — 83,02
					КК		101,01— 101,00				

Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диаметр, мм	
3-й (кроме ЗМЗ-24Д)	А	1,5	93,500—	3-й	Л	1,5	101,56—		—		—	
			93,512				101,55					
			93,512—		ЛЛ		101,55—					
			93,524				101,54					
	В		93,524—		М		101,54—					
			93,536				101,53					
	Г		93,536—		ММ		101,53—					
			93,548				101,52					
	Д		93,548—		Н		101,52—					
			93,560				101,51					
					НН		101,51—					
							101,50					

Примечание. В таблице применяется сокращение РГ — размерная группа.

торец резцовой головки шпинделя. Упор брычага подводят к зеркалу цилиндра на глубине 3 — 4 мм, положение рычага 3 фиксируется винтом 1 и гайкой 5. Шкалу индикатора устанавливают на "0" и поворотом шпинделя на один оборот определяют по-

грешность центрирования. При необходимости корректируют положение детали.

Вылет l_1 резца регулируют (рис. 4.4) при помощи винта 1 с лимбом, ввинчиваемого в торец резца 2.

Расстояние l_1 в миллиметрах от

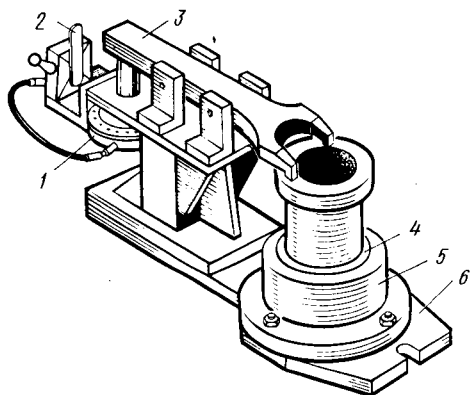


Рис. 4.2. Приспособление для установки и крепления гильз:
1—пневматический привод; 2—кран управления; 3—рычаг; 4—центрирующее кольцо; 5—корпус; 6—основание

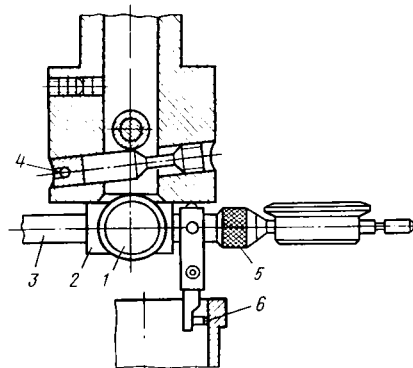


Рис. 4.3. Резцовая головка станка 2А78Н с приспособлениями для центрирования гильз:
1—винт; 2—колодка; 3—рычаг; 4—шариковая оправка; 5—гайка; 6—упор рычага

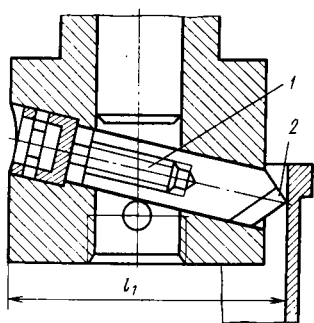


Рис. 4.4. Регулировка винта резца

вершины резца до диаметрально противоположной стороны резцовой головки

$$l_1 = (d + D_1) / 2,$$

где D_1 — диаметр цилиндра, под который должно быть произведено растачивание, мм.

Положение резца фиксируют стопорным винтом.

Режим резания должен обеспечить следующее: выполнение требований чертежа по шероховатости зеркала цилиндра, точности размера, формы и расположения, наивысшую производительность и минимальную себестоимость работы. Режимы резания при растачивании приведены в табл. 4.4.

При растачивании цилиндров блока следят за сохранением расстояний между осями цилиндров и перпендикулярностью осей цилиндров к оси коленчатого вала. Отклонение от перпендикулярности допускается не более 0,05 мм на всей длине цилиндра. При растачивании гильз цилиндров следят за толщиной стенок гильзы. Разница в толщине стенок гильзы, измеренных по посадочным поясам в вертикальной плоскости, не должна превышать 0,06 мм.

Проектирование расточной операции начинается с расчета припуска на растачивание. Для этого находят максимальный размер изношенного отверстия $D_{и}$ и устанавливают диаметр ближайшего ремонтного размера D_{pp} . Припуск на растачивание

$$z = D_{pp} - D_{и} - z_x,$$

где z_x — припуск на хонингование, равный 0,03 — 0,05 мм.

Затем определяют глубину резания t с учетом рекомендации табл. 4.4 и назначают число проходов i ; выбирают нормативную подачу s (см. табл. 4.4) и уточняют ее по паспорту станка s_{ϕ} ; принимают нормативную скорость резания v и рассчитывают частоту вращения шпинделя:

$$n_p = 1000v / (\pi D_p),$$

где D_p — диаметр растачиваемого отверстия, мм.

Уточняют значение частоты вращения шпинделя по паспорту станка n_{ϕ} и рассчитывают длину рабочего хода шпиндельной бабки:

$$L_{p.x} = l + l_1 + l_2,$$

где l — длина цилиндра по чертежу, мм; l_1, l_2 — соответственно длина врезания и перебега резца, мм; $l_1 + l_2 = 3 \div 5$ мм.

Рассчитывают машинное время в минутах:

$$t_m = [L_{p.x} / (n_{\phi} s_{\phi})] i.$$

Доводку цилиндров выполняют на вертикально-хонинговальных или вертикально-сверлильных станках специальными хонинговальными головками 3 (рис. 4.5) с подачей охлаждающей жидкости 1 в зону трения. На головке по окружности установлены четыре, пять или шесть сменных мел-

Т а б л и ц а 4.4. Режимы резания при растачивании гильз цилиндров под ремонтный размер

Обрабатываемый чугун	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/об	Скорость резания v , м/мин	Материал инструмента
НВ 170-229	0,1—0,15	0,05—0,10	100—120	ВКЗМ
НВ 229-269	0,1—0,15	0,05—0,10	80—100	ВКЗМ

козернистых абразивных брусков 2. Головка, соединенная с хвостовиком 5 через шарнир 6, закрепляется в шпинделе станка. При хонинговании головка с абразивными брусками совершает вращательное и возвратно-поступательное движение по стенкам цилиндра (см. стрелки). На необходимый размер бруски разжимают вручную при помощи кольца подачи 4.

На современных хонинговальных головках для разжатия брусков используют гидравлические и пневматические приводы. По мере снятия металла и изнашивания брусков при ручном механическом приводе радиальная подача выполняется автоматически спиральной пружиной, а при пневматическом приводе бруски автоматически прижимаются с постоянным усилием.

В качестве охлаждающей жидкости при хонинговании используют керосин или смесь керосина (80—90 %) с машинным маслом. Ее обильно подают в цилиндр в течение всего процесса. Чтобы обеспечить высокую точность геометрических размеров, ход головки устанавливают таким, чтобы абразивные бруски выходили за верхний и нижний края цилиндра на 0,2—0,3 их длины (рис. 4.6).

Основными параметрами режима резания при хонинговании являются: скорость вращения хонинговальной головки в метрах в минуту (м/мин)

$$v = \pi D n / 1000,$$

где D — диаметр обрабатываемого отверстия, мм; n — частота вращения хонинговальной головки, мин^{-1} ;

скорость возвратно-поступательного движения головки в метрах в минуту

$$v_{в.п} = 2Ln_2 / 1000,$$

где n_2 — число двойных ходов хонингования головки в 1 мин; L — длина рабочего хода хонинговальной головки, мм; $L = l_{отв} + 2l_{пер} - l_{бр}$;

соотношение между скоростями вращательного и возвратно-поступательного движения хонинговальной головки $\lambda = v / v_{в.п}$.

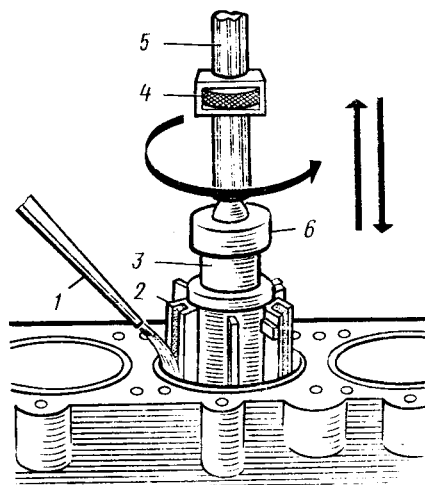


Рис. 4.5. Схема процесса хонингования цилиндра блока

Одним из путей повышения технико-эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания является формирование на цилиндрах при их обработке под ремонтный размер микропрофиля, который представляет собой чередующиеся плоские выступы с углублениями для размещения смазки. Такой процесс

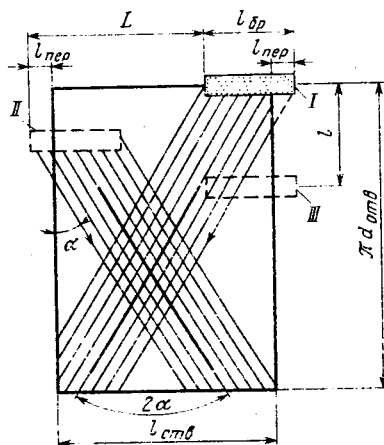


Рис. 4.6. Развертка сетки следов обработки при хонинговании цилиндра блока:

L — ход хонинговальной головки; $l_{отв}$ — длина цилиндра; $l_{бр}$ — длина абразивного бруска хонинговальной головки; $l_{пер}$ — переборг абразивных брусков за края цилиндра; α — угол подъема следа; 2α — угол скрещивания следов; I, II, III — последовательные положения бруска за один двойной ход

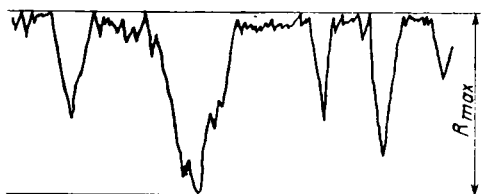


Рис. 4.7. Профиль участка гильзы при плоско-
вершинном хонинговании

называется плосковершинным хонингованием. При этом увеличиваются маслосъемность и опорная площадь обработанной поверхности, в результате сокращается время приработки, уменьшается расход масла, повышается износостойкость цилиндров, увеличивается ресурс двигателей.

В Институте сверхтвердых материалов АН Украины разработана технология производства гильз цилиндров со специальным профилем обработанной поверхности с использованием алмазных хонинговальных и специальных антифрикционных брусков.

Неровности микропрофиля формируются на операции предварительного хонингования алмазными бруска-

ми зернистостью 125/100 — 250/200 на металлической связке. Затем они притупляются алмазными брусками меньшей зернистости на эластичной, каучукосодержащей связке Р11. При этом на внутренней поверхности гильзы формируется микрорельеф, состоящий из участков с малой высотой микронеровностей ($R_a = 0,5 \div 1,0$ мкм) — "плато" и впадин — рисок, глубина которых в 3 — 8 раз больше, чем высота микронеровностей на "плато" (рис. 4.7).

Бруски на каучукосодержащей связке обладают локальной эластичностью, т. е. алмазные зерна, находящиеся на поверхности брусков, погружаются в связку под действием сил микрорезания и выступают из нее при отсутствии нагрузки (например, когда зерно расположено над впадиной исходного микропрофиля). Это позволяет при обработке делать края рисок микропрофиля овальными, без заусениц.

Маслосъемность такой поверхности весьма велика. В результате заполнения рисок маслом уменьшается трение, снижается вероятность появле-

Т а б л и ц а 4.5. Характеристика инструмента и параметры обработки при плосковершинном хонинговании

Чугун	Хонингование	Бруски		Параметры обработки				
		Марка	Связка	Скорость движения, м/мин		Давление, кПа	Операционное время, с	Стоимость комплекта брусков, штук гильз
				вращательного	возвратно-поступательного			
Закаленный, $HRC \geq 40$	Предварительное	АС20 (АС 320) 160/125 или 200/160	МС1 М08-4	40—60	10—15	40—150	Зависит от снимаемого припуска	3000—8000
	Окончательное	АСМ 20/14 или 28/20	МС1	40—60	10—15	40—80	25—30	3000—4000
Нетермообработанный НВ 180—255	Предварительное	АС15 (АС20) 125/100 или 160/125	МС, М08-4	40—60	10—15	40—150	Зависит от снимаемого припуска	4000—9000
	Окончательное	АСМ 14/10 или 20/14	МС1	40—60	10—15	40—80	20—25	4000—5000

ния задиров и возникновения схватывания гильз с поршнями и поршневыми кольцами. 4

При хонинговании антифрикционными брусками риски на поверхности детали частично заполняются менее твердыми металлами, антифрикционными веществами, входящими в состав хонинговальных брусков. Наличие на поверхности гильзы (в рисках и частично на "плато") менее твердых металлов и антифрикционных материалов улучшает антифрикционные свойства детали.

Оптимальный микропрофиль плосковершинной поверхности определяется следующими параметрами:

Ширина впадин, мкм	10 — 100
Глубина впадин, мкм	3,0 — 7,0
Глубина рисок на "плато", мкм ...	0,1 — 1,0
Шероховатость гильз цилиндров в зоне верхней мертвой точки (в. м. т.), мкм	0,6 — 1,0
Шероховатость гильз в зоне нижней мертвой точки (н. м. т.), мкм ..	0,5 — 0,7
Угол наклона рисок к образующей гильзы, град	55 — 65
Относительная опорная длина профиля на уровне, равном 1 мкм, %	50 — 80

Процесс антифрикционного плосковершинного хонингования рекомендуется выполнять в две операции. Возможно хонингование данным способом и в три операции. Обрабатываемый материал, характеристика инструмента и режимы представлены в табл. 4.5.

Преимущества антифрикционного плосковершинного хонингования:

исключаются прихваты поршневых колец, задир, улучшается и сокращается время приработки цилиндра-поршневой группы;

снижаются механические потери, увеличивается частота вращения коленчатого вала на 200 — 500 об/мин; увеличивается эффективная мощность;

стабилизируется и снижается расход масла на 0,1 — 0,2 % от расхода топлива;

снижается удельный расход топлива на 1,5 — 2,0 г/л. с.ч;

увеличивается долговечность двигателей на 30 — 40 %.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ

5.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) применяют для компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части детали. В первом случае ДРД устанавливают непосредственно на изношенную поверхность детали. Этим способом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения в картерах коробок передач, задних мостов, ступицах колес, отверстия с изношенной резьбой и другие детали.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, пластины, резьбовой втулки или спирали (рис. 5.1).

Если на детали сложной формы изношены отдельные ее поверхности, то ее можно восстановить полным удалением поврежденной части и постановкой вместо нее заранее изготовленной дополнительной детали. Этот способ применяют при восстановлении крышек коробок передач, блоков шестерен, ведущей шестерни коробки передач, кузовов и кабин автомобилей и других деталей (рис. 5.2). Дополнительные ремонтные детали обычно изготавливают из того же материала, что и восстанавливаемая деталь. При восстановлении посадоч-

ных повреждений в чугунных деталях втулки могут быть изготовлены также из стали.

Преимуществом восстановления деталей постановкой ДРД является простота технологического процесса и применяемого оборудования. Недостатки — большой расход материала на изготовление дополнительной ремонтной детали, а также снижение механической прочности восстанавливаемой детали.

Разновидностью способа ДРД является пластинирование — способ облицовки рабочих поверхностей деталей машин тонкими износостойкими легкосменяемыми пластинами. Областью его применения является производство и ремонт машин, имеющих детали с интенсивно изнашивающимися поверхностями в виде гладких замкнутых и разомкнутых цилиндрических и конических отверстий, а также плоских поверхностей.

Виды пластинирования деталей машин показаны на рис. 5.3.

Базой для объединения различных технологий пластинирования в виды по эксплуатационно-ремонтным признакам является цель, достигаемая при помощи пластинирования в процессе эксплуатации и ремонта машины. По этим признакам различают износостойкое (ресурсоувеличивающее), восстановительное (ресурсо-

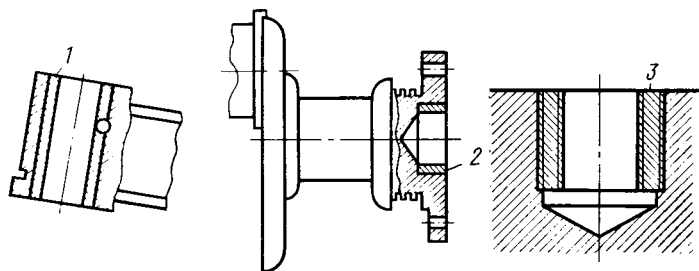


Рис. 5.1. Дополнительные ремонтные детали (ДРД):
1 и 2 — втулки; 3 — ввертыш

восстанавливающее) и регулировочное пластинирование.

Износостойкое пластинирование применяют для увеличения ресурса деталей, повышения их ремонтпригодности, для компенсации износов сопряженных деталей. Восстановительное пластинирование позволяет неоднократно восстанавливать ресурс деталей, как не подвергавшихся ранее пластинированию, так и уже пластинированных деталей. Регулировочное пластинирование применяется для получения требуемых зазоров и натягов в сопрягаемых деталях в результате подбора при сборке толщины регулировочных прокладок. Регулировочным пластинированием можно также компенсировать износ деталей.

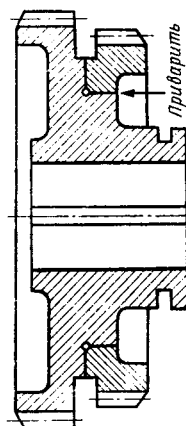


Рис. 5.2. Применение ДРД при восстановлении блока шестерен

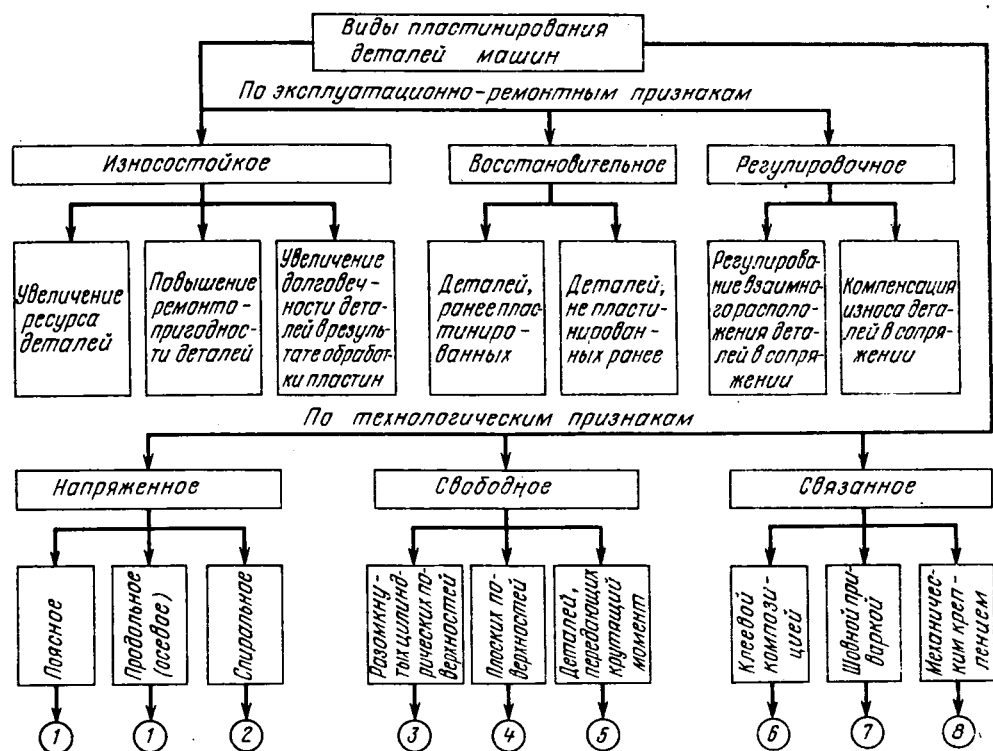


Рис. 5.3. Виды технологических методов пластинирования поверхностей деталей машин:

1 — внутренние цилиндрические и конические поверхности; 2 — внутренние и наружные цилиндрические и конические поверхности; 3 — постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания (ДВС); 4 — направляющие станин металлорежущих станков, опорные плоскости шестерен и сателлитов; 5 — пакеты жестких пластин бортовых фрикционов гусеничных машин; 6 — внутренние поверхности цилиндрических отверстий; 7 — гладкие валы; 8 — направляющие станин металлорежущих станков, упругие пластины в сцеплениях колесных машин

Технологические признаки учитывают сходство формы и процессов обработки пластин, а также способы установки их на рабочую поверхность. По способам установки пластин на рабочую поверхность пластинирование бывает напряженным, свободным и связанным.

Напряженным пластинированием называется способ, при котором пластину перед установкой на поверхность детали обжимают и устанавливают на деталь в напряженном состоянии. Фиксация пластины производится в результате действия сил трения. Напряженное пластинирование делится на поясное, продольное (осевое) и спиральное.

Поясное пластинирование предусматривает установку на внутренние цилиндрические и конические поверхности отверстий одной или нескольких пластин — поясов, расположенных перпендикулярно к образующей отверстия. В случае применения нескольких поясов стыки их концов располагаются вдоль образующей под углом: при двухпоясном пластинировании — 180° , при трехпоясном —

120° , при четырехпоясном — 90° . Формы пластин, применяемых для поясного пластинирования, показаны на рис. 5.4, а. Поясным пластинированием можно восстанавливать гильзы цилиндров и цилиндры автомобильных двигателей, цилиндры автомобильных компрессоров, тормозные цилиндры гидравлической тормозной системы автомобилей.

Продольное или осевое пластинирование применяется для восстановления внутренних поверхностей длинных отверстий, в которых затруднительно использовать поясное пластинирование из-за большого числа поясов. При продольном пластинировании стыки пластин располагаются только вдоль оси отверстия. Комплект пластин для сохранения продольной устойчивости вводят в отверстие вместе с поддерживающей оправкой. Наружный диаметр свернутого комплекта пластин должен быть больше внутреннего диаметра отверстия детали на размер натяга. Формы пластин, применяемых для продольного пластинирования, показаны на рис. 5.4, б. Данным способом можно восстанавливать гидроцилиндры опрокидывающих устройств автомобилей-самосвалов.

Спиральное пластинирование заключается в том, что на внутреннюю или наружную поверхность детали устанавливают по винтовой линии тонкую стальную пластину, имеющую форму удлиненного параллелограмма. При этом витки спирали располагаются под углом к плоскости, перпендикулярной к оси цилиндра. Для удержания пластины требуется дополнительное крепление. Пластины для спирального пластинирования показаны на рис. 5.4, в. Этот способ целесообразно использовать для восстановления цилиндрических деталей, длина которых более чем в 4 раза превышает их диаметр, например, для восстановления гидросиловых цилиндров, а также валов с неограниченными размерами.

Свободным пластинированием называется способ, при котором пла-

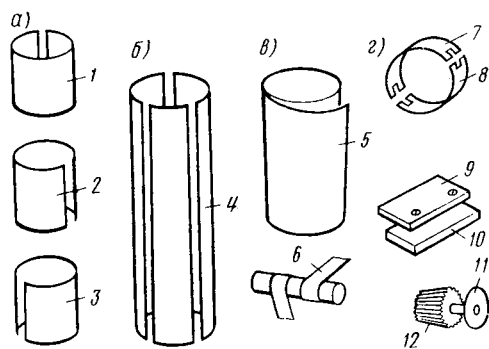


Рис. 5.4. Формы пластин при различных видах пластинирования деталей машин:

1, 2 и 3 — разновидности поясов, изготовленных из пластин; 4 — пластины, подготовленные для продольного пластинирования внутренних цилиндрических поверхностей; 5 и 6 — спирали, предназначенные для облицовки соответственно внутренних и наружных цилиндрических поверхностей; 7 и 8 — пластины для пластинирования разомкнутых цилиндрических поверхностей; 9 и 10 — соответственно плоская пластина и деталь, подлежащая облицовке; 11 и 12 — облицовочная пластина и деталь, предназначенная для передачи крутящего момента

стина устанавливается свободно и удерживается на ней в результате конструкции детали и формы пластины. Формы пластин для свободного пластинирования показаны на рис. 5.4, г. Данным способом можно восстанавливать постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания, регулирующих прокладок в зацеплениях главных передач ведущих мостов автомобилей.

Связанное пластинирование предусматривает применение дополнительных средств крепления пластин — приварки, приклеивания или установки механических стопоров. Пластины при этом можно устанавливать поясами, продольно или спирально.

5.2. СПОСОБЫ КРЕПЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Дополнительные ремонтные детали обычно крепятся посадкой и натягом. В отдельных случаях могут быть использованы дополнительные крепления приваркой по торцу, приклеиванием или постановкой стопорных винтов или штифтов. Чтобы обеспечить прочную посадку ДРД в виде втулок, сопрягаемые поверхности детали и втулки обрабатывают по допускам посадки Н7/у6 второго класса точности. Шероховатость поверхности должна быть не менее $Ra=1,25 \div 0,32$ мкм. При запрессовке втулок сопрягаемые поверхности рекомендуется покрывать смесью машинного масла и графита.

Необходимое усилие запрессовки в ньютонах

$$F=10^{-6}f\pi dLp,$$

где f — коэффициент трения при запрессовке ($f \approx 0,08 - 0,1$); d — диаметр контактирующих поверхностей, мм; L — длина запрессовки, мм; p — давление на поверхности контакта, Па.

Диаметр контактирующих поверхностей можно определить по формулам:

$$\text{для вала } d=d_{н.о}-2\delta;$$

$$\text{для втулки } d=d_{в.о}+2\delta,$$

где $d_{н.о}$ и $d_{в.о}$ — соответственно нижнее и верхнее предельные отклонения вала и втулки; δ — толщина втулки.

Минимально допустимая толщина втулки определяется из условия прочности

$$\delta=pnd / \{2[\sigma]\},$$

где n — запас прочности; $n=\sigma_T / [\sigma]$; σ_T — предел текучести для материала втулки, Па; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение, Па.

К расчетной толщине втулки δ прибавляется припуск на механическую обработку втулки после ее запрессовки.

Контактное давление между деталями в паскалях

$$p=10^{-3} \cdot \Delta / \{d(C_1 / E_1 + C_2 / E_2)\},$$

где Δ — максимальный расчетный натяг, мкм; C_1, C_2 — коэффициенты соответственно охватываемой и охватывающей детали; E_1 и E_2 — модули упругости материала соответственно охватываемой и охватывающей детали, Па;

$$C_1=(d^2+d_0^2)/(d^2-d_0^2)-\mu_1;$$

$$C_2=(D^2+d^2)/(D^2-d^2)-\mu_2;$$

где d_0 — диаметр отверстия охватываемой детали (для вала $d_0=0$), мм; D — наружный диаметр охватывающей детали, мм; μ_1, μ_2 — коэффициенты Пуассона соответственно для охватываемой и охватывающей детали.

Значения C_1 и C_2 , найденные с учетом коэффициентов Пуассона μ_1 и μ_2 охватывающей и охватываемой деталей, приведены в табл. 5.1.

При использовании тепловых методов сборки (рис. 5.5) температура нагрева охватывающей детали определяется по эмпирической формуле

$$t_n=k / k_a(0,015 / d_1+0,001), \quad (5.1)$$

где k — коэффициент, учитывающий частичное охлаждение детали при сборке ($k=1,15 - 1,30$); k_a — коэффициент линейного расширения материала охватывающей детали, мм / (м · град); d_1 — диаметр отверстия охватывающей детали, мм.

Для стальных деталей с учетом коэффициента линейного расширения формула (5.1) принимает вид

$$t_n=k(1350/d_1+90).$$

Т а б л и ц а 5.1. Значения коэффициентов C_1 и C_2

d_0/d — для C_1 d/D — для C_2	C_1			C_2		
	Сталь	Бронза	Чугун	Сталь	Бронза	Чугун
0,00	0,70	0,67	0,75	1,30	1,33	1,25
0,10	0,72	0,69	0,77	1,32	1,35	1,27
0,20	0,78	0,75	0,83	1,38	1,41	1,38
0,30	0,89	0,86	0,94	1,49	1,52	1,44
0,40	1,08	1,05	1,13	1,68	1,71	1,63
0,45	1,21	1,18	1,26	1,81	1,84	1,76
0,50	1,37	1,34	1,42	1,95	2,00	1,92
0,55	1,57	1,54	1,62	2,17	2,20	2,12
0,60	1,83	1,80	1,88	2,43	2,46	2,38
0,65	2,17	2,14	2,22	2,77	2,80	2,72
0,70	2,62	2,59	2,67	3,22	3,25	3,17
0,75	3,28	3,25	3,33	3,84	3,87	3,79
0,80	4,25	4,22	4,30	4,85	4,88	4,80
0,85	5,98	5,95	6,03	6,58	6,61	6,53
0,90	9,23	9,20	9,28	9,83	9,86	9,78
0,925	12,58	12,56	12,63	13,18	13,21	13,13
0,95	18,70	18,67	18,75	19,30	19,33	19,25
0,975	38,70	38,67	38,75	39,30	39,33	39,25
0,990	98,70	98,67	98,75	99,30	99,33	99,25

Температура охватывающей детали после нагрева

$$t_{к.н} = t_n + t_{нач},$$

где $t_{нач}$ — начальная температура детали.

Температура охлаждения охватываемой детали

$$t_o = 10^3 \cdot k(\Delta + s) / (k_a d_2),$$

где s — минимальный гарантированный зазор, мкм; d_2 — диаметр охватываемой детали, мм.

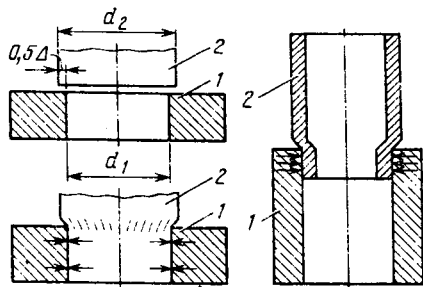


Рис. 5.5. Последовательность схем соединений с нагревом охватывающей (1) или охлаждением охватываемой (2) детали

Т а б л и ц а 5.2. Значения минимальных зазоров s при использовании тепловых методов сборки

Время выполнения операции, мин	Минимальный зазор s , мкм, при диаметре поверхности сопряжения, мм					
	30 — 40	40 — 60	60 — 100	100 — 150	150 — 200	Более 200
0,5	0,6d	—	—	—	—	—
1	0,7d	0,7d	—	—	—	—
2	—	1,1d	0,7d	0,6d	0,5d	—
5	—	—	1,1d	0,8d	0,7d	0,6d
10	—	—	—	—	0,8d	0,7d

Конечная температура охлажденной охватываемой детали $t_{к.о} = t_{нач} - t_o$.

Значения минимального зазора, позволяющего легко ввести охватываемую деталь в отверстие, приведены в табл. 5.2.

Для бронзовых тонкостенных втулок длиной до $2d$ зазор, определенный по данным табл. 5.2, увеличивают на 25 — 30 %.

5.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Особенности технологии восстановления постановкой дополнительной ремонтной детали рассмотрим на примере восстановления резьбовых отверстий корпусных деталей автомобилей и гильз цилиндров автомобильных двигателей.

Применяют следующие способы ремонта резьбовых отверстий (рис. 5.6).

Два из указанных способов предусматривают использование дополнительной ремонтной детали — установку свертыша и установку спиральной вставки.

Резьбу под номинальный размер заменой части детали свертышем ремонтируют довольно часто. Обычно для свертышей используют мало- и среднеуглеродистую сталь, марка которой не зависит от материала ремонтируемой детали, в которой находится отверстие.

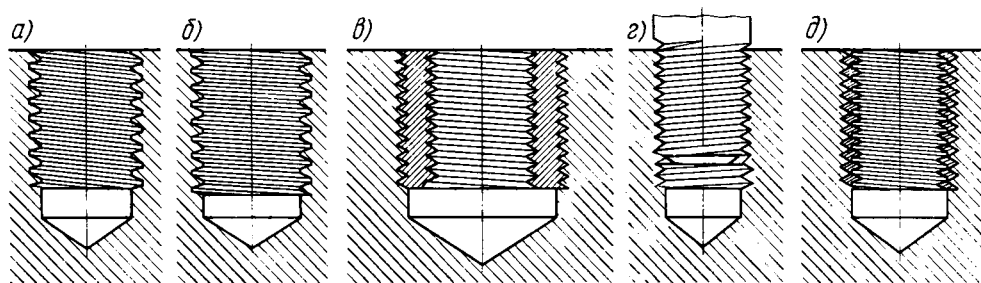


Рис. 5.6. Способы ремонта резьбовых соединений:

а — заварка отверстий с изношенной резьбой с последующим нарезанием резьбы номинального размера; б — нарезание резьбы увеличенного размера (под ремонтный размер); в — установка свертыша; г — стабилизация резьбовых соединений полимерной композицией; д — установка спиральной вставки

Наружный диаметр свертыша в миллиметрах

$$D = d \sqrt{\sigma_{1в} / \sigma_{2в}},$$

где d — наружный диаметр резьбы болта; $\sigma_{1в}$ — предел прочности материала болта; $\sigma_{2в}$ — предел прочности материала корпуса.

Свертыш может иметь прорези для специального ключа, при помощи которого он монтируется в предварительно нарезанное отверстие детали. Для предотвращения от отвертывания свертыши крепят стопорными шпильками или приклеивают эпоксидным компаундом.

Основные типы свертышей показаны на рис. 5.7.

Восстановление резьбовых отверстий постановкой свертышей имеет следующие преимущества: позволяет восстанавливать сильно изношенные отверстия корпусных деталей под номинальный размер; не нарушает термообработку деталей, так как не требуется их нагревать; дает хорошее качество восстановленного отверстия.

Недостатки данного способа: высокая трудоемкость и сложность ремонта, невозможность применения, если конструкция детали не позволяет увеличивать отверстие.

Восстановление резьбовых отверстий постановкой вставки имеет следующие преимущества: повышается прочность резьбового соединения в результате более равномерного распределения нагрузки по виткам; появляется возможность восстано-

вления под номинальный размер резьбовых отверстий в тонкостенных деталях; понижается износ резьбовой поверхности при частом заворачивании и отвинчивании; улучшается восприятие динамических нагрузок, увеличивается срок службы соединения.

Спиральная вставка (рис. 5.8) представляет собой пружину из ромбической проволоки, наружная поверхность которой образует резьбовое соединение с корпусом (блоком),

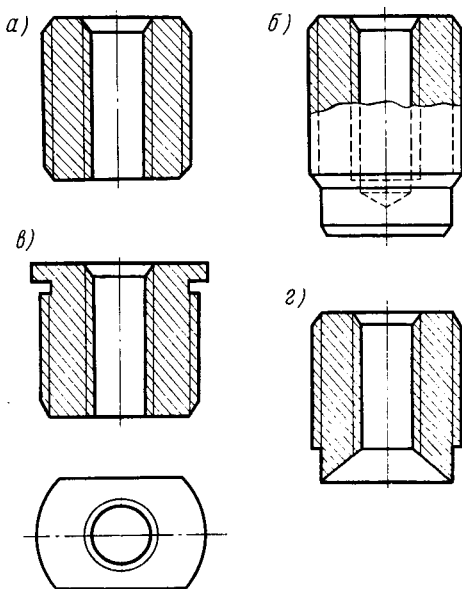


Рис. 5.7. Основные типы свертышей:

а — прямой открытый; б — прямой закрытый; в — прямой открытый с буртиком под ключ; г — ступенчатый (под развальцовку одного конца)

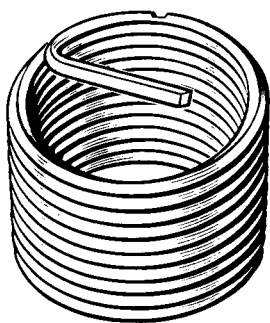


Рис. 5.8. Спиральная вставка

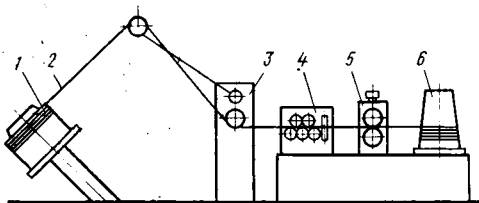


Рис. 5.9. Волоочильный стан для получения ромбической проволоки:
1 — установочный барабан; 2 — проволока; 3 — устройство для аварийной остановки стана; 4 — правильное устройство; 5 — роликовая волока; 6 — приемный барабан

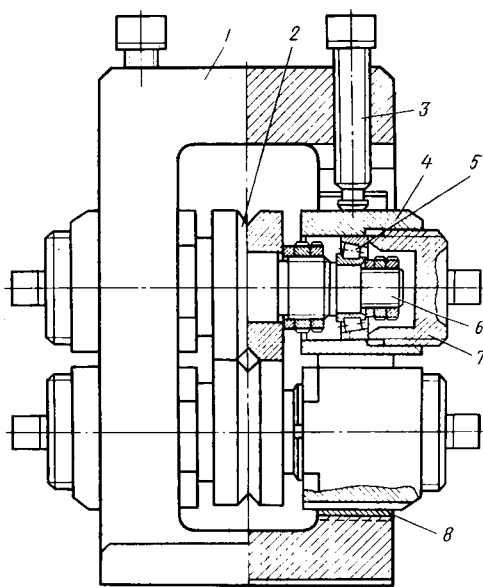


Рис. 5.10. Роликовая волока

а внутренняя — со шпилькой или болтом.

Проволоку ромбического сечения для резьб с шагом 0,8...3,5 мм получают волочением на стане ВФР-4 (рис. 5.9), оборудованном специальной роликовой волокой. Годовая производительность стана 640 т проволоки, что обеспечивает выпуск 50 млн. вставок. Роликовая волока (рис. 5.10) состоит из корпуса 1, в котором помещаются рабочие ролики 2 из легированной стали марок 9Х, 9ХС, ШХ15, 12М, Х12Ф с нарезанными на них калибрами, являющиеся деформирующим инструментом. Твердость рабочей поверхности роликов составляет 60 — 62 HRC. Ролики жестко смонтированы на осях 6, которые вращаются в конических подшипниках 5, установленных в подушках 4. На внутренней поверхности подушек выполнена резьба, в которую ввинчиваются гайки 7 для жесткой фиксации оси роликов, а на наружной — лапки для установки относительно корпуса волоки. Осевая регулировка калибров осуществляется перемещением роликов в ту или другую сторону при помощи гаек. Подушки с верхним роликом могут перемещаться вертикально нажимными винтами 3 отдельно друг от друга, что обеспечивает возможность параллельной установки роликов по отношению друг к другу. Под нижними подушками установлены пластинчатые пружины 8, снижающие динамические нагрузки на подшипники от биения прижатых друг к другу роликов при их вращении. В корпусе волоки имеются сверления для подвода охлаждающей жидкости, которая попадает на верхний и нижний рабочие ролики со стороны входа проволоки.

Спиральные вставки можно навивать на токарном станке при помощи резьбовой оправки (рис. 5.11, а) и оправки с роликом (рис. 5.11, б), на цилиндрической поверхности которого нарезана кольцевая канавка с профилем, соответствующим профилю метрической резьбы. Оправку с роликом закрепляют в резцедержателе

токарного станка (рис. 5.12), а резьбовую оправку — в его патроне. Конiec заготовки проволоки вставляют в прорез на торце оправки и фиксируют прижимом, устанавливаемым в пиколь задней бабки. Затем проволоку прижимают оправкой с роликом и включают подачу станка.

Длина заготовки для наивки спиральной вставки в миллиметрах

$$L = \pi D_{\text{ср}} n,$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр спиральной вставки в свободном состоянии, мм; n — полное число витков вставки.

Для наивки спиральных вставок в промышленных условиях может быть использован автомат АРВ-1, в основу конструкции которого положен автомат для наивки пружин модели АА-5114, оборудованный приспособлениями для отгиба технологического поводка вставки и нанесения на последнем насечки для последующего его удаления. Годовая производительность автомата 4 млн. вставок с шагом 1...2,5 мм и диаметром 8...30 мм.

Промышленностью выпускается комплект (рис. 5.13) с резьбовыми вставками для восстановления отверстий с резьбой от М5 до М30, т. е. данным способом можно восстанавливать практически любые резьбовые отверстия деталей автомобилей.

Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий блоков цилиндров спиральными вставками включает в себя следующий перечень работ.

1. Очистить все резьбовые отверстия от грязи сверлом, а затем ершом (рис. 5.14). Режим очистки: скорость резания при сверлении — 10 м/мин, частота вращения ерша — 80 об/мин, подача — ручная.

2. Продуть резьбовые отверстия сжатым воздухом.

3. Установить блок цилиндров на монтажный стол или подставку и провести при помощи резьбовых калибров дефектацию всех резьбовых отверстий; пометить отверстия, подлежащие восстановлению.

4. Установить блок цилиндров на

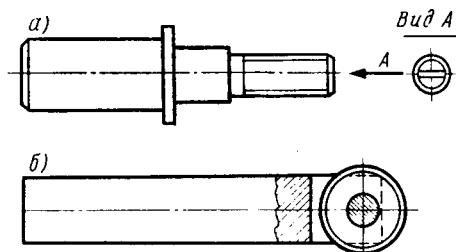


Рис. 5.11. Оснастка для наивки спиральных вставок

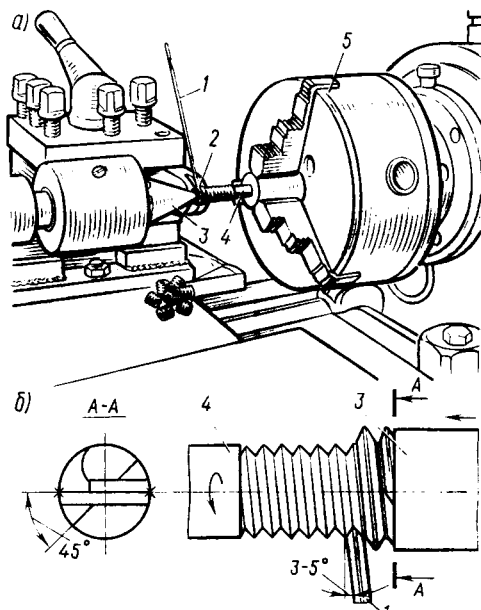


Рис. 5.12. Навивка спиральных вставок на токарном станке:

а — общий вид; б — схема наивки; 1 — ромбическая проволока; 2 — оправка с роликом; 3 — прижим; 4 — резьбовая оправка; 5 — патрон станка

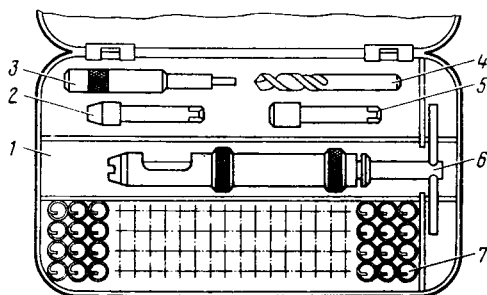


Рис. 5.13. Комплект приспособлений для ремонта резьбовых отверстий спиральными вставками:

1 — коробка; 2 — метчик М12×1,5Д-2-1; 3 — бородок; 4 — сверло 10,5; 5 — метчик М12×1,5Д-2-11; 6 — ключ; 7 — спиральные резьбовые вставки (1000 шт.)

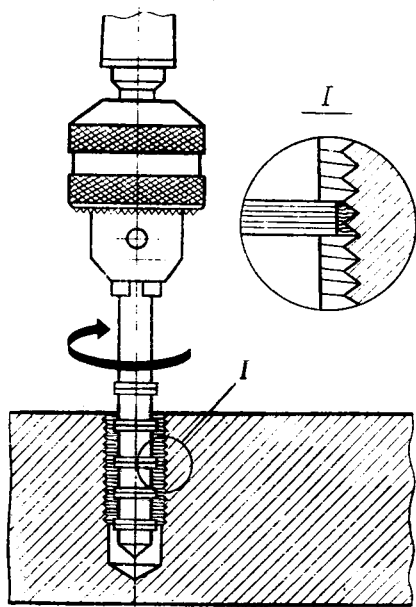


Рис. 5.14. Очистка резьбовых отверстий от грязи ершом

стол радиально-сверлильного станка и рассверлить восстанавливаемые отверстия (табл. 5.3). Снять фаски $1 \times 45^\circ$. В глухих отверстиях глубина сверления должна соответствовать глубине отверстия. Скорость резания при сверлении 30 м/мин.

5. Продуть отверстия сжатым воздухом.

6. Нарезать резьбу в отверстиях (табл. 5.3) и продуть сжатым воздухом.

7. Установить блок цилиндров на монтажный стол или подставку резьбовыми отверстиями вверх.

8. Установить спиральную вставку (рис. 5.15) необходимого размера технологическим поводком вниз в монтажный инструмент, входящий в состав комплекта вставок. Ввести стержень инструмента в спиральную вставку так, чтобы ее технологический поводок вошел в паз на нижнем конце стержня и медленным вращением за Т-образную рукоятку стержня вернуть спиральную вставку в резьбовое отверстие так, чтобы последний виток вставки разместился в отверстии на один виток резьбы.

9. Снять стержень инструмента с технологического поводка вставки и удалить монтажный инструмент из резьбового отверстия блока цилиндров.

10. Установить бородок соответствующего размера заостренным концом на технологический поводок вставки и резким (но не сильным)

Т а б л и ц а 5.3. Размеры отверстий, подготовленных к установке резьбовой вставки

Размер восстанавливаемого резьбового отверстия	Диаметр сверления под вставку, мм	Размер нарезаемой резьбы под вставку	Размер восстанавливаемого резьбового отверстия	Диаметр сверления под вставку, мм	Размер нарезаемой резьбы под вставку
M5×0,8	5,2 — 5,35	M6×0,8	M16×2,0	16,2 — 16,4	M18×2,0
M6×1,0	6,96 — 7,12	M8×1,0	M18×2,5	18,1 — 18,4	M20×2,5
M8×1,0	8,86 — 9,12	M10×1,0	M20×1,25	20,7 — 20,9	M22×1,25
M8×1,25	8,7 — 8,86	M10×1,25	M20×1,5	20,45 — 20,62	M22×1,5
M10×1,0	10,96 — 11,12	M12×1,0	M20×2,5	20,1 — 20,4	M22×2,5
M10×1,25	10,7 — 10,86	M12×1,25	M22×1,5	22,45 — 22,62	M24×1,5
M10×1,5	10,45 — 10,62	M12×1,5	M22×2,5	22,1 — 22,4	M24×2,5
M11×1,0	11,96 — 12,12	M13×1,0	M24×1,5	25,45 — 25,62	M27×1,5
M12×1,0	12,96 — 13,12	M14×1,0	M24×2,0	24,9 — 25,13	M27×2,0
M12×1,5	12,45 — 12,62	M14×1,5	M24×3,0	24,14 — 24,46	M27×3,0
M12×1,75	12,18 — 12,38	M14×1,75	M27×1,5	28,45 — 28,62	M30×1,5
M14×1,25	14,7 — 14,86	M16×1,25	M27×2,0	27,9 — 28,13	M30×2,0
M14×1,5	14,7 — 14,90	M16×1,5	M27×3,0	27,14 — 27,46	M30×3,0
M16×1,5	16,45 — 16,62	M18×1,5	M30×3,5	29,55 — 29,88	M33×3,5

ударом молотка по выпуклой части бородка отделить технологический поводок от вставки.

Аналогично восстанавливаются все остальные изношенные отверстия блока цилиндров.

Для контроля восстановленных резьбовых отверстий в деталях после установки спиральных вставок следует завернуть в деталь с установленной спиральной вставкой резьбовой калибр соответствующего размера и проверить качество восстановленного резьбового отверстия. Контроль восстановленных резьбовых отверстий с установленными спиральными вставками можно проводить новыми болтами соответствующих размеров, изготовленными по 2-му классу точности.

Одним из способов восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания является разновидность способа постановки дополнительных ремонтных деталей — пластинирования. Особенно эффективен этот способ в тех случаях, когда промышленность не выпускает к этим двигателям поршни ремонтных размеров.

Рассмотрим особенности технологии пластинирования гильз цилиндров двигателей КамАЗ. Гильзы цилиндров двигателей КамАЗ-740 — тонкостенные съемные. Их диаметр равен 120 мм, толщина стенок — 13,5 мм, масса — 5 кг. При поступлении в капитальный ремонт предельное значение радиального износа гильз составляет 0,15 — 0,18 мм (у ЯМЗ-238 — 0,18 — 0,20 мм, у ЗИЛ-130 — 0,20 — 0,25 мм).

Основные операции технологического процесса восстановления гильз цилиндров пластинированием следующие:

- подготовка гильз цилиндров под облицовку пластинами;
- изготовление пластин;
- облицовка внутренней поверхности гильз цилиндров пластинами;
- обработка гильз цилиндров после облицовки.

Подготовка гильз цилиндров под

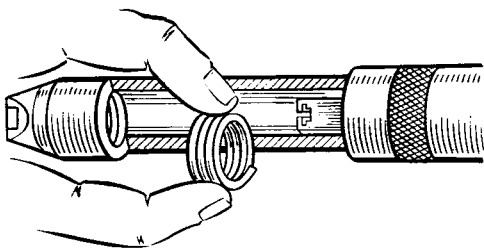


Рис. 5.15. Установка спиральной вставки в монтажный инструмент

облицовку пластинами заключается в их расточке под запрессовку свернутых пластин. Расточка гильз цилиндров проводится эльборовым резцом на алмазно-расточном станке модели 278Л в приспособлении конструкции А. Е. Алешкина (рис. 5.16).

Режимы резания при обработке гильз эльборовыми резцами следующие: скорость резания v — 70 — 90 мм/мин; подача s — 0,03 мм/об; глубина резания t_p — 0,015 — 0,2 мм.

При подаче 0,04 мм/об обеспечивается шероховатость поверхности Ra 0,16 — 0,32 мкм.

Затраты времени на растачивание отверстий гильз цилиндров двигателя КамАЗ-740 следующие: основное технологическое время — 12,2 мин; вспомогательное время — 1,2 мин; организационно-техническое — 0,4 мин; время перерывов — 0,2 мин; штучное время — 15 мин.

Сущность изготовления пластин состоит в подборе стальной ленты для резки ее на мерные пластины, выборе толщины пластин, определении натяга при запрессовке и усилия запрессовки, определении длины пластин, раскрое стальной ленты на мерные куски, резке стальной ленты на мерные пластины и шлифовании кромок пластин.

Для изготовления пластин применяют холоднокатаную ленту из углеродистой стали марок У8А и У10А. Геометрические размеры пластин в зависимости от технологического диаметра цилиндров после их расточки представлены в табл. 5.4. Нижнюю границу толщины пластин выбирают

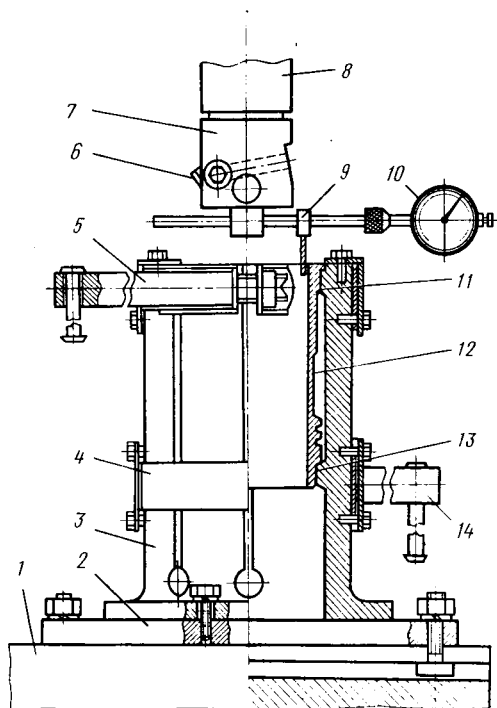


Рис. 5.16. Приспособление для центровки и закрепления гильзы цилиндров на столе расточного станка:

1 — стол станка; 2 — опорная плита приспособления; 3 — приспособление для центровки и закрепления гильзы цилиндров; 4 — нижний пояс зажима гильзы цилиндров; 5 — верхний пояс зажима гильзы цилиндров; 6 — резец; 7 — шпиндельная головка; 8 — шпиндель; 9 — ножка индикаторного приспособления совмещения оси гильзы цилиндров с осью шпинделя; 10 — индикатор приспособления; 11 — верхний посадочный поясок приспособления; 12 — гильза цилиндров; 13 — нижний посадочный поясок приспособления; 14 — стяжной винт пояса с рукояткой

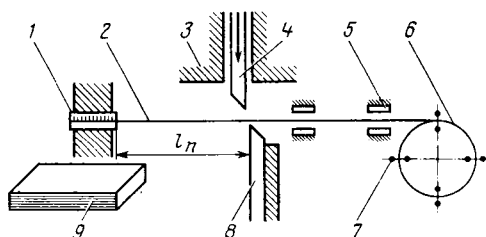


Рис. 5.17. Схема резки стальной ленты на мерные пластины:

1 — микрометр для установления точной длины мерной пластины; 2 — мерная пластина длиной l_n ; 3 — направляющие подвижного ножа; 4 — подвижной нож гильотинных ножниц; 5 — щетки для очистки стальной ленты от смазки; 6 — рулон стальной ленты, установленный на рамках барабана; 7 — рамки барабана; 8 — неподвижный нож гильотинных ножниц; 9 — пакет пластин

Таблица 5.4. Геометрические размеры пластин в миллиметрах для восстановления гильз цилиндров КамАЗ-740, мм

Толщина пластин	Технологический диаметр цилиндра	Длина пластин (заготовки)	Припуск на шлифование	Длина пластин для восстановления
0,5	120,93	379,3	$\pm 0,01$	378,75
0,55	121,09	379,3	$\pm 0,01$	379,01
0,57	121,11	379,3	$\pm 0,01$	379,05
0,6	121,17	379,3	$\pm 0,01$	375,0

исходя из обеспечения максимальных свойств упругости: выход за верхнюю границу толщины затрудняет установку сменных пластин и увеличивает расход материала. Для восстановления гильз цилиндров двигателя КамАЗ рекомендуется толщина пластин 0,6 мм.

Резка стальной ленты на пластины (рис. 5.17) указанных в табл. 5.4 размеров проводится на приспособлении гильотинными ножницами (рис. 5.18). Эталонный размер между неподвижным ножом гильотинных ножниц и упором микрометрического винта устанавливается по набору калиброванных плит или специально изготовленной плитой — калибром.

Отрезанные пластины собирают в пакеты по 20 — 40 штук для шлифования торцов. Шлифование торцовых кромок осуществляется на заточном станке типа ЗБ642 шлифовальным кругом ПП 600×80×305 15А-40-50 П СТ 17К5 35 м/с, А. Зажим с пакетом пластин устанавливают на стол станка и фиксируют. Вначале обрабатывается "как чисто" под углом 90° к длинной стороне первый торец пластин в пакете, затем, после поворота на 180°, — второй, до получения требуемого размера. После шлифования у каждой пластины напильником снимают заусеницы на кромках и пластины подвергают контролю (рис. 5.19).

Облицовка внутренней поверхности гильз цилиндров пластинами осуществляется свертыванием пластин в цилиндр в пресс-форме и перемещение ее из пресс-формы в гильзу ци-

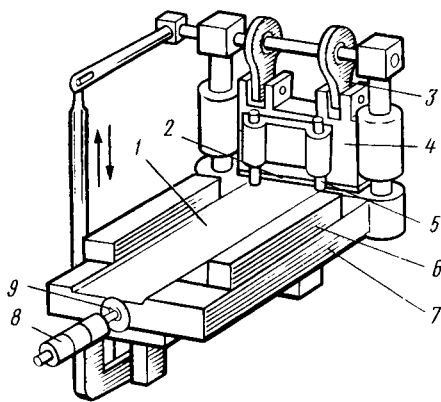


Рис. 5.18. Механизированные гильотинные ножницы для резки стальных пластин:
1 — стальная лента; 2 — неподвижный нож гильотины; 3 — эксцентриковый привод вертикального подвижного ножа; 4 — подвижной нож; 5 — прижимы стальной ленты при ее резке на пластины; 6 — направляющие стальной ленты; 7 — станина; 8 — микрометр; 9 — упор микрометра, устанавливающий размер стальной ленты

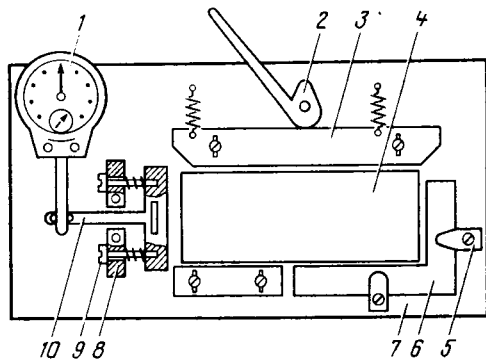


Рис. 5.19. Приспособление для контроля размеров пластины:
1 — индикатор; 2 — зажим прижимной планки; 3 — прижимная планка пластины; 4 — контролируемая пластина; 5 — зажимы угольника; 6 — угольник; 7 — плита; 8 — стойка двуплечего рычага; 9 — винт двуплечего рычага; 10 — рычаг индикатора

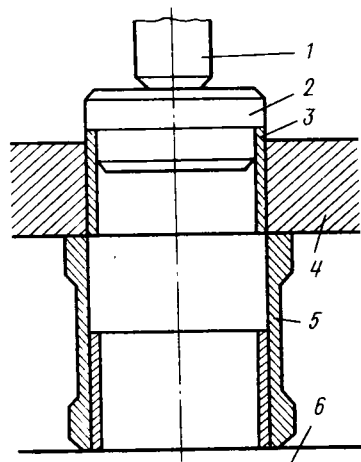


Рис. 5.20. Схема для перемещения свернутой пластины из пресс-формы в деталь:
1 — шток гидравлического пресса; 2 — ступенчатая оправка; 3 — свернутая в цилиндр пластина; 4 — пресс-форма; 5 — деталь; 6 — стол

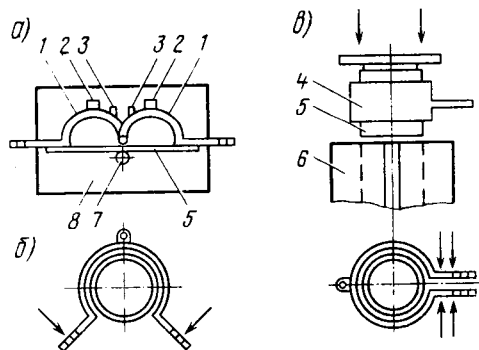


Рис. 5.21. Захват для предварительного свертывания пластин и ввода их в пресс-форму:
а — размещение захвата и пластины на плите в исходном положении; б — схема свертывания пластины; в — ввод предварительно свернутой пластины в пресс-форму;
1 — левое полукольцо захвата; 2 — упоры полуколец; 3 — упоры полуколец захвата; 4 — первое полукольцо захвата; 5 — пластина; 6 — пресс-форма для свертывания пластин в цилиндр; 7 — цилиндрический стержень-упор; 8 — плита

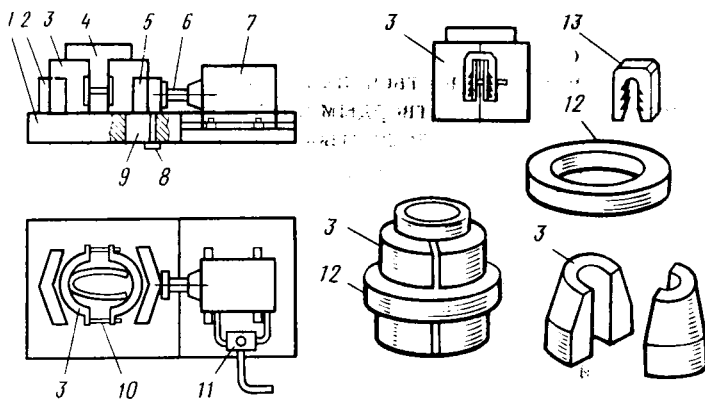


Рис. 5.22. Механизированная пресс-форма для свертывания пластин в цилиндр: 1 — плита приспособления; 2 — неподвижный упор полукольца пресс-формы; 3 — полукольцо пресс-формы; 4 — пластина, предварительно свернутая; 5 — подвижный упор полукольца пресс-формы; 6 — шток пневмоцилиндра; 7 — направляющий болт штифта; 8 — направляющий штифт подвижного полукольца; 9 — направляющий штифт подвижного полукольца; 10 — направляющий штифт подвижного полукольца; 11 — рычажок с тройником; 12 — кольцевой замок пресс-формы; 13 — накидной замок пресс-формы

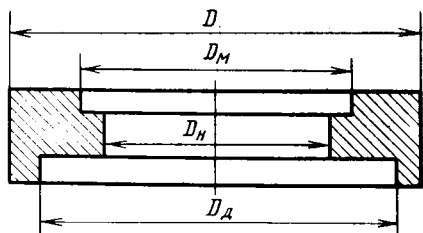


Рис. 5.23. Центрирующее кольцо: D — наружный диаметр кольца; D_m — диаметр верхнего внутреннего кольца для установки пресс-формы; D_n — диаметр наружного пояса свернутой пластины; D_d — диаметр нижнего внутреннего кольца для установки на наружный диаметр детали

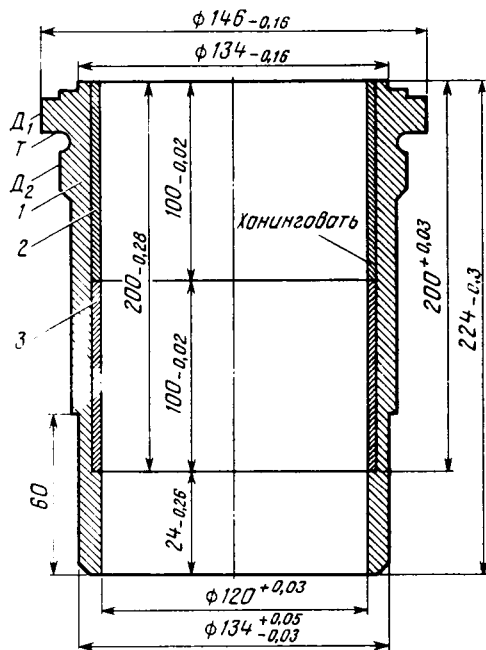


Рис. 5.24. Геометрические размеры гильзы цилиндров КамАЗ-740, восстановленной под номинальный размер: D_1 , D_2 , T — посадочные поверхности гильзы цилиндров; 1 — гильза цилиндра; 2 и 3 — соответственно верхняя и нижняя облицовочные пластины

линдров штоком гидравлического пресса (рис. 5.20). Для свертывания пластин и ввода их в пресс-форму используется захват, показанный на рис. 5.21. Ширина полуколец захвата должна быть в 2 раза меньше ширины пластины.

Предварительно свернутая пластина вводится в пресс-форму (рис. 5.22) с накидным 13 и кольцевым 12 замками, которая устанавливается в специальное приспособление, состоящее из плиты 1 с неподвижно закрепленным упором 2. С упором контактирует полукольцо 3 пресс-формы с направляющими 19 при установке ее в приспособление с предварительно свернутой пластиной 4. Второе полукольцо входит в контакт с подвижным контактом 5, который закреплен на штоке 6 пневмоцилиндра 7. Шток пневмоцилиндра перемещает упор по направляющим, закрепленным болтом 8 и штифтом 9. Воздух в пневмоцилиндр подается от ресивера при помощи тройника 11.

После сжатия упорами полукольца запираются замками, и пресс-форма устанавливается при помощи центрирующего кольца (рис. 5.23), имеющего две выточки, на деталь. Перемещение пластины из пресс-формы в восстанавливаемое отверстие осуществляется гидравлическим прессом с усилием 15 — 18 кН посредством калиброванного пуансона, имеющего две ступени, диаметры которых определяются диаметрами внутренней части пояса пластин и диаметром отверстия детали с учетом обеспечения зазора в сопряжениях в пределах 0,02 — 0,03 мм.

После ввода первой (нижней) пластины вводится вторая (верхняя) заподлицо с торцом гильзы. При этом вертикальные стыки первой и второй

пластин должны располагаться под углом 180° , место стыка не должно ощущаться пальцами, при постукивании твердым предметом по пластинам в зоне стыков звук должен быть чистым, звонким, а не глухим. Удерживаются пластины на внутренней поверхности гильзы цилиндров в результате сил трения, возникающих вследствие их напряженного состояния.

Облицованные гильзы цилиндров хонингуют (см. раздел 4). После обработки овальность и конусность внутренней поверхности цилиндра не должна превышать 0,025 мм. Геометрические размеры гильзы цилиндров двигателей КамАЗ-740, восстановленной пластинированием, показаны на рис. 5.24.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ**6.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ**

Восстановление деталей при помощи пластической деформации основано на пластичности и способности металлов и сплавов изменять под действием определенной нагрузки свою геометрическую форму без нарушения целостности.

Процесс деформирования металла при восстановлении деталей основан на тех же законах, на которых базируется обработка металлов давлением при изготовлении заготовок. Разница заключается лишь в том, что при восстановлении обрабатывается не заготовка, а готовая деталь с конкретными размерами и формой.

Пластической деформацией восстанавливают детали, изготовленные из материалов, обладающих пластичностью в холодном или нагретом состоянии. Детали, изготовленные из непластичных материалов, а также с малым запасом прочности данным способом не восстанавливаются.

Существуют две разновидности обработки деталей давлением: холодная и горячая. Пластическая (остаточная) деформация при холодной обработке происходит в результате внутрикристаллических сдвигов металла, требующих приложения больших внешних усилий. При этом в деформированных слоях металла происходит изменение физико-механических свойств: пластичность металла снижается, предел текучести, предел прочности и твердость повышается. Такие изменения механических свойств и структуры металла называют наклепом (нагартовкой).

Пластическая деформация осуществляется в результате скольжения и

двойникования. Механизм движения в кристалле непрерывно образующихся новых дислокаций в процессе деформации называют источником Франка-Рида. Двойникование — переориентировка части кристалла относительно плоскости двойникования в симметричное положение по отношению к первой части кристалла.

Так как критическое напряжение сдвига при деформировании двойникованием выше, чем при скольжении, то двойники возникают только тогда, когда скольжение затруднено: в случае деформирования при низкой температуре или при высоких скоростях деформации. При скольжении одна часть кристалла смещается относительно другой под действием касательных напряжений по направлениям с наибольшей линейной плотностью атомов и по плоскостям с наибольшим межплоскостным расстоянием. Причем, способность металла к пластической деформации растет с увеличением числа возможных плоскостей и направлений скольжения.

Горячая обработка давлением, как указывалось выше, проводится при температурах выше температуры рекристаллизации. Для сталей она обычно соответствует температурам 1300 — 1500 К. Но нагрев деталей до этих температур приводит к возникновению окалины, обезуглероживанию поверхностного слоя, короблению деталей. Поэтому для снижения влияния температуры стремятся, чтобы она была минимальной, но достаточной для деформации детали на требуемый размер. Нагрев деталей до указанных температур целесообразен только для значительных пластических деформаций. Для углеродистых сталей рекомендуется интервал температур от 600 до 1000 К. На-

грев до температуры 600 К не увеличивает, а снижает пластичность деталей, а нагрев выше температуры 1000 К приводит к интенсивному образованию окалины.

Повышение скорости деформации в общем случае ведет к снижению пластичности и увеличению сопротивления деформированию. В условиях холодного деформирования влияние скорости деформирования незначительно, в то время как в условиях горячего деформирования оно весьма ощутимо.

Упрочнение металла в результате пластической деформации называется наклепом, который повышает характеристики прочности и снижает характеристики пластичности (рис. 6.1). В связи с тем что пластическая деформация приводит металл в структурно неустойчивое состояние, нагрев способствует протеканию самопроизвольно происходящих процессов, возвращающих металл в более устойчивое структурное состояние. Таким образом, процесс изменения структуры в результате нагрева металла после холодной пластической деформации называется рекристаллизацией. Минимальная температура рекристаллизации составляет примерно 0,4 от абсолютной температуры плавления.

Пластическая деформация при температурах выше температуры рекристаллизации происходит также с образованием сдвигов, но металл детали не получает упрочнения в результате протекания при этих температурах процесса рекристаллизации. Таким образом, холодной обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре ниже процесса рекристаллизации, которая вызывает упрочнение (наклеп). Горячей обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре выше температуры рекристаллизации, при которой металл имеет структуру без следов упрочнения.

Основными факторами, определя-

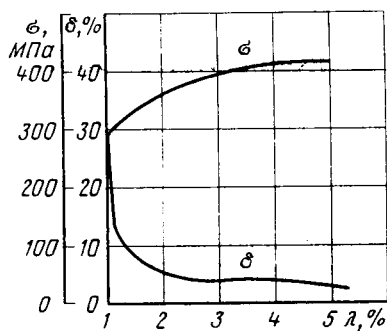


Рис. 6.1. Закономерности упрочнения металла в результате пластической деформации: σ — предел прочности; δ — пластичность; λ — степень деформации

ющими процесс восстановления выбракованных деталей давлением, является химический состав и структура металла, форма и размеры детали, размеры и характер ее износа. Учитывая перечисленные факторы, технолог определяет режимы и условия деформирования детали исходя из условий получения заданного комплекса эксплуатационных характеристик.

6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Способ восстановления деталей пластической деформацией используется в ремонтной практике в трех случаях:

для получения требуемых размеров изношенных поверхностей деталей;

для исправления геометрической формы деформированных деталей;

для восстановления определенных механических характеристик материала деталей.

На рис. 6.2 приведена классификация способов восстановления деталей пластической деформацией, которые в той или другой мере используются на ремонтных предприятиях. В соответствии с приведенной классификацией рассмотрим принципиальные технологические особенности

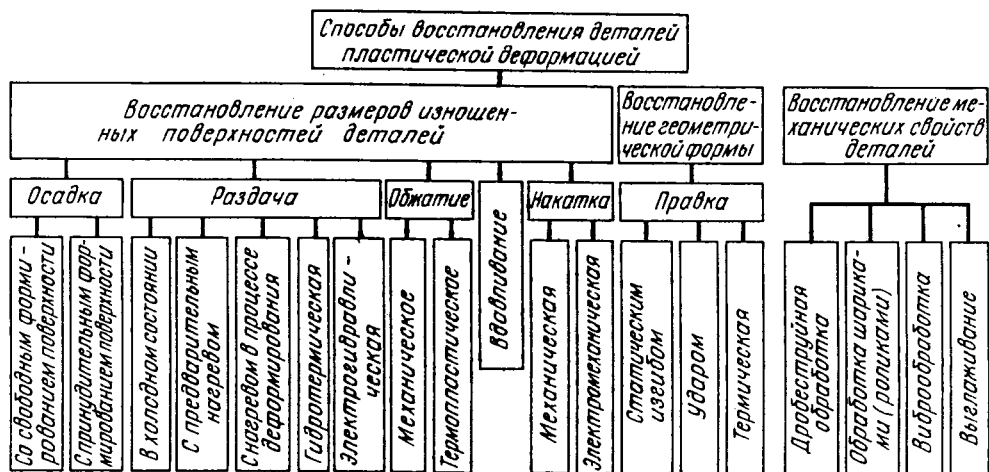


Рис. 6.2. Классификация способов восстановления деталей пластической деформацией

и область применения каждого вида обработки деталей пластической деформацией.

Восстановление размеров изношенных поверхностей деталей. Восстановление размеров изношенных поверхностей осуществляется перемещением части материала из нерábочих участков детали к ее изношенным поверхностям. В зависимости от направления внешней действующей силы и направления деформации различают следующие разновидности способа восстановления: осадку, раздачу, обжатие, вдавливание, накатку.

Осадку применяют для увеличения наружного диаметра сплошных и внутреннего диаметра полых деталей, а в отдельных случаях при восстановлении деталей типа втулок достигают изменения обоих диаметров одновременно. При осадке (табл. 6.1) направление действия внешней силы P перпендикулярно к направлению деформации δ .

Давление, необходимое для осадки в ньютонах,

$$P = \sigma_t (1 + 0,166d / h) F,$$

где σ_t — предел текучести материала детали при температуре осадки, Па; d — диаметр детали до осадки, м; h — высота детали до осадки, м; F — площадь поперечного сечения детали до осадки, м².

В процессе осадки происходит укорочение деталей. Уменьшение длины втулки, вследствие осадки, ориентировочно допускается на 8 — 15 % от номинального размера. Приблизительно считают допустимым уменьшение высоты легконагруженных втулок на 10 — 15 %. Точные допустимые пределы уменьшения длины втулок определяют расчетом исходя из условий работы восстанавливаемой детали.

Наиболее часто осадкой восстанавливают втулки из цветных сплавов. Осадку осуществляют следующим образом. В осаживаемую втулку 3 (рис. 6.3) вставляют калиброванный палец 2, диаметр которого на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия втулки. Затем втулку 3 вместе с пальцем устанавливают в приспособление для осадки. Давлением P прессы до упоров 1 и 5 в кольцо 4 втулка осаживается, заполняя зазор между пальцем и изношенной поверхностью. После этого ее подвергают механической обработке под требуемый размер. Восстановленные осадкой втулки получают по длине на 2 — 3 мм меньше номинала, в результате чего давление на втулку в процессе эксплуатации увеличивается.

Данным способом можно восста-

Т а б л и ц а 6.1. Виды восстановления деталей давлением

Наименование вида восстановле- ния	Схемы установок	Примеры восстанавливаемых дета- лей
Осадка		Втулки, пальцы, зубчатые колеса
Раздача		Пальцы поршней, пальцы кулис- ных механизмов
Обжатие		Вкладыши подшипников, втулки
Вдавливание		Зубчатые колеса, шлицевые ва- лики
Правка		Гладкие и коленчатые валы, оси, рычаги
Накатка		Шейки и цапфы валов

Примечание: P — направление усилия при давлении; δ — направление деформации детали; γ — угол заострения кольцевого пуансона.

навливать втулки различных конструкций, имеющие на поверхности шпоночные канавки или прорезы, бурты, днища, расположенные на одном из концов детали. Для сохранения первоначальных отверстий, прорезей, выступов в них устанавливают специальные вставки по форме и размерам этих элементов.

Если деталь, сопряженная со втулкой, имеет достаточную прочность, например верхняя головка шатуна, то перед осадкой восстанавливаемую втулку можно не выпрессовывать. В этом случае часть сопряженной со втулкой детали выполняет роль своеобразной матрицы (рис. 6.4). Восстанавливаемую втулку 2, расположен-

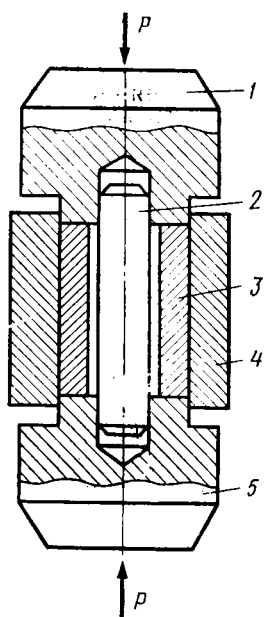


Рис. 6.3. Восстановление втулок осадкой

ную в головке шатуна 3, снизу и сверху сжимают по длине специальными пуансонами 1 до тех пор, пока не уменьшится ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем втулку растачивают или разворачивают под соответствующий размер.

Способом осадки можно восстанавливать и сплошные детали, например толкатели клапанов двигателя (при износе стержня), шлицевые участки полуосей.

Раздача заключается в увеличении наружных размеров полых дета-

лей в результате увеличения их внутренних размеров. При раздаче направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением деформации (табл. 6.1).

Давление, необходимое для раздачи детали,

$$P=1,15\sigma_{\text{н}}\ln(D/d),$$

где D и d — соответственно наружный и внутренний диаметры детали.

Восстановление раздачей осуществляется при холодном и нагретом состоянии деталей. При холодной раздаче восстанавливаемые детали, имеющие химико-термическую обработку, предварительно подвергают отжигу либо высокотемпературному отпуску. Раздачу выполняют специальными стальными или твердосплавными прошивками, дорнами, шариками. После раздачи восстанавливают первоначальную химико-термическую обработку и проводят механическую обработку деталей.

На ремонтных предприятиях страны и за рубежом холодной раздачей восстанавливают поршневые пальцы ДВС, шипы крестовин карданных шарниров, трубы рулевой колонки.

Технология восстановления поршневых пальцев раздачей в холодном состоянии состоит из следующих операций: сортировки на две группы по внутреннему диаметру пальцев (в каждую группу входят пальцы, отличающиеся по размерам не более чем на 0,3 мм); высокотемпературного отпуска; раздачи под прессом сферическими прошивками либо шариками (разница диаметров деформирующего инструмента и внутренних отверстий пальцев в пределах 0,45 — 0,8 мм); закалки пальцев в соляной ванне или токами высокой частоты до твердости HRC 58 — 0,8 мм; контроля на наличие трещин и размеров; механической обработки пальцев (бесцентровое шлифование с последующим суперфинишем и полированием).

Аналогичная схема технологического процесса разработана и для восстановления крестовин карданных шарниров холодной раздачей.

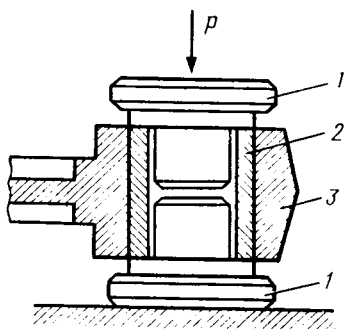


Рис. 6.4. Восстановление втулок осадкой без выпрессовки

Крестовины после мойки и дефектации подвергают отжигу в шахтной цементационной печи СШЦМ-6.12/9-М. После отжига осуществляют механическую обработку масляных каналов шипов зенкерами и фрезами на переоборудованной полуавтоматической установке модели УВК-1. Механической обработкой отверстий решаются две задачи: получение калиброванных масляных каналов одного диаметра, что позволяет использовать деформирующий инструмент неизменного диаметра для одного типоразмера крестовин и, кроме того, достичь концентричности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей шипов крестовин, что в дальнейшем обеспечит равномерность раздачи по длине.

Непосредственно раздача осуществляется твердосплавным дорном при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости в зону деформации. Усилие для деформирования материала шипа не превышает 110 кН, а время цикла раздачи лежит в пределах 45 с. Увеличение наружного диаметра шипов крестовин после раздачи — 0,30 — 0,35 мм, при этом линейные размеры детали не изменяются. Установка для раздачи работает в автоматическом режиме и обеспечивает восстановление крестовин карданных шарниров с диаметром шипов 15 — 45 мм и длиной 57 — 165 мм.

После раздачи крестовины проходят цикл химико-термической обработки — цементацию, закалку и низкотемпературный отпуск. Механическая обработка розданных крестовин заключается в черновом и чистовом шлифовании шипов по наружному диаметру и по торцам.

Холодной раздачей можно восстанавливать крестовины с износом по наружному диаметру, не превышающим 0,3 мм. Кроме того, не обеспечивается восстановление износа шипов крестовин по торцам. Данные недостатки процесса холодной раздачи не позволяют рекомендовать его для централизованного восстановления

таких деталей, как крестовины карданов.

При горячей обработке давлением определенное влияние на физико-механические свойства оказывает температура нагрева, которая зависит от химического состава сплава. При восстановлении горячей обработкой давлением (раздачей) такие параметры, как скорость и температура нагрева, влияя на качество поверхности деталей.

Температура начала обработки не должна вызывать пережога или перегрева металла. Необходимо принимать меры по предотвращению обезуглероживания поверхностного слоя деталей, особенно цементированных. В табл. 6.2 приведены данные по температуре нагрева в процессе раздачи деталей в горячем состоянии.

В зависимости от размера и места износа, а также формы раздаваемой детали проводят общий или местный нагрев. В последнем случае нагревают только восстанавливаемую часть детали. Для общего нагрева используют печи, а для местного — токи высокой частоты. Распространен эффективный локальный нагрев относительно небольших объемов металла в результате действия (рис. 6.5) сил трения. При этом механическая энергия, подводимая к инструменту-

Т а б л и ц а 6.2. Температурный интервал при горячей обработке давлением деталей из сплавов

Химический состав сплава	Температура начала обработки, °С	Температура конца обработки, °С
Углеродистый:		
С до 0,35 %	1200 — 1150	800—850
С 0,3 — 0,5 %	1150 — 1100	800—850
С 0,5 — 0,9 %	1100 — 1050	800—850
Низколегированный	1100	825—850
Среднелегированный	1100 — 1150	850—875
Высоколегированный	1150	875—900
Сплав на основе меди:		
Бронза	850	700
Латунь	750	600

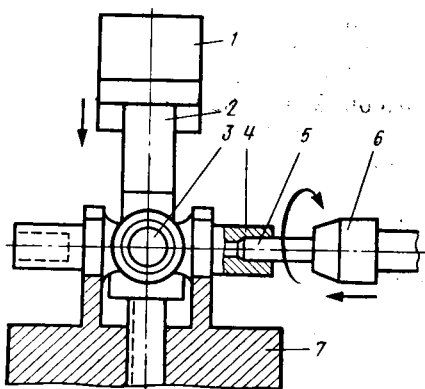


Рис. 6.5. Схема процесса раздачи крестовин с нагревом в результате действия сил трения

дорну, преобразуется в тепловую непосредственно в месте его контакта с деталью.

В призму 7 устанавливают изношенную крестовину 3, которую фиксируют в направляющих пазах призмы при помощи штока 2 пневмоцилиндра 1 таким образом, чтобы ось отверстия восстанавливаемого шипа 4 совпала с осью вращения дорна 5 (инструмента). В качестве дорна используют цилиндрический твердосплавный стержень с конической заходной частью. Дорн жестко закреплен в патроне 6, который имеет привод вращательного и осевого перемещения. Диаметр твердосплавного дорна берется на 1 — 3 мм (в зависимости от требуемой величины раздачи) больше диаметра отверстий в шипах крестовины, служащих для подачи смазки к иглычатым подшипникам.

Раздача шипов крестовины осуществляется следующим образом. Патрон с инструментом (дорном) приводят во вращательное движение и включают осевую подачу. В результате дорн 5 конической частью соприкасается с поверхностью отверстия шипа 4. В месте контакта дорна с восстанавливаемой деталью возникают силы (момент) трения и генерируется тепловая энергия, которая отводится в тело шипа и инструмент. Таким образом, в месте контакта дорна и дета-

ли действует внутренний источник тепловой энергии, обеспечивающий быстрый локальный нагрев металла до заданной температуры. В результате осевой подачи дорн по мере нагрева тела шипа до температуры 950 — 1000 °С внедряется в смазочное отверстие крестовины и раздает ее в диаметральной направлении.

Благодаря тому что нагрев восстанавливаемого шипа до пластического состояния проводится только в зоне деформации в отличие от предварительного объемного его нагрева, например, в печи или токами высокой частоты, одновременно с раздачей (увеличением диаметральных размеров) удлиняются линейные размеры шипа на 0,3 — 0,5 мм. Это позволяет исключить трудоемкие операции по наплавке торцевых поверхностей шипов для их удлинения и механической обработки после наплавки.

В процессе раздачи дорн, как и деталь, нагревается до температуры 950 — 1000 °С. Жаропрочные стали при данной температуре резко снижают свои механические свойства и под действием прикладываемой нагрузки деформируются. Поэтому в качестве материала для дорна используют твердые сплавы. Наибольшей стойкостью обладает инструмент из однокарбидного сплава ВК-6, состоящий из 94 % карбида вольфрама и 6 % кобальта.

По форме дорн представляет собой цилиндрический круглый стержень с конической заходной частью. Диаметр цилиндрической части дорна определяет диаметр шипа крестовины после раздачи.

Диаметр рабочей части инструмента (дорна) для раздачи с нагревом детали в результате сил трения, мм,

$$d_n = \sqrt{(D_{\text{расч}}^2 - D_0^2)k + d_0^2},$$

где $D_{\text{расч}}$ — требуемый расчетный диаметр шипа крестовины после раздачи, мм; D_0 — наружный диаметр изношенного шипа крестовины перед раздачей, мм; k — безразмерный коэффициент, учитывающий пластическое течение металла крестовины по смазочному каналу в процессе раздачи; d_0 — диаметр (исходный) смазочного отверстия шипа крестовины до раздачи, мм.

гидротермической раздачей проводится устранение брака на шлифовальной операции при изготовлении новых пальцев. В используемую здесь технологию для обеспечения полного распада остаточного аустенита введена операция обработки холодом в течение 2 ч при температуре 223 — 203 К. Для этой цели используется холодильный агрегат АХФ9С-250. После обработки холодом пальцы подвергают отпуску и отправляют на механическую обработку.

Однако рассмотренный способ имеет серьезный недостаток, который заключается в малой степени приращения диаметра поршневых пальцев карбюраторных двигателей, что объясняется недостаточной толщиной их стенок (4 — 5 мм по сравнению с 8 — 10 мм у дизельных двигателей).

Поршневые пальцы карбюраторных двигателей, у которых значения коэффициентов относительной толщины стенок β (см. табл. 6.3) велики, восстанавливают электрогидравлической раздачей (рис. 6.6).

Сущность процесса такой раздачи заключается в следующем. Подлежащий раздаче поршневой палец устанавливают в неметаллический технологический патрон разового дей-

Т а б л и ц а 6.3. Теоретические и экспериментальные значения относительной деформации

β	$\delta_{\text{теор}}$	$\delta_{\text{эксп}}$	β	$\delta_{\text{теор}}$	$\delta_{\text{эксп}}$
0,1	0,740	0,52	0,6	0,144	0,21
0,2	0,590	0,50	0,7	0,084	0,20
0,3	0,445	0,39	0,8	0,036	0,15
0,4	0,335	0,30	0,9	0,010	0,08
0,5	0,230	0,28			

вия, который служит для направления электрического разряда по оси детали и исключает пробой на его боковую поверхность. Для увеличения эффективности процесса в полость ножки патрона устанавливают специальный проводник, а палец с патроном устанавливают на поворотный стол технологического узла и подводят к подвижному электроду. Одновременно в полость пальца подают рабочую жидкость. После замыкания цепи высоковольтный импульс от конденсаторной батареи проходит через формирующий воздушный промежуток (шаровый разрядник) на положительный электрод, проводник и отрицательный электрод. В результате электрогидравлического взрыва возникает ударная волна, которая раздает поршневой палец.

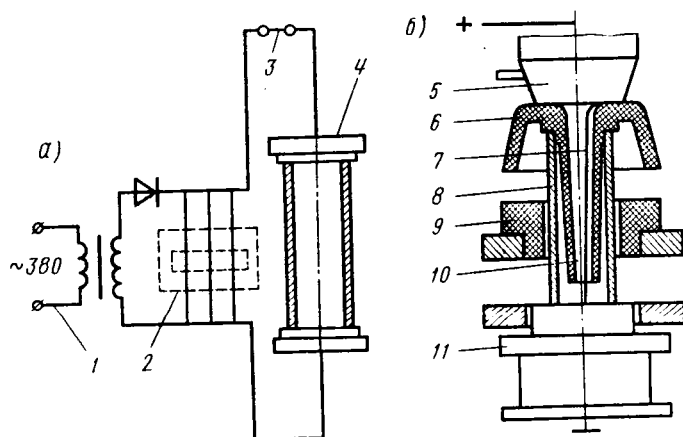


Рис. 6.6. Восстановление поршневых пальцев электрогидравлической раздачей:

а — схема установки; б — схема технологического узла; 1 — выпрямительное устройство; 2 — конденсаторная батарея; 3 — формирующий шаровой разрядник; 4 — технологический узел; 5 — подвижной положительный электрод; 6 — патрон; 7 — взрывающаяся проволока; 8 — поршневой палец; 9 — матрица; 10 — полость заполнения жидкостью; 11 — отрицательный электрод

Вторым Донецким производственным объединением "Авторемонт" реализован описанный способ раздачи для восстановления поршневых пальцев двигателя ЗИЛ-130. Для проведения процесса раздачи поршневых пальцев установлены следующие оптимальные технологические режимы восстановления: напряжение разрядного контура — 37 кВ; емкость батареи конденсаторов — 6 мкФ; материал взрывного патрона — полиэтилен марки ПЭВ-500; материал металлического проводника — алюминиевая проволока диаметром 0,7 мм; рабочая жидкость — техническая вода. При указанных режимах раздачи удается достичь остаточной деформации по наружному диаметру, равной 0,12 мм для пальцев из стали 15Х и 0,2 мм для пальцев из стали 45.

Обжатие применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей в результате уменьшения наружных размеров. При обжатии (табл. 6.1) направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением действующей деформации. Используют данный способ для восстановления полых, как правило, цилиндрических деталей, изношенных по внутреннему рабочему отверстию (например, втулки, гладкие и шлицевые отверстия в сошках рулевого управления, внутреннюю поверхность цилиндров амортизаторов, гильзы цилиндров ДВС и пр.). Расчет необходимого усилия при обжатии определяют аналогично расчету раздачи.

Для восстановления деталей используют механический и термопластический виды обжатия.

При механическом обжатии детали типа втулок предварительно изготавливают штампы (рис. 6.7). Матрица штампа состоит из трех частей: приемной части, обжимающей и калибрующих частей. Внутреннюю поверхность матрицы для уменьшения сил трения обрабатывают до высокой степени чистоты. Чем меньше будет шероховатость на рабочей поверхности

матрицы, тем меньше требуется усилие при обжатии.

Диаметры и длину участков матрицы, а также уклоны при переходе от одного диаметра к другому задают конструктивно, исходя из размеров, износов и материала восстанавливаемой детали.

При восстановлении втулки 1 по внутреннему диаметру обжимающий и калибрующий участки матрицы 3 могут быть соединены так, как показано на рис. 6.8. Внутренний диаметр втулки после ее обжатия пуансоном 2 обрабатывают, а наружный диаметр наращивают на требуемый размер одним из способов, например гальваническим путем.

Аналогичным способом восстанавливают рабочие цилиндры телескопических амортизаторов легковых и грузовых автомобилей. Технология восстановления заключается в обжатии по наружной поверхности цилиндров и последующим протягиванием отверстия до номинального диаметра калибрующими роликами. Процесс обжатия цилиндров осуществляют на 10 — 20-тонном протяжном станке.

Не менее эффективно использование обжатия для восстановления такой ответственной детали, как сошка рулевого управления (рис. 6.9). Перед восстановлением участок сошки с изношенным коническим отверстием нагревают (лучше в соляной ванне) до температуры 1000 — 1050 °С и устанавливают в матрицу 3 штампа. Проушину сошки 2 сверху закрывают подвижной верхней обжимкой 1, к которой прикладывают деформирующую силу. Обжатие осуществляют до тех пор, пока размеры конусного отверстия не достигнут номинального плюс припуск на механическую обработку. После пластического деформирования восстанавливают повторной термической обработкой структуру и физико-механические свойства материала.

В Украинской сельскохозяйственной академии разработан способ восстановления гильз цилиндров мето-

дом термопластического обжатия. Изношенную гильзу помещают в специальную водоохлаждаемую матрицу и посредством индуктора токов высокой частоты нагревают изделие до температуры $840 - 880^{\circ}\text{C}$. В результате нагрева гильза расширяется. Однако ее свободное расширение по наружному диаметру ограничено стенками матрицы. При достижении определенного значения радиальных напряжений происходит пластическая деформация, которая увеличивается при росте температуры. При свободном охлаждении гильзы уменьшаются в осевом и радиальном направлениях. Уменьшение диаметра гильзы после термопластического обжатия зависит, в первую очередь, от толщины стенки и материала детали, интенсивности и равномерности нагрева и прочих факторов. Регулируя параметры теплового воздействия, управляют обжатием. При восстановлении автомобильных гильз цилиндров максимальная деформация за один технологический цикл составляет $0,75 - 1,0\text{ мм}$.

Анализ ремонтного фонда показал, что с учетом припуска на последующую механическую обработку данный способ позволяет восстановить до 90 % выбракованных гильз цилиндров двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

Схематически технологический процесс восстановления гильз цилиндров состоит из следующих основных операций: токарной обработки наружной поверхности, термопластического обжатия, наращивания наружных посадочных поясков гильзы (как правило, используют метод электроконтактной приварки ленты), шлифования посадочных поясков, хонингования зеркала гильзы, контроля, консервации и упаковки.

Вдавливание используют для увеличения наружного диаметра плоских деталей типа дисков (табл. 6.1). При вдавливании происходят одновременно два процесса — осадка и раздача. Вдавливанием восстанавливают тарелки клапанов, зубчатые колеса, шлицевые валы и пр.

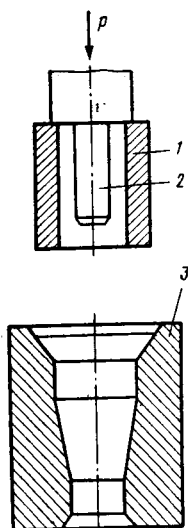


Рис. 6.7. Восстановление втулок обжатием: 1 — втулка; 2 — пуансон; 3 — матрица

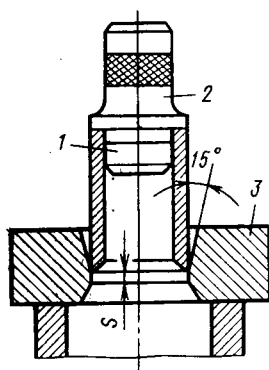


Рис. 6.8. Обжатие втулок с небольшим износом

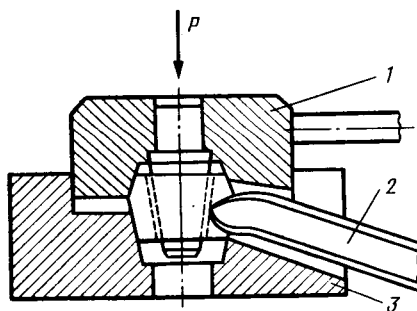


Рис. 6.9. Восстановление конусного отверстия рулевой сошки автомобиля обжатием

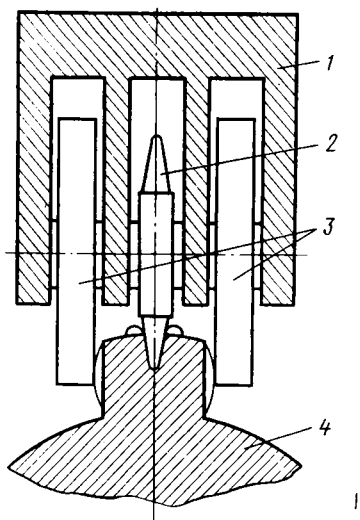


Рис. 6.10. Восстановление шлицев вдавливанием:

1 — корпус; 2 — деформирующий инструмент; 3 — калибрующие ролики; 4 — деталь

Сущность восстановления шлицев (рис. 6.10) заключается в том, что материал детали при помощи инструмента клинообразной формы выдавливается из средней части шлица в сторону изношенных боковых поверхностей, что обеспечивает увеличение его ширины до 1 мм на каждую сторону. Инструмент устанавливают по середине шлица и перемещают его

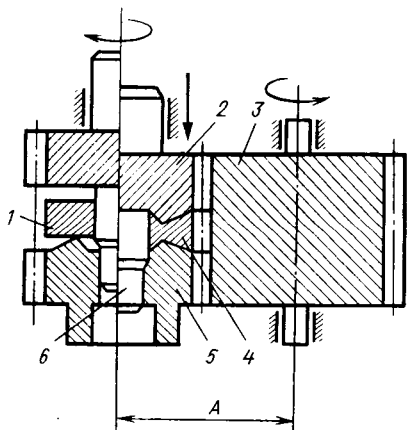


Рис. 6.11. Восстановление шестерни ротационным вдавливанием:

1 и 4 — детали; 2 — пуансон; 3 — накатник; 5 — синхронизатор; 6 — центратор

вдоль последнего. Шлицевые поверхности подвергают, как правило, вдавливанию в холодном состоянии и в зависимости от твердости сплава они в дальнейшем могут подвергаться термической обработке.

Ориентировочное усилие для деформирования восстанавливаемой детали

$$P = F \sigma_r C = \pi/4 (D^2 - d^2) \sigma_r C,$$

где F — площадь опорного кольца пуансона; C — коэффициент, зависящий от угла 2γ (см. табл. 6.1).

Значение коэффициента C в зависимости от угла 2γ находят по следующим данным:

2γ	30	45	60	90	120
C	1,84	2,3	2,6	3,32	4,0

Институтом проблем надежности и долговечности машин (Беларусь) разработан ротационный способ восстановления зубчатых колес, который является разновидностью процесса вдавливания. Способ основан на обкатывании деформируемого вдавливанием зубчатого колеса профилирующим инструментом, так называемым накатником 3 (рис. 6.11). Восстанавливаемая деталь и накатник вращаются с синхронизированной скоростью при строго постоянном межцентровом расстоянии A .

Восстановление осуществляется следующим образом. Изношенное зубчатое колесо устанавливают на оправку зубонакатного стана и нагревают токами высокой частоты в кольцевом индукторе. После чего двусторонние инденторы вдавливаются в торцевую поверхность зубчатого венца и вытесняют металл в сторону износа. При этом зубчатое колесо и накатник находятся в зацеплении и вращаются. Вытесненный в зону действия накатника металл деформируется, и зубья принимают первоначальную форму и размеры (с учетом припуска на последующую механическую обработку). После реверсирования накатника проводят калибровку и закругление зубьев. После шевингования осуществляют

химико-термическую обработку зубчатых колес (нитроцементацию, закалку, отпуск).

Данным способом восстанавливают ведущие валы, блоки шестерен, подвижные шестерни коробок передач автомобилей.

В Германии фирма "Waller Krupp" разработала технологию и комплект инструментов для восстановления направляющих втулок клапанов двигателей способом выдавливания.

Принцип восстановления деталей основан на применении специального твердосплавного ролика, при помощи которого в направляющей втулке прокатывают спиральный паз. Под действием ролика материал внутренней поверхности втулки выдавливается, в результате чего внутренний диаметр уменьшается. Последующей обработкой специальной разверткой получают номинальный размер внутреннего диаметра.

В стандартный комплект инструмента входят ролики различных размеров, что позволяет восстанавливать любые изношенные направляющие втулки. Спиральный паз, образующийся при восстановлении, обеспечивает хорошую смазку стержня клапана даже в критическом режиме работы. Поэтому зазор между направляющей и стержнем клапана можно уменьшить, что улучшает работу клапана и повышает срок службы направляющей.

Накатка позволяет увеличивать наружный и уменьшать внутренний диаметр деталей в результате вытеснения металла из восстанавливаемой поверхности (см. табл. 6.1).

Характерным для данного способа является образование рифленой поверхности (чередование канавок и выступов металла). Это приводит к снижению опорной поверхности детали. Для минимизации потерь опорной поверхности необходимо выполнять при накатывании следующие требования.

Высоту подъема выступов металла зубом накатника принимают в зави-

симости от шага и угла заострения зуба накатки:

$$L = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \leq \beta l \operatorname{ctg} \alpha / 2,$$

где S_1 — износ детали на сторону; S_2 — овальность детали до восстановления; S_3 — биение детали до восстановления; S_4 — припуск на обработку; β — поправочный коэффициент; l — шаг накатки; α — угол заострения шага накатки.

Шаг накатки должен быть кратным обкатываемому диаметру:

$$nt = \pi d_0,$$

где n — число зубцов накатника; d_0 — диаметр обкатки.

Диаметр обкатки (d_0) определяют как разницу между диаметром изношенной детали и удвоенной глубиной внедрения зуба накатки.

Потеря опорной поверхности должна быть не более 0,5 всей восстанавливаемой поверхности детали:

$$\eta \leq 0,5 \leq 2 (\sqrt{L l \operatorname{ctg} \alpha / 2} - L \operatorname{ctg} \alpha / 2),$$

где η — коэффициент потери опорной поверхности.

Процесс накатывания изношенных поверхностей выполняют в холодном и горячем состоянии. Холодное накатывание применяют только для деталей с твердостью не более HRC 25 — 30. Если твердость выше, то деталь подвергают высокотемпературному отпуску или отжигу. Накатывание деталей осуществляют механическим или электромеханическим способами.

Механическое накатывание выполняют специальными зубчатыми роликами (рис. 6.12) или дисками, установленными на оправке. Используют ролики с шагом зубьев 1,5 — 1,8 мм. Для накатывания изношенную деталь устанавливают на токарном станке, сообщают ей вращение и подводят к ней накаткой инструмент, закрепленный в суппорте станка. При накатывании деталей с твердостью HB 270 ... 300 используют следующие режимы: скорость вращения детали — 15 м/мин, продольную подачу — 0,6 мм/об, поперечную подачу — 0,1 мм/об. Обработку осуществляют при обильной подаче машинного масла. Высота подъема высту-

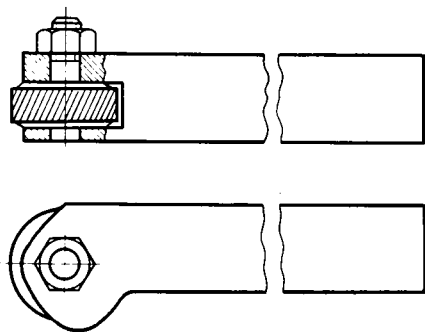


Рис. 6.12. Оправка с зубчатым накаточным роликом

пов металла не должна превышать половины зуба накатки. При наличии на детали галтели накатку осуществляют на расстоянии не менее 5 мм от начала галтели.

Накатку используют для восстановления поверхностей деталей, воспринимающих удельную нагрузку, не превышающую 7 МПа. Минимальная потеря опорной поверхности обеспечивается использованием накатки с углом заострения зуба в пределах 60 — 70°. В сравнении с гладкими поверхностями износостойкость восстановленных накатыванием поверхностей снижается на 20 — 25 %, а усталостная прочность повышается на 10 — 12 %.

К достоинствам данного способа восстановления следует отнести простоту технологического процесса, оборудования и оснастки, малую трудоемкость и высокую эффективность процесса. Недостаток способа — ограниченная номенклатура восстанавливаемых деталей, в основном этот способ используют для восстановления посадочных мест под подшипники качения.

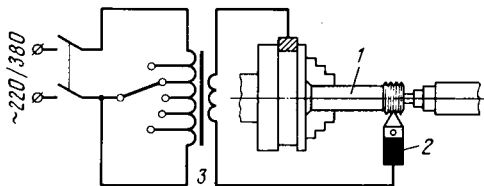


Рис. 6.13. Схема электромеханического способа накатывания деталей

Электромеханический способ накатки в отличие от механического не требует последующего шлифования. Для сглаживания деформированной поверхности детали достаточно сгладить ее сферическим роликом. Сущность электромеханического способа накатки (рис. 6.13), разработанного проф. Б. М. Аскинази, заключается в следующем. В центры переоборудованного токарного станка закрепляют изношенную деталь 1, к которой от понижающего трансформатора подводят ток. В суппорте станка зажимают твердосплавный инструмент — резьбовой резец 2 с притупленным углом при вершине. Второй полюс электрической цепи от трансформатора 3 подключен к державке инструмента. В местах касания инструмента с поверхностью детали протекает ток большой силы (300 — 1000 А) при напряжении 1 — 5 В. В результате протекания тока в зоне контакта поверхностный слой металла нагревается до температуры 800 — 1000° С. Благодаря быстротечности процесса и незначительной глубине проникновения тепловое воздействие не оказывает влияния на структуру материала детали.

Металл, нагретый до пластического состояния, вытесняется из зоны внедрения инструмента, вследствие чего на восстанавливаемой поверхности детали образуется винтовая канавка и приподнятый гребень металла (рис. 6.14). После высадки осуществляют сглаживание гребня специальным инструментом — гладилкой, выполненной в виде ролика или твердосплавной пластиной со сферической поверхностью. Сглаживание поверхности осуществляют до требуемого номинального диаметра восстанавливаемой детали.

Для определения высадки ΔD (приращения диаметра) рассмотрим схему пластической деформации при деформировании металла на восстанавливаемой поверхности (рис. 6.15). Высадка металла в данном случае осуществляется в результате внедрения инструмента, который пред-

ставляет собой слегка притупленный клин. Полное усилие высадки на единицу длины клина в направлении оси y в ньютонах

$$P = 2lp \sin \gamma,$$

где l — длина образующей пластичности деформированного слоя, мм; p — среднее контактное давление, зависящее от текучести нагретого материала, Па; γ — половина угла профиля высаживающего инструмента, град.

Длина l равна AB и AC , или длина $l = AB = AC$ (аппроксимированной прямой).

Согласно условию $l = (h + \Delta D/2) / \cos \gamma$.

Подставив l в предыдущую формулу, получим $P = 2p(h + \Delta D/2) / \tan \gamma$.

Решая уравнение относительно ΔD , получим $\Delta D = Pl(\tan \gamma) - 2h(\Delta D - \text{в метрах})$.

Общее усилие высадки металла будет зависеть от поверхности контакта в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа, которое определяется радиусами восстанавливаемой детали и инструмента. При высадке неподвижным инструментом следует также учитывать трение скольжения. Тем не менее приведенные формулы дают качественное представление о влиянии отдельных параметров на высадку ΔD и усилие P .

Как видно из формул, для достижения максимальной высадки выгодно работать с минимальным контактным давлением p и минимальным углом профиля инструмента 2γ . В этом случае следовало бы для достижения минимального предела текучести материала восстанавливаемой детали подводить к месту контакта максимальный ток. Однако выбор тока, так же как и выбор угла профиля, ограничен прочностью и стойкостью инструмента.

Из анализа стойкостных зависимостей инструмента и его производительности при высадке металла можно считать рациональной геометрией заточки следующие величины: угол заточки — $50 - 60^\circ$, радиус боковых граней — 10 мм, радиус высаживаю-

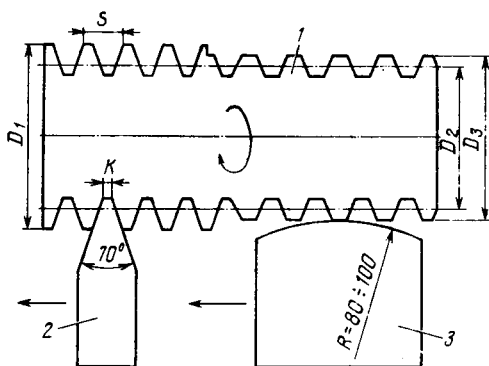


Рис. 6.14. Схема накатывания и сглаживания деформированной поверхности детали:

1 — восстанавливаемая деталь; 2 — инструмент для высадки; 3 — гладилка; D_1 — диаметр детали после высадки; D_2 — диаметр изношенной детали; D_3 — диаметр детали после сглаживания; S — шаг высаженной канавки; K — ширина вершины инструмента для высадки

щей кромки — $0,2 - 0,3$ мм, усилие при высадке поверхностей деталей из незакаленных сталей — $700 - 800$ Н, а из закаленных сталей — $900 - 1200$ Н. Подача выбирается в зависимости от максимальной высадки ΔD .

Режимы накатывания электромеханическим способом приведены в табл. 6.4. Число проходов (i) при накатывании и сглаживании поверхности выбирается в зависимости от величины износа детали. Накатка поверхности делается, как правило, за несколько проходов, а сглаживание за один проход.

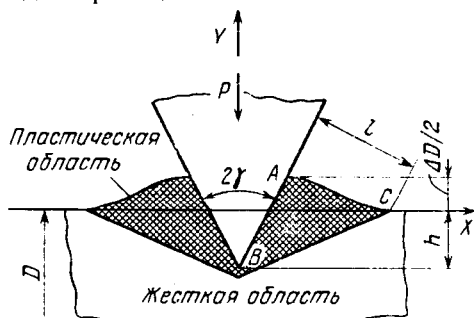
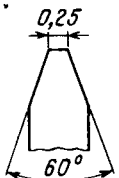
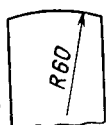


Рис. 6.15. Схема для определения усилия высадки металла при электромеханическом способе накатывания поверхностей:

D — диаметр детали; $\Delta D/2$ — высота вытесненного металла; h — глубина вдавливания инструмента в металл; 2γ — угол заострения инструмента

Т а б л и ц а 6.4. Режимы восстановления посадочных мест валов электромеханическим накатыванием

Увеличение диаметра детали, мм	Высадка						Сглаживание			
	Эскиз пластины Материал: Т15К6	v , м/мин	s , мм/об	ΔD , мм	I , А	i	Эскиз пластины	v , м/мин	s , мм/об	I , А
До 0,101		5	1,0	0,30	450	1		12	0,4	400
От 0,15		5	1,5	0,40	480	1 — 2		12	0,4	420
до 0,20			1,5	0,60						
От 0,26		5	1,5	0,75	500	2		12	0,4	450
до 0,30			2,0	0,90						
От 0,35		5	2,0	1,10	520	2 — 3		12	0,4	450
до 0,40			2,6	1,30						

Условные обозначения: v — скорость вращения детали; s — подача инструмента; ΔD — приращение диаметра после высадки; I — сила тока.

Рассмотренный способ накатки деталей имеет ограниченное применение, так как не обеспечивает сплошного контакта восстановленного посадочного участка с поверхностью подшипника или втулки. По этой причине для обеспечения надежности посадки иногда прибегают к увеличению натяга. Меньшая площадь контакта накатанной поверхности по сравнению с новой деталью снижает устойчивость сопряжения. Поэтому способ накатывания целесообразно применять только тогда, когда важна экономия металла или когда деталь, восстановленная таким образом, способна проработать больше, чем другие детали узла.

Восстановление геометрической формы деталей. При ремонте автомобиля многие детали выбраковывают из-за потери своей первоначальной формы в результате деформаций изгиба и скручивания. Такие детали восстанавливают правкой. Суть этого способа в том, что под действием внешних сил восстанавливают первоначальные формы деталей без заметных пластических деформаций и с незначительными искажениями структуры материала в поверхностных слоях детали. В зависимости от деформации и физико-химических свойств материала детали правят в горячем и холодном состоянии.

Наиболее часто используется холодная правка для пластического деформирования тонкостенных деталей и конструкций. При правке, как и при любом другом виде холодной деформации, происходит упрочнение металла (наклеп или нагартовка), возникают остаточные напряжения. Поэтому при правке необходимо стремиться к получению меньшей локальной пластической деформации, а также ее равномерному распределению в металле детали. Для выравнивания внутренних напряжений после правки деталь целесообразно подвергнуть стабилизирующему нагреву до температуры, равной $0,8T_{отп}$, где $T_{отп}$ — температура отпуска новой детали. Время выдержки при этом составляет 0,5 — 1 ч. При больших деформациях проводят горячую правку деталей при температуре 600 — 800° С.

Прогиб коленчатого вала — один из наиболее распространенных дефектов, устраняемых правкой на прессе перед шлифованием шеек. Правка под прессом вызывает сильные структурные изменения и снижает усталостную прочность валов.

Различают следующие виды правки:

статическим изгибом (рис. 6.16), ударом и термическую.

Правка статическим изгибом вы-

полняется в холодном состоянии и с нагревом. После холодной правки установившаяся прочность снижается на 15 — 40 %. Способность детали противостоять воздействию внешней силы, направленной навстречу правке, оценивается коэффициентом несущей способности, выражаемым в процентах

$$k_{нс} = 100P_{н1}/P_{н},$$

где $P_{н1}$ — предел пропорциональности правленного образца; $P_{н}$ — предел пропорциональности неправленного образца.

Холодным способом погнутые валы правят следующим образом.

После исправления центровых гнезд для измерений стрелы прогиба вал ставят в центр токарного станка или специального приспособления. Значение стрелы прогиба определяют как половину значения биения вала, показываемого индикатором. Для правки вал 2 (рис. 6.17, а) ставят на призмы или опоры 3 винтового или гидравлического пресса выпуклой стороной кверху и перегибают нажимом винта или штока 1 пресса через мягкую прокладку 5 так, чтобы обратная стрела прогиба f_1 (рис. 6.17, б) была в 10 — 15 раз больше того прогиба f , который имел вал до правки, т. е. $f_1 = (10 \div 15)f$. Точность правки контролируют индикатором 4.

Распространен также метод двойной правки валов, применение которого значительно увеличивает сопротивляемость выправленного вала повторным деформациям. Двойную правку выполняют следующим образом. Подлежащий правке

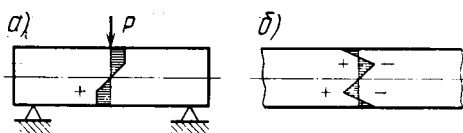


Рис. 6.16. Правка статическим изгибом: а — эпюра напряжений с нагрузкой P ; б — эпюра напряжений после снятия нагрузки

вал устанавливают на призмах (рис. 6.18) выпуклой стороной вверх и плавно нажимают на него винтом или штоком пресса (см. стрелку). Усилие нажима должно быть таким, чтобы вал после этого остался прогнутым в обратную сторону на эту же величину. Затем указанную операцию повторяют, но уже с таким усилием нажима, чтобы вал оказался выправленным. Правку деталей, обладающих небольшой жесткостью, часто выполняют на токарном станке. При этом деталь правят, не снимая с центров, и тут же проверяют результаты правки.

Холодная правка деталей является наиболее простым и распространенным способом. Однако она часто не обеспечивает стабильности формы выправленной детали. В процессе эксплуатации устраненная правкой деформация детали может возникнуть вновь. Причиной неустойчивости формы выправленной детали являются неоднородные остаточные напряжения, возникающие по ее сечению в результате неравномерного деформирования металла. Для повышения устойчивости формы детали и снятия внутренних напряжений, возникающих в результате холодной правки, осуществляют отпуск детали

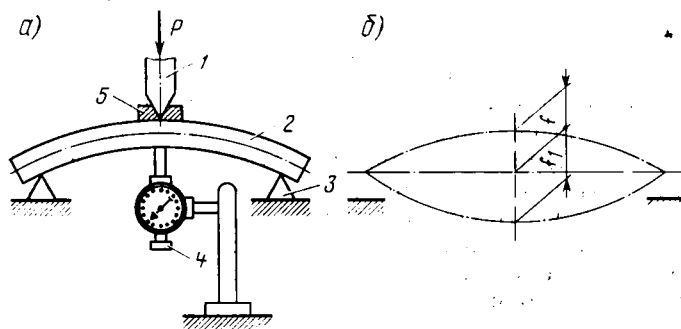


Рис. 6.17. Схема холодной правки вала: а — монтажная; б — расчетная

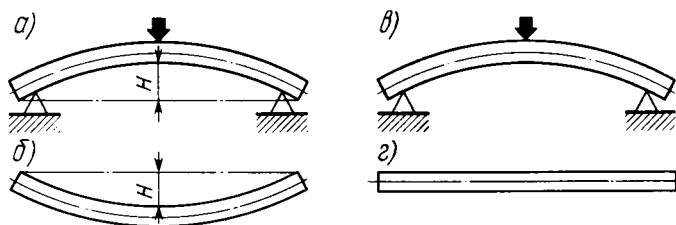


Рис. 6.18. Схема двойной правки вала:
а — первая правка вала; б — форма вала после первой правки; в — вторая правка вала; г — вал после второй правки

при температуре 400 — 450° С в течение 0,5 — 1 ч. Продолжительность нагрева устанавливают в зависимости от размера детали.

Правка ударом наиболее распространена на ремонтных предприятиях. Ее выполняют ударами кожаных или текстолитовых молотков массой 300 — 500 г на специальных подставках, имеющих профиль детали. Для некоторых деталей двигателя допускается предварительный подогрев. При правке ударом за основу берут сжимающие напряжения в наклепанном слое металла. Наличие их приводит к появлению деформации, поэтому деталь изгибается в сторону наклепанной поверхности (рис. 6.19, а). Наклеп создается ударами молотка массой 100 г с полукруглой головкой. При не слишком большом градиенте внутренних напряжений наклеп (рис. 6.19, б) повышает усталостную прочность. Правка ударом обеспечивает устранение относительно небольших прогибов и овалов. Преимуществами этого вида правки являются точность выправленной поверхности, устойчивое сохранение выправленной формы.

Эффективным методом является правка валов местным наклепом. Она основана на действии остаточ-

ных внутренних напряжений сжатия, возникающих при наклепе. Так, при наклепе коленчатого вала (рис. 6.20) создаваемые на отдельных участках остаточные напряжения устраняют прогиб. При наклепе используют пневматический молоток с закругленным бойком.

Для восстановления деталей со значительными деформациями применяют горячую правку с нагревом детали до температуры 600 — 800° С. После восстановления деталь подвергают термической обработке до получения необходимой структуры и механических свойств металла. Правка местным нагревом основана на использовании внутренних напряжений, возникающих при этом способе. После остывания детали в материале возникают остаточные напряжения растяжения, способствующие выпрямлению детали. Наиболее эффективен этот метод при правке сварных трубчатых элементов.

Наклепом чаще всего правят валы, имеющие шпоночный паз по всей длине. Если такой вал выгнут в сторону шпоночного паза, то его проще всего выправить наклепом дна шпоночного паза в наиболее вогнутой точке. Наклеп осуществляют, нанося легкие удары молотком по закаленной пластинке, которую постепенно перемещают по дну паза.

Подобным же образом правят листовые детали. Удары молотком наносят не по выпуклым местам детали, помещенной на чугунной или стальной плите, а по соседним с ними участкам, причем их следует наносить от края листа по направлению к выпуклости, каждую из которых обводят предварительно мелом. По мере приближения к выпуклости удары

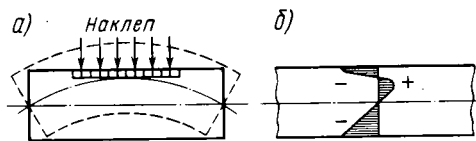


Рис. 6.19. Правка наклепом:
а — направление изгиба детали; б — эпюра остаточных напряжений. Пунктиром показано конечное состояние детали

должны наноситься все чаще и слабее.

При наличии нескольких выпуклых мест правку листа проводят, нанося удары прежде всего в промежутках между этими местами. Таким образом растягивают лист и сводят все выпуклости к одной, которую выправляют обычным способом (от краев к середине). Затем лист переворачивают и таким же образом окончательно восстанавливают его прямолинейность. Для правки деталей из листового металла могут быть также использованы вальцы.

Стальные детали при температуре ниже 0°C править холодным способом не следует, так как это может привести к их поломке. Правку горячим способом при ремонте применяют реже, так как этой операции обычно приходится подвергать полностью обработанные детали, подогрев которых может вызвать окисление поверхности и деформацию детали.

Термическая правка применяется для листового металла. По этому методу на отмеченные места, подлежащие выпрямлению, направляют струю пламени газовой горелки, нагревая неровности до красно-вишневого цвета (до температуры $600 - 700^{\circ}\text{C}$). Нагретый металл расширяется, а затем при остывании под влиянием сил сжатия выпрямляется. Этим методом, ускоряющим процесс правки почти в 5 раз, можно править валы, оси, трубы, уголки.

Для нагрева используют обычную универсальную горелку с наконечником № 7. Лучше всего газопламенной правке поддаются детали, изготовленные из малоуглеродистой стали. На рис. 6.21 показан стальной брус, выправленный газопламенным методом. Нагреванию подвергали участок a детали размером 550 мм в месте наибольшего изгиба. Штрихпунктиром показана форма детали до правки.

Восстановление механических деталей. Характеристика материала. При дефектации определенные детали выбраковывают только из-за сни-

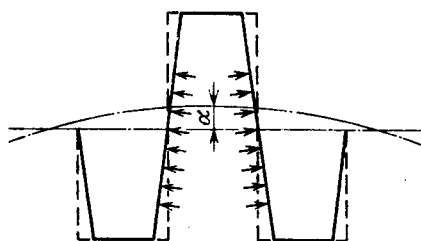


Рис. 6.20. Правка коленчатого вала местным наклепом:

a — стрела прогиба детали. Пунктиром показано начальное состояние детали

жения механических характеристик материала. Например, в процессе эксплуатации автомобиля отдельные пружины, рессоры утрачивают свою первоначальную упругость. У ряда деталей (коленчатые, распределительные валы и др.), работающих в условиях знакопеременного нагружения, снижается усталостная прочность. Кроме того, детали автомобилей при восстановлении их износа определенными способами (электродуговой наплавкой, гальваническими покрытиями) также утрачивают свою первоначальную усталостную прочность и износостойкость. Восстановить эти свойства можно поверхностным пластическим деформированием металла (ППД).

Наибольшее распространение среди способов поверхностного упрочнения восстанавливаемых деталей получило пластическое поверхностное деформирование, основанное на механических методах холодного упрочнения материала: дробеструйная обработка, обкатка шариками (роликами), выглаживание.

Способы механического ППД де-

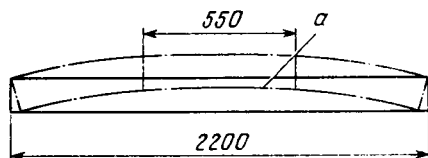


Рис. 6.21. Стальной брус квадратного сечения (30×30 мм), выправленный газопламенным методом

талей имеют следующие преимущества: малую трудоемкость, простоту технологии (не требуются значительные затраты на оборудование и оснастку), возможность упрочнения деталей любой формы и размеров, возможность варьирования глубины упрочнения. Наклеп повышает твердость поверхностного слоя материала и создает в нем благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Благодаря ППД повышается усталостная прочность деталей и их износостойкость.

Дробеструйная обработка обеспечивает неглубокую пластическую деформацию (0,5 — 0,8 мм) при соударении стальной или чугунной дроби диаметром 0,8 — 2 мм с упрочняемой поверхностью детали. После дробеструйной обработки поверхность детали приобретает некоторую шероховатость и последующей обработке не подвергается.

Режимы обработки определяются скоростью подачи дроби (30 — 90 м/с), расходом дроби в единицу времени и экспозицией (временем обработки поверхности). Режимы обработки устанавливают для каждой детали экспериментально. Об окончании обработки судят по наличию равномерно распределенных по всей поверхности следов вмятин. При обработке большинства автомобильных деталей экспозиция составляет 0,5 — 2,0 мин.

Дробеструйная обработка осуществляется в специальных дробеструйных установках. Используемые установки можно разделить на две основные группы — механического и пневматического действия. Работа механических установок (центробежных дробебетов) основана на использовании центробежной силы, развивающейся в роторе, лопасти которого выбрасывают дробь. В ремонтном производстве наиболее часто используют механические дробебетовые модели ДУ-1 и БДУ-ЭГ.

Пневматические установки работают от сжатого воздуха давлением 0,4 — 0,6 МПа. Стальная дробь под-

хватывается струей сжатого воздуха, разгоняется до высокой скорости и направляется на обрабатываемую поверхность. Данные установки проще механических по конструкции, несложны в эксплуатации, позволяют вести обработку деталей, имеющих глубокие отверстия и полости. К недостаткам пневматических установок относится малая их производительность и экономичность.

В настоящее время наиболее распространены механические установки, так как они имеют такие преимущества, как высокая производительность при малом расходе энергии, отсутствие компрессора, возможность более точного регулирования интенсивности процесса и поддержание его стабильности. Дробеструйному наклепу подвергают поверхности небольших деталей сложной формы, например шестерни, а также деталей малой жесткости типа пружин, рессор и пр.

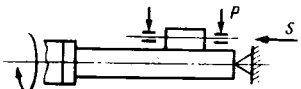
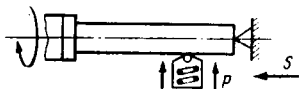
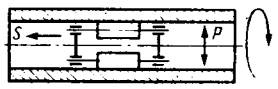
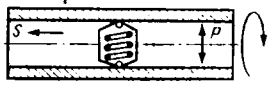
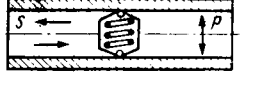
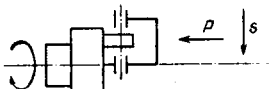
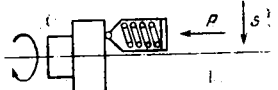
Обработку шариками (роликами) используют для увеличения поверхностной твердости шеек валов, поверхности отверстий, для повышения усталостной прочности валов, упругости пружин.

В ремонтном производстве нашли широкое использование совмещенные методы обработки восстанавливаемых поверхностей деталей: нанесение изношенного слоя металла (наплавка, железнение), расточка и раскатывание, расточка и калибрование.

Схемы процессов обработкой шариками (роликами) представлены на табл. 6.5.

Усилие прижатия роликов при обработке чугунных и стальных деталей 50 — 200, скорость движения детали 150 — 450 м/мин, продольная подача 0,06 — 0,08 мм/об. Обработка ведется в два-три прохода. Увеличение числа проходов ведет к чрезмерному наклепу и шелушению поверхности детали. Глубина наклепанного слоя в зависимости от режимов ведения процесса составляет 0,05 — 0,15 мм. Перед раскатывани-

Т а б л и ц а 6.5. Схемы обработки цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Назначение	Принципиальная схема
<i>Обработка наружных цилиндрических поверхностей</i>		
Роликовыми обкатниками	Калибрование, отделка	
Шариковыми обкатниками	Отделка, упрочнение	
Шариковыми обкатниками вибрационного действия	Отделка, упрочнение	
<i>Обработка внутренних цилиндрических поверхностей</i>		
Роликовыми раскатниками	Калибрование, отделка	
Шариковыми раскатниками	Упрочнение, отделка	
Шариковыми раскатниками вибрационного действия	Упрочнение, отделка	
<i>Обработка торцевых поверхностей</i>		
Роликовыми раскатниками	Упрочнение, отделка	
Шариковыми раскатниками	Упрочнение, отделка	

ем отверстие растачивают с припуском на раскатку 0,03 — 0,06 мм.

Припуск под раскатывание

$$\delta = 1,35(R'_z - R_z),$$

где R'_z и R_z — исходная и требуемая микронеровность поверхности детали.

Выглаживание отличается от рассмотренных способов тем, что в качестве деформирующего элемента используют алмазы или другие сверхтвердые материалы, обладаю-

щие низким коэффициентом трения по металлу. Благодаря малым радиусам рабочей части инструмента при сравнительно небольших нагрузках (50 — 300 Н) можно упрочнять деталь с малой жесткостью, а также сплавы с твердостью HRC 60 — 65.

Универсальная алмазная гладилка (рис. 6.22) состоит из оправки 1 и алмаза 2. Гладилку монтируют в специальном приспособлении, устанавливаемом в резцедержателе станка.

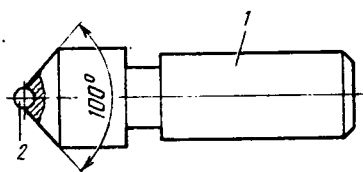


Рис. 6.22. Алмазная гладилка:
1 — оправка; 2 — алмаз

Давление при выглаживании с упругим контактом создается так же, как и при обкатывании. Выглаживание проводится в условиях трения скольжения, что отличает этот процесс от обкатывания.

При выглаживании алмаз практически не деформируется. Вследствие этого, а также ввиду небольшого радиуса сферы его рабочей части (0,5 — 3,5 мм) поверхность контакта алмаза с деталью оказывается незначительной. Это обуславливает создание высоких контактных давлений, необходимых для пластической деформации при небольших нормальных силах. Параметры процесса при выглаживании те же, что и при обкатывании. Выглаживание чаще всего выполняют инструментом с радиусом сферы 0,5 — 3,5 мм, при скорости 0,5 — 3,5 м/с и подаче 0,02 — 0,1 мм/об.

Для изготовления выглаживающего инструмента помимо натуральных используют синтетические алмазы (баллас, карбонадо), а также синтетический корунд (рубин и лейкосапфир), минералокерамику и твердые сплавы. Повышению стойкости инденторов способствуют периодические повороты алмаза, вращение державки вокруг оси, а также смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ).

Далее приведены применяемые на практике радиусы рабочей поверхности индентора в зависимости от твердости обрабатываемого материала:

Обрабатываемый материал	закаленная сталь	
	HRC 50—65	HRC 35—60
Радиус индентора, мм	1,0—1,5	1,5—2,5

Обрабатываемый материал	конструкционная сталь таллы и цветные металлы в состоянии поставки	
Радиус индентора, мм	2,0 — 3,5	3,0 — 4,0

Некоторые физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытий, полученные различными способами восстановления и обработанные алмазным выглаживанием, приведены в табл. 6.6.

6.3. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

В зависимости от объемов восстановления деталей применяют универсальное и специальное оборудование. В ремонтном производстве нашли широкое распространение серийно выпускаемые гидравлические прессы модели 2135-1 (рис. 6.23), которые используют при сборке (разборке) автомобильных агрегатов и узлов для запрессовки (выпрессовки) деталей. Эти же прессы применяют и для восстановления деталей осадкой, обжатием, правкой и другими способами пластической деформации. Для возможности реализации технологического процесса восстановления, основанного на том либо другом способе, разрабатывают соответствующие приспособления и оснастку, которые расширяют технологические возможности прессы, повышают качество и производительность процесса. Рассмотрим некоторые приспособления к универсальным прессам, которые широко используются при ремонте автомобилей.

Для восстановления осадкой втулок из цветных металлов разработано высокопроизводительное приспособление ОП-13790. В качестве силового оборудования применяют прессы с усилием на штоке гидравлического цилиндра при прямом ходе не

Т а б л и ц а 6.6. Физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытий после выглаживания

Способ восстановления или материал	Условный предел прочности, ГПа		Увеличение предела текучести, %	Предел прочности, ГПа	
	после выглаживания	до выглаживания		после выглаживания	до выглаживания
Вибродуговая наплавка проволокой:					
Нп-65Г	1,05	0,93	11	1,34	1,09
Св-08	0,84	0,68	29	0,96	0,74
Наплавка под слоем флюса:					
легирующего на базе АН-348А	1,48	1,30	14	1,66	1,44
керамического АНК-18	0,77	0,70	10	0,83	0,76

Продолжение табл. 6.6

Увеличение предела прочности, %	Предел усталостной прочности, ГПа		Коэффициент усталостной прочности	Износ покрытия, мг		Износостойкость покрытий, 1/мг		Коэффициент износостойкости
	до выглаживания	после выглаживания		до выглаживания	после выглаживания	до выглаживания	после выглаживания	
23	0,27	0,33	1,22	52,4	51,4	0,0191	0,0195	1,02
29	0,2	0,25	1,25	62,1	100,4	0,0161	0,00963	0,6
15	0,14	0,19	1,36	184,0	43,3	0,00543	0,0231	4,25
9	0,1	0,13	1,30	166,4	150,3	0,00602	0,00676	1,12

менее 630 кН, при обратном ходе — 470 кН. Приспособление обеспечивает восстановление различных типов поразмеров втулок, включая втулки с кольцевой выточкой внутри по окружности.

Приспособление для осадки втулок (рис. 6.24) закрепляют на столе пресса. Оно состоит из основания 1, на котором смонтированы две направляющие штанги (колонки) 13 и закреплен упор 4. В упоре размещена цанга 11, которая зафиксирована шариками 12. Цанга имеет грибообразный бурт, который по форме и размерам соответствует кольцевой выточке втулки. В упоре также размещены сухари 15, стягиваемые кольцевыми пружинами 14, и толкатель с конусом 5, опирающийся на возвратную пружину 16. Упор крепится к основанию специальной гайкой 17, которая является одновременно опорой для сухарей и стаканом для возвратной пружины. В верхней плите 8 гайкой закреплен пуансон 10, который имеет в верхней ча-

сти наконечник для соединения со штоком пресса, а в нижней части — стержень с конусом. В нижней плите 3 запрессована упорная втулка 2, обхватывающая снаружи упор. Верхняя и нижняя плиты жестко связаны между собой направляющими втулками 9.

При осадке втулки наконечник пуансона соединяют со штоком пресса, основание приспособления при помощи болтов крепят к столу. Шток поднимают таким образом, чтобы верхний торец упорной втулки расположился на уровне торца проточки упора. На эту проточку устанавливают восстанавливаемую втулку 6 в шатуне-матрице 7. В указанном положении пуансона сухари обжимают толкатель с конусом по меньшему диаметру, а грибообразный бурт цанги, торец которого упирается в торец сухарей, располагается против кольцевой выточки втулки. При движении штока вниз стержень пуансона разжимает грибообразный бурт цанги, который входит в кольцевую вы-

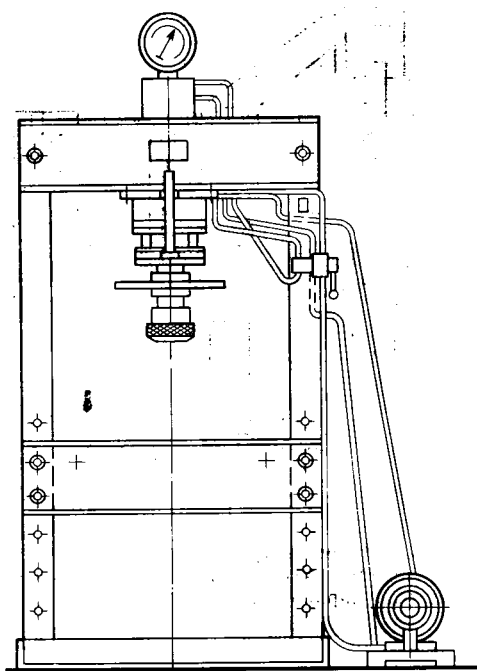


Рис. 6.23. Универсальный гидравлический пресс модели 2135-1

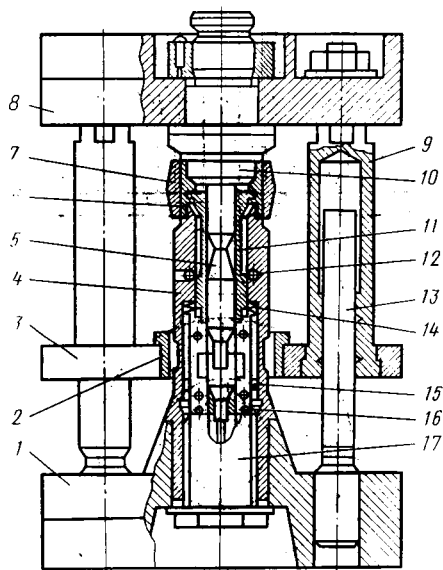


Рис. 6.24. Приспособление для восстановления осадкой втулок с внутренней кольцевой канавкой

точку восстанавливаемой втулки. По мере дальнейшего движения стержень пуансона давит на толкатель с конусом, который, сжимая возвратную пружину, разводит сухари так, что выточка их торцов устанавливается против цанги и последняя получает возможность опуститься вниз.

В процессе осадки втулки цанга перемещается вниз по мере опускания грибообразного бурта. Необходимый размер втулки по внутреннему диаметру обеспечивается калибрующими поверхностями пуансона и упора. При обратном ходе штока пуансон, зажатый вытесненным металлом осаженной втулки, выпрессовывается из нее, а стержень пуансона выходит из цанги. Возвратная пружина подает толкатель вверх вслед за стержнем пуансона, сухари сжимаются, их верхние торцы подходят под нижний торец цанги и фиксируют ее в определенном положении относительно упора.

Производительность осадки втулок на приспособлении достигает 80 штук в час.

Специализированная полуавтоматическая установка модели УВК-1 для восстановления шипов крестовин карданных шарниров автомобилей разработана Киевским автомобильно-дорожным институтом совместно с Дарницким опытно-экспериментальным ремонтным заводом. Установка реализует разновидность способа раздачи с нагревом детали в результате сил трения.

Общий вид установки схематически представлен на рис. 6.25.

Установка для восстановления деталей типа крестовин содержит станину 17 (рис. 6.25), на верхней горизонтальной плите которой установлена шпиндельная головка 7 с выдвижным валом шпинделя 8. На переднем конце вала шпинделя закреплен патрон 6 с дорном 5. На заднем конце вала шпинделя установлен упорный подшипник 9, предотвращающий передачу крутящего момента на шток 10 пневмоцилиндра 11 осевого перемещения вала шпинделя 8.

Привод вращения вала шпинделя 8 осуществляется от асинхронного электродвигателя 14, расположенного в нижней части станины, через ременную передачу 13. Механизм фиксации восстанавливаемой детали выполнен в виде прижима 2, расположенного на конце штока пневмоцилиндра 3 над призмой 1. Фиксирующая призма 1 содержит четыре взаимоперпендикулярных пазов, ось симметрии одного из которых совпадает с осью вращения вала шпинделя и дорна.

Механизм фиксации и поворота восстанавливаемой крестовины 1 на 90° (рис. 6.26) относительно пазов призмы содержит шток 3, расположенный в центральном отверстии призмы 8 и вращающую вокруг своей оси втулку 4, которая установлена соосно с отверстием призмы. Втулка 4 снабжена расположенным на ее внутренней поверхности штифтом 7, взаимодействующим с винтовой канавкой 2 цилиндрической поверхности штока 3. Внутри втулки и отверстия фиксирующей призмы 8 шток 3 имеет возможность перемещаться посредством пневмоцилиндра 16 (см. рис. 6.25). Причем, усилие пневмоцилиндра 16 меньше усилия, создаваемого пневмоцилиндром 3, и постоянно направлено вверх. Втулка 4 (см. рис. 6.26) снабжена выступами 5 и фиксаторами 6 от обратного поворота штока 3. На верхнем конце штока 3 расположена подставка, ориентирующая крестовину относительно пазов призмы 8.

Управление технологическим циклом осуществляется автоматически или в ручном режиме при помощи пульта 15 (см. рис. 6.25). На пневмопанели 12 расположены блок очистки воздуха и пневмораспределители. Установка снабжена системой принудительного охлаждения после раздачи дорна эмульсией.

Подготовка к работе установки включает в себя следующие операции:

подвод сжатого воздуха к пневмопанели; проверку наличия охлажда-

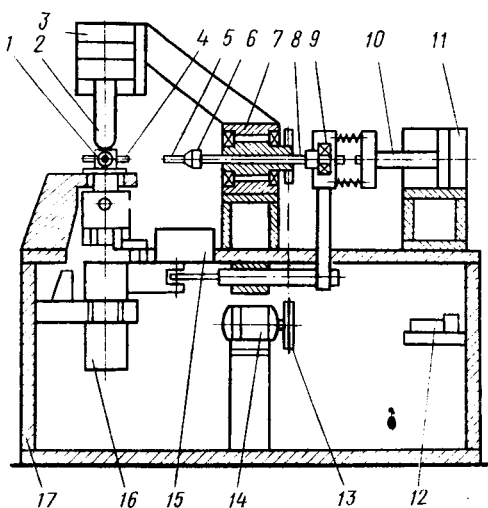


Рис. 6.25. Схема полуавтоматической установки модели УВК-1 для восстановления крестовин карданных шарниров раздачи

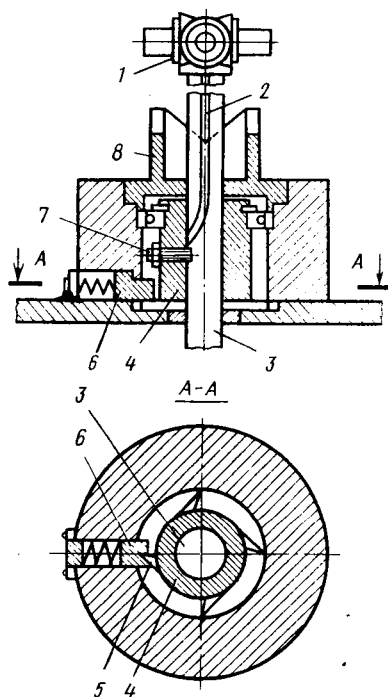


Рис. 6.26. Механизм фиксации и поворота крестовин на 90°

ющей эмульсии во вместимости установки; проверку крепления инструмента в патроне; перевод тумблера в положение "наладка" и включение вращения шпинделя; установку крестовины на подставку призмы; установку на датчике пути дорна требуемой глубины обработки шипов крестовины.

После проведения подготовительных операций работа на установке осуществляется в полуавтоматическом режиме. При нажатии кнопки "прижим" пневмоцилиндр 3, пересиливающий действие пневмоцилиндра 16, фиксирует прижимом 2 восстанавливаемую крестовину в пазах призмы. При перемещении вниз винтовая канавка 2 (см. рис. 2.26) штока 3, зажатого с двух концов пневмоцилиндрами 3 и 16 (см. рис. 6.25), взаимодействует со штифтом 7 (см. рис. 6.26) и поворачивает втулку 4 на 90°. При этом в конце хода штока 3 вниз один из четырех выступов 5 втулки 4 удерживается фиксатором 6.

После фиксации крестовины в призме включается пневмоцилиндр 11 (см. рис. 6.25) осевой (продольной) подачи штока 10 дорна. В результате трения дорна о шип крестовины происходит нагрев последнего до заданной температуры (950 — 1000 °С). Под действием осевой подачи дорн внедряется в смазочное отверстие крестовины и раздает шип. После окончания процесса раздачи шпиндель отводится в исходное положение. Прижим 2 освобождает крестовину, а пневмоцилиндр 16 поднимает шток в верхнее положение. При этом винтовая канавка 2 (см. рис. 6.26) штока 3 взаимодействует со штифтом 7 втулки 4. В результате происходит поворот штока 3 вместе с крестовиной на 90°.

По описанному циклу происходит последовательная раздача остальных шипов крестовины. По завершению раздачи последнего 4-го шипа патрон с дорном и прижим 2 (см. рис. 6.25) автоматически отводятся в исходное положение, а пневмоцилиндр 16 извлекает деталь из призмы.

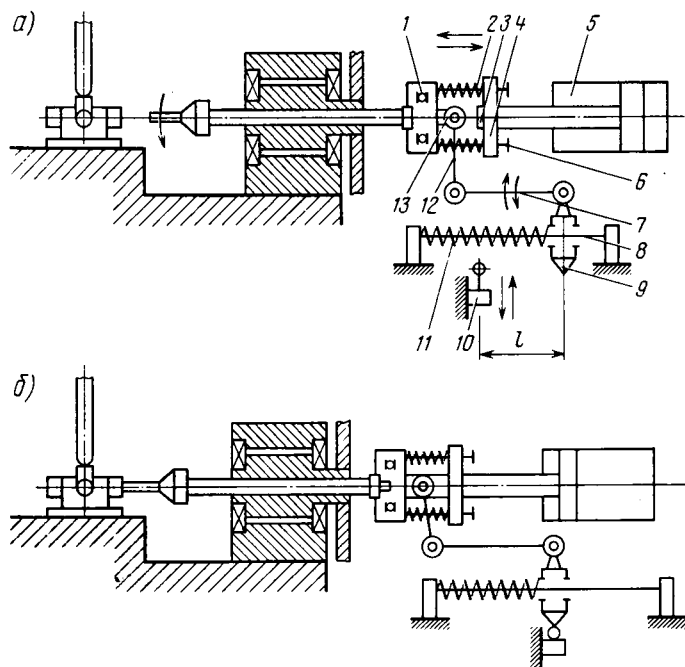
Для автоматизации операции раздачи шпиндель установки конструктивно связан с датчиком пути, который обеспечивает неизменную глубину обработки шипов независимо от износа инструмента. Это достигается тем, что отсчет глубины обработки начинается только с момента касания дорном торцевой поверхности шипа крестовины. Схематически конструкция датчика изображена на рис. 6.27.

На заднем конце вала шпинделя головки установлен подшипниковый корпус 1 с вилкой 13. Фланец 4 связан подвижно с корпусом 1 направляющими стержнями 6 и пружинами 2. На внутренней стороне фланца 4 имеется упор 3, который при сжатии пружин замыкает вилку 13. На жестко закрепленной цилиндрической горизонтальной направляющей 8 установлен подвижной ползун 9, который фиксируется в крайнем правом положении пружиной сжатия 11. Ползун 9 шарнирно связан с вилкой 13 рычагами 12 и 7. На траектории движения ползуна 9 установлен концевой выключатель 10, который имеет возможность перемещаться параллельно направляющей 8 в пределах расстояния 1. Концевой выключатель 10 запитан в общую цепь управления работой установки.

Перед началом работ концевой выключатель 10 устанавливается относительно нажимной поверхности ползуна 9 на расстоянии 1, соответствующем необходимой глубине раздачи детали. Это расстояние является постоянным для каждого типа крестовины и не подлежит корректировке при замене инструмента (дорна) или его износа в процессе работы. Переналадка путевого датчика осуществляется только при переходе на раздачу других типоразмеров крестовин.

Работа датчика пути осуществляется следующим образом. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра 5 вал шпинделя, связанный со штоком фланцем 4, пружинами 2 и направляющими стержней 6, свободно двигается влево

Рис. 6.27. Принципиальная схема путевого датчика установки УВК-1:
а — исходное положение; *б* — положение при окончании процесса раздачи



до упора в торец шипа восстанавливаемой крестовины. После остановки вала шпинделя шток пневмоцилиндра с фланцем 4 продолжает движение, сжимает пружины 2 и упором 3 жестко замыкает рычаги 12 и 7, связанные с ползуном 9. При этом пневмоцилиндр прижимает дорн к шипу и начинается процесс раздачи. По мере раздачи шипа, вал шпинделя под действием пневмоцилиндра совершает рабочее движение и одновременно перемещает по направляющей 8 ползун 9, на пути которого расположен концевой выключатель 10. Расстояние между нажимной поверхностью ползуна и роликом концевой выключателя равно заданной глубине раздачи шипа крестовины.

При внедрении дорна на заданную глубину ползун 9 нажимает на ролик концевой выключателя 10, от которого поступает сигнал на возврат штока пневмоцилиндра в исходное положение. При этом шток цилиндра отводит вал шпинделя в крайнее правое положение. В результате пружины 2 разжимаются и упор 3 освобождает рычаги 12 и 7, ползун 9 под действием пружины 11 возвращается в

исходное положение. В дальнейшем цикл повторяется.

Производительность установки УВК-1, в зависимости от типа крестовин, составляет 10 — 20 шт/ч, потребляемая мощность — 3,5 кВт, частота вращения шпинделя — 2000 об/мин, давление воздуха в пневмосети — 0,4 — 0,6 МПа.

Для централизованного восстановления крестовин раздачей в условиях специализированных цехов и участков целесообразно использовать четырехшпиндельную автоматическую установку АВК-4. Данная установка отличается от установки УВК-1 тем, что раздача всех 4 шипов крестовины осуществляется одновременно. Кроме того, установка снабжена грузочно-разгрузочным устройством с кассетой-накопителем на 30 деталей. Одна установка АВК-4 обеспечивает раздачу более 100 тыс. крестовин в год. Благодаря полной автоматизации процесса один оператор может одновременно обслуживать до пяти таких установок.

Восстановление гильз цилиндров автомобильных двигателей термопластическим обжатием осуществ-

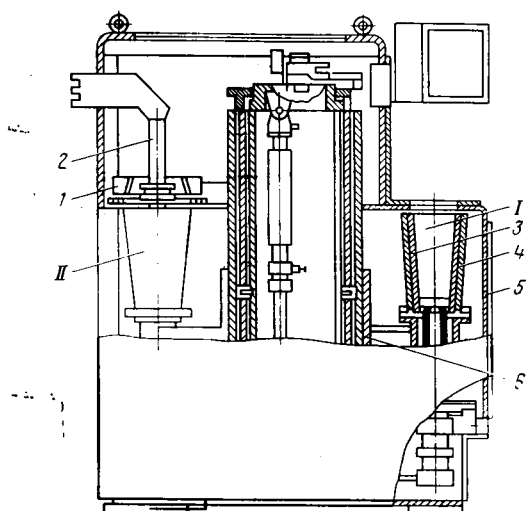


Рис. 6.28. Схема установки ОР-11301 для термопластичного обжата гильз цилиндров: I позиция — загрузка, выгрузка гильз; II позиция — рабочая

ляется на специализированной шестипозиционной установке ОР-11301 карусельного типа. Установка обеспечивает обжатие гильз цилиндров за один цикл на 0,75 — 1 мм. Это позволяет восстанавливать до номинального размера внутренний диаметр гильз. Наружные посадочные пояски гильз цилиндров после обжата наращивают наплавкой, контактной приваркой ленты и газотермическим напылением.

Схема установки ОР-11301 для обжата гильз цилиндров представлена на рис. 6.28. Она агрегатируется с высокочастотной установкой с ламповым генератором типа ВЧИ2-100/0,066, мощностью на выходе 100 кВт и частотой 0,66 кГц. Установка представляет собой раму 5 из сварных конструкций, на которой закреплен поворотный стол 6 с вертикальной осью вращения. При повороте стола матрица 4 с установленной в нее гильзой 3 проходит последовательно позиции I и II. В позиции I оператор устанавливает изношенную гильзу в матрицу, после чего она переводится в рабочую позицию II. В этой позиции при помощи гидроци-

линдра матрица с гильзой перемещается в крайнее верхнее положение, при этом индуктор токов высокой частоты (ТВЧ) 2 входит в гильзу. После включения питания индуктора происходит интенсивный нагрев гильзы токами высокой частоты до температуры 840 — 880° С. Для равномерного нагрева гильзы матрица в рабочей позиции вращается с частотой 50 — 100 мин⁻¹. В период нагрева матрица интенсивно охлаждается водой через спрейер 1. После достижения заданной температуры нагрева в зоне действия индуктора ТВЧ 2 включается рабочий ход гидроцилиндра, и гильза с матрицей опускается в крайнее нижнее положение. Установка обеспечивает регулирование скорости линейного перемещения гильзы относительно индуктора со скоростью 1 — 8 мм/с. При линейном перемещении матрицы осуществляется термопластическое обжатие гильзы по всей длине. В период рабочего цикла оператор снимает обжатую гильзу и устанавливает на ее место изношенную матрицу.

Все перечисленные операции, кроме загрузки-выгрузки гильз, выполняются автоматически по заданной программе. Производительность установки ОР-11301 220 — 240 гильз в смену. Установка универсальная, так как позволяет после незначительной переналадки (замены матрицы и индуктора) восстанавливать гильзы цилиндров различных типоразмеров.

На базе установки ОР-11301 созданы поточно-механизированные линии (ПМЛ) для централизованного восстановления автомобильных и тракторных гильз цилиндров. В состав линий входит весь комплект оборудования и оснастки для технологического процесса восстановления: моечная машина ОМ-5288 для очистки гильз в водно-щелочном растворе; гидропироваальный полуавтомат ЕМ-140А для обработки наружной поверхности гильз между посадочными поясками; установка 011-1-07 "Ремдеталь" для приварки стальной ленты к посадочным пояскам; хонинговаль-

ные станки ЗМ83 (оборудованные автооператорами ОГ-76) для окончательной обработки гильз. Оборудование ПМЛ размещено таким образом, что для передачи деталей с одной операции на другую не требуется дополнительных транспортных средств. Линия занимает площадь 288 м², ее обслуживает 26 чел. Годовая производительность при двухсменной работе около 100 тыс. гильз.

Экспериментальные исследования и многолетняя эксплуатация восстановленных термопластическим обжатием гильз цилиндров показали, что по износостойкости и надежности они не уступают новым изделиям. Восстановленные обжатием гильзы не оказывают отрицательного влияния на работу сопряженных деталей (поршней и поршневых колец).

Выбраковочными дефектами рам автомобилей являются погнутость и скрученность лонжеронов. В соответствии с ТУ на капитальный ремонт автомобилей погнутость лонжеронов рам не должна превышать 2 мм на длине 1000 мм или 5 мм по всей длине. Из практики ремонтного производства известно, что большое число рам автомобилей требует правки.

Для поверхностного пластического деформирования поверхности деталей разработано и используется достаточно много приспособлений и устройств. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 6.29 представлена роликовая раскатка, используемая для чист-

товой обработки внутренних цилиндрических поверхностей (гильз, цилиндров, головок шатунов). Приспособление для раскатки состоит из шпинделя 1, имеющего посадочное отверстие для закрепления в шпинделе станка. На наружной поверхности шпинделя в сепараторе 5 размещены деформирующие ролики 6, которые опираются на коническую поверхность подвижной в осевом направлении втулки 8, соединенной со шпинделем 1 шпонкой 7. Для ограничения перемещения сепаратора в осевом направлении служат с одной стороны упорное кольцо 4, закрепленное через стопорное кольцо 3 гайками 2, а с другой стороны — регулировочная гайка 9, служащая для настройки раскатки на требуемый рабочий размер. Регулировка размера осуществляется вращением гайки 9, что приводит к перемещению сепаратора 5 с роликами 6 вдоль конической поверхности втулки 8. После установки требуемого размера регулировочная гайка фиксируется при помощи стопорного кольца 10 и гайками 11.

Деформирующие ролики изготавливают из шарикоподшипниковой стали ШХ 15 и термически обрабатывают до твердости HRC 62 — 64. Ролики имеют заборную и калибрующую часть с углом конца 1°26'. Для уменьшения действующей силы, ролики располагают под углом к оси обрабатываемого отверстия, что приводит к получению своеобразного каплевидного отпечатка ролика. Это со-

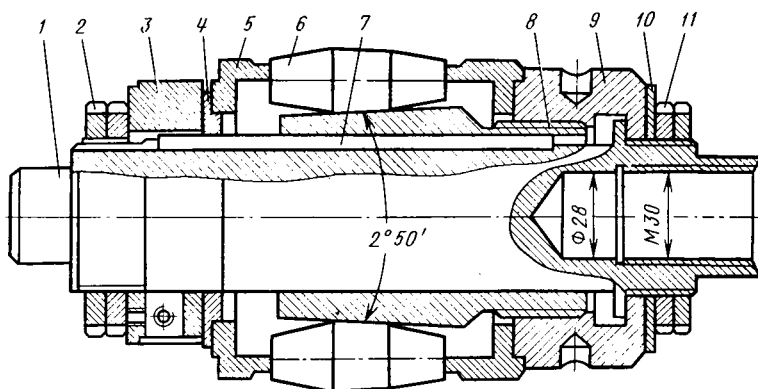


Рис. 6.29. Роликовая раскатка для чистовой обработки внутренних цилиндрических поверхностей

Т а б л и ц а 6.7. Режимы раскатки

Обрабатываемый материал	Припуск на обработку, мм	Подача, мм/об	Частота вращения ролика, мин ⁻¹	Число проходов	Шероховатость R_a , мкм	
					исходящая	после обработки
Чугун	0,05 — 0,06	0,5 — 0,9	240	1	2,5	0,32
Стали: 40X, 45	0,05 — 0,07	0,7 — 1,2	250	1	2,5 — 5	0,32

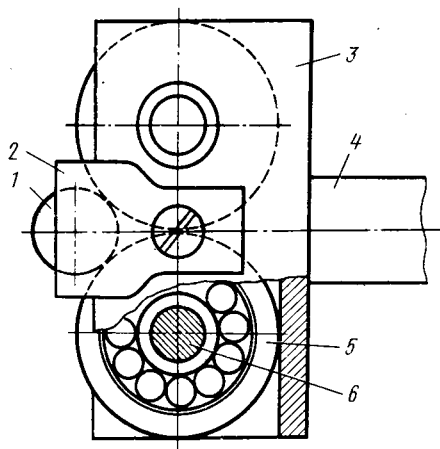


Рис. 6.30. Шариковый накатник жесткого действия:
1 — шарик; 2 — сепаратор; 3 — корпус; 4 — державка; 5 — подшипник; 6 — ось

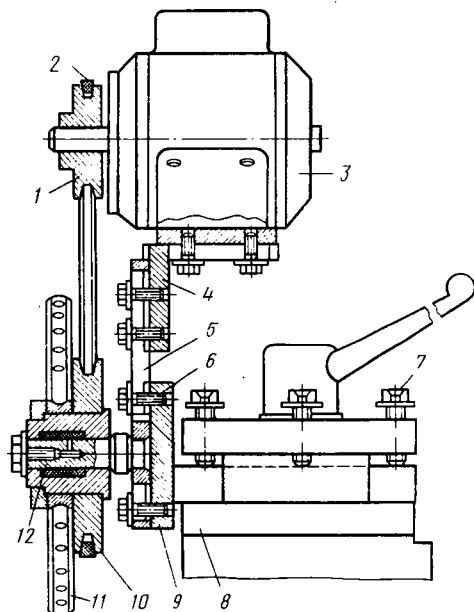


Рис. 6.31. Приспособление для ротационного упрочнения деталей

здает более благоприятные условия для пластического деформирования поверхностных слоев металла. Режимы раскатки цилиндрических отверстий приведены в табл. 6.7.

При использовании для обработки отверстий описанной роликовой раскатки и рекомендуемых режимов раскатки достигается требуемая точность размеров деталей и повышается на 20—30 % усталостная прочность деталей.

Для обкатывания наружных цилиндрических поверхностей наиболее широко используются шариковые накатники (рис. 6.30) жесткого действия. Накатывание выполняют на токарных станках, накатник устанавливается в суппорте вместо резца.

Повысить усталостную прочность, твердость и износостойкость поверхностей восстанавливаемых и новых деталей можно наклепом при помощи ротационного упрочнителя. Приспособление для ротационного упрочнения деталей (рис. 6.31) состоит из кронштейна 9, который крепится в резцедержателе 8 токарного станка при помощи винтов 7. На стойке 5, закрепленной на кронштейне болтами 6, установлена ось 12, на которой вращается упорочнитель 11. В стойке выполнены продольные пазы, которые позволяют регулировать положение оси относительно опорной поверхности кронштейна. Упрочнитель, представляющий собой диск с шариками, находящимися в сепараторе, через шкивы 1 и 10 получает вращение от электродвигателя 3. Комплект сменных шкивов позволяет ступенчато изменять скорость вращения упрочнителя в пределах 13 — 25 м/с. Перемещением угольника 4, на котором уста-

новлен электродвигатель, осуществляется натяжение ремня 2.

Меняя направление движения приспособления, можно обрабатывать плоские и фасонные поверхности. Для обработки плоских поверхностей используют плоскошлифовальные станки, где вместо шлифовального круга устанавливают упрочнитель. Для обработки наружной цилиндрической поверхности детали рекомендуют такие режимы: скорость вращения детали 30 — 90 м/мин, окружная скорость упрочнителя 10 — 50 м/с, натяг, т. е. принудительное отталкивание шарика изделием, — 0,05 — 0,08 мм, продольная подача — 0,1 — 0,5 мм/об, число проходов — 1 — 3.

После ротационного упрочнения уменьшается шероховатость поверхности до $R_a = 0,32 — 0,16$ мкм, глубина упрочненного слоя может регулироваться от 0,5 до 3 мм, твердость обработанной поверхности увеличивается на 30 — 80 %, а усталостная прочность деталей повышается на 50 — 100 %.

6.4. РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Восстановление дизельных поршневых пальцев. Способ восстановления деталей пластической деформацией отличается от известных способов тем, что требуемые размеры полу-

чают в результате перераспределения материала внутри самого изделия. При этом нарушенный слой и основной металл представляют собой одно целое. Поэтому при восстановлении деталей данным способом их долговечность и эксплуатационная надежность не ниже, чем у новых изделий.

Рассмотрим особенности разработки технологии на примере восстановления дизельных поршневых пальцев гидротермической раздачей (рис. 6.32).

Основным выбраковочным дефектом поршневых пальцев является износ по наружной поверхности на участках сопряжения с головкой шатуна и отверстиями в бобышках поршня. Наибольший износ пальцев наблюдается в месте контакта с втулкой верхней головки шатуна и достигает 0,08 мм.

Дефектацию поршневых пальцев выполняют микрокатером 0,5-ИГП и скобами. Анализ ремонтного фонда показывает, что 90 % поршневых пальцев ремонтпригодны, причем до 20 % пальцев имеют наружный диаметр в пределах допуска на новые детали. Поэтому в зависимости от сочетания дефектов технологический процесс разделяется на два взаимосвязанных маршрута. Первый маршрут предусматривает выполнение всех операций, а второй маршрут короче на шесть операций и заключается в шлифовании и полировании

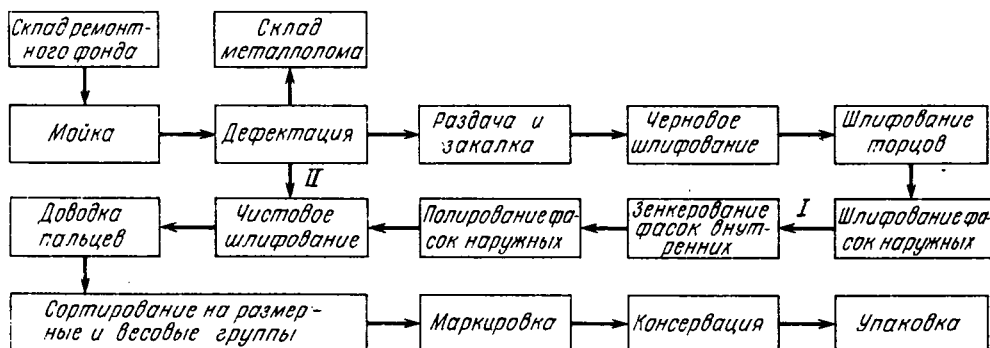


Рис. 6.32. Схема технологического процесса восстановления поршневых пальцев гидротермической раздачей

пальцев до более низкой размерной группы.

Мойка происходит в машине ОМ-6083 с использованием в качестве моющей среды 15 — 20 %-ного водного раствора синтетического моющего средства Лабомид 101 при температуре 75 — 85° С. Время мойки пальцев составляет 0,5 ч.

Гидротермическая раздача осуществляется в автоматическом станке, снабженном устройством для загрузки и выгрузки пальцев. Для нагрева пальцев до температуры 780 — 830° С используют индуктор, питающийся от преобразователя частоты ВПЧ 1000/8000.

Для обеспечения полного распада остаточного аустенита пальцы обрабатывают холодом в течение 2 ч при температуре — 50 ÷ — 70° С в холодильном агрегате АКФЭС 2,5-70. После обработки холодом пальцы проходят отпуск в шахтной электропечи 2БП-62 при температуре 220 — 230° С в течение 2 ч с последующим охлаждением на воздухе. После гидротермической раздачи наружный диаметр пальцев увеличивается в среднем на 0,2 мм.

Черновое шлифование розданных пальцев осуществляется на трех бесцентрово-шлифовальных станинах 3Ш-184. Режимы шлифования: частота вращения круга — 1330 мин⁻¹, окружная скорость круга — 24,2 м/мин, подача — 1,7 мм/об, число прохо-

дов — 1, глубина резания при первом черновом шлифовании — 0,035 мм, при втором — 0,025 мм, при третьем — 0,0175 мм. При черновом шлифовании используют шлифовальные круги: ПП 500×150×305 1А5-К63-40С1-СМ1, ПП 500×200×305 1А5-К63-40С1-СМ1; круги ведущие: ПП 350×150×203 1А5-В12-16СТ-Т и ПП 350×200×203 1А5-В12-16СТ-Т.

Шлифование торца поршневого пальца обусловлено тем, что в процессе гидротермической раздачи наряду с увеличением диаметральных размеров происходит увеличение и длины пальцев. Поэтому необходима операция шлифовки торцов до номинального размера пальцев по длине. Шлифовку выполняют на плоскошлифовальном станке 3Б-722 с использованием многоместного приспособления (рис. 6.33), которое состоит из прямоугольной рамки 1. По направляющим перемещаются фиксирующие элементы 2 с рабочей частью в виде призм. Обрабатываемые пальцы устанавливаются между призмами в своеобразные ячейки, где они фиксируются. Базирование осуществляется по обработанной цилиндрической поверхности детали. Зажим пальцев осуществляется при помощи пневмоцилиндра одностороннего действия.

После шлифовки торцов с одной стороны пальцы переворачивают на 180° и шлифуют противоположные торцы, выдерживая заданные рабочим чертежом размеры. Перпендикулярность плоскости торца наружной цилиндрической поверхности пальца обеспечивается приспособлением.

Режимы шлифования торцов пальцев: частота вращения круга — 1460 мин⁻¹, глубина резания — 0,06 мм, число проходов — 2. Используют шлифовальный круг марки ПП 450×63×203 1А5-В50С1-СМ1. Контроль длины обработанных пальцев осуществляется скобами, биение торцов контролируют на приспособлении при помощи индикатора часового типа.

Обработка фасок с двух сторон

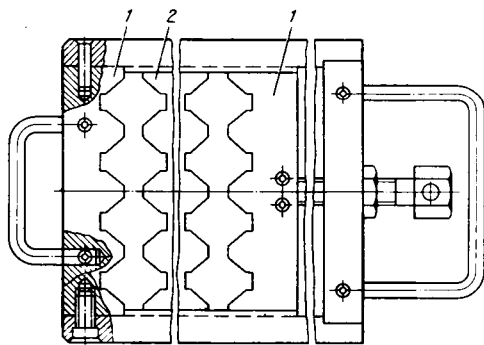


Рис. 6.33. Многоместное приспособление для шлифовки торцов пальцев

пальцев осуществляется на обдирочно-шлифовальном станке ТШН-400 с использованием приспособления. Для обработки используют шлифовальный круг ПП 400×32×203 1А5-Ю40МЗ-М1 с частотой вращения 1440 мин⁻¹ при ручной подаче пальца.

Полируют наружную фаску на приспособлении (рис. 6.34), состоящем из сварного стола 4 и электродвигателя 2 с алмазным кругом 1. Шлифовальный круг защищен кожухом 3, в нижней части которого (в зоне вращения круга) выполнено отверстие и установлена направляющая втулка 6 для подачи пальца. При износе шлифовального круга втулку перемещают при помощи винта 5 по направлению к шлифовальному кругу. Частота вращения круга — 1440 мин⁻¹.

После обработки фасок контролируют твердость наружной поверхности у всех пальцев. Твердость измеряют на приборе ТК-2М в трех поясах и двух плоскостях. При твердости на поверхности меньше HRC 56 пальцы бракуют и направляют на повторную раздачу.

Чистовое шлифование пальцев выполняют на двух бесцентрово-шлифовальных станках 3А-184. Размеры контролируют индикатором 0,5-ИГП со стойкой и призмой.

Режимы шлифования: частота вращения круга — 1337 мин⁻¹, подача — 1,035 мм/об, число проходов — 1, глубина резания при первом чистовом шлифовании — 0,0075 мм, при втором — 0,0055 мм.

Для чистового шлифования используют шлифовальные круги ПП 500×150×305 1А5-К40-25С1-МЗ, ведущие круги ПВД 300×150×127 1А5-В6-12СТ-Т. Овальность, огранка, конусо-, бочко-, седлообразность и изогнутость наружной цилиндрической поверхности после чистового шлифования не должна превышать 0,003 — 0,004 мм (в зависимости от типоразмера пальца).

Доводку рабочей поверхности восстановленных пальцев осуществляют на бесцентровом доводочном станке 3Ш-184Д по размерным группам.

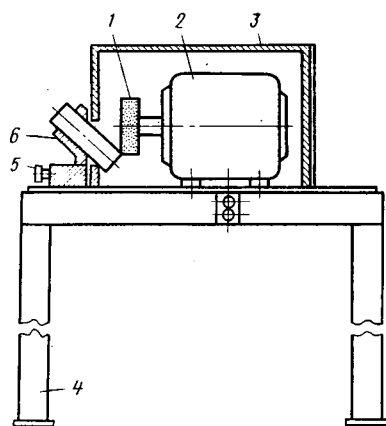


Рис. 6.34. Приспособление для полирования наружных фасок пальцев

Режимы доводки наружной цилиндрической поверхности пальцев: частота вращения шлифовального круга — 1920 мин⁻¹, подача — 0,2 мм/об, число проходов — 1. Для процесса доводки используют шлифовальные круги ПП 500×150×305 1А5-К6-8С1-СМ, ведущие круги ПВД 300×150×1227 1А5-В3-6СТ-Т. В качестве охлаждающей жидкости так же, как и при черновом и чистовом шлифовании, применяют 1,5 %-ный водный раствор кальцинированной соды.

Контроль, сортировка и маркировка. Восстановленные пальцы должны отвечать техническим требованиям, предусмотренным в рабочем чертеже на деталь. После восстановления разностенность пальцев не должна превышать 0,5 мм. Твердость наружной поверхности пальцев должна быть в пределах HRC 56 — 63, причем разность в показаниях твердости в различных участках поверхности одного и того же пальца не должна отличаться более чем на 5 единиц.

Качество обработки поверхностей контролируют визуально. Риски, волосовины, черновины, забоины, трещины не допускаются. Не менее чем у 5 % восстановленных пальцев проверяют шероховатость наружной поверхности при помощи профилометра-профилографа модели БП-3. Ше-

роховатость должна соответствовать $R_a = 0,16 — 0,08$ мкм.

Не менее чем на трех пальцах в смену проводят контроль микроструктуры цементованного слоя и сердцевин. Для этого используют металлографические микроскопы МИМ-7 или МИМ-8М. Микроструктура закаленного цементованного слоя должна состоять из мелкоигльчатого мартенсита и цементита, а сердцевина из мартенсита и феррита. Слой цементации должен быть не менее 7 мм.

Конусность, бочкообразность, овальность цилиндрической рабочей поверхности пальцев контролируют пневматическим длинномером ДП-0,001.

Поршневые пальцы сортируют по наружному диаметру на размерные группы, кроме того, детали сортируют на группы и по массе. Сортировка пальцев осуществляется при помощи микрокатра 0,5-ИГП со стойкой и призмой пневматического длинномер ДП-0,001. Обозначение размерной группы наносят на внутреннюю поверхность пальца масляной краской

соответствующего цвета. На торце наносят товарный знак завода-изготовителя штемпельной черной краской.

Консервация и упаковка. Поршневые пальцы перед консервацией моют в 25 — 30 %-ном растворе Лабомида-201 при температуре 95 — 100 °С. После этого пальцы помещают в раствор нитрита натрия (концентрация — 200 г на 1 л воды), нагретого до температуры 70 — 75° С. После извлечения пальцев из ванны и стекания раствора детали вновь погружают в раствор нитрита натрия той же концентрации, но комнатной температуры. Далее контейнер с пальцами вынимают из ванны и кладут на стол для стока раствора. Пальцы пакуют в оберточную бумагу, пропитанную 20 %-ным раствором нитрита натрия, и в парафиновую бумагу БП-6. Пальцы одной весовой и размерной группы укладывают в упаковочные картонные коробки, на которой цифрами обозначают соответствующую группу. После чего пальцы направляют на склад готовой продукции.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СВАРКИ

Различают три класса сварки в зависимости от вида энергии, применяемой при сварке, — термический, термомеханический и механический.

К *термическому классу* относятся виды сварки, осуществляемые плавлением, т. е. местным расплавлением соединяемых частей с использованием тепловой энергии. Основными источниками теплоты при сварке плавлением являются электрическая дуга, газовое пламя, электромагнитное поле, лучевые источники энергии и теплота, выделяемая при электрошлаковом процессе.

Источники теплоты характеризуются температурой и концентрацией, определяемой наименьшей площадью нагрева (пятно нагрева) и наибольшей поверхностной плотностью потока энергии в пятне нагрева. Например, при использовании в качестве источника теплоты газового пламени наименьшая площадь нагрева $S_{\min}$ составляет $1 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$, а наибольшая поверхностная плотность потока энергии в пятне W равна $5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$. Для других источников энергии $S_{\min}$ и W соответственно составляют: электрическая дуга в парах металла — $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ и $1 \cdot 10^5$, микроплазма — $1 \cdot 10^{-6}$ и $1 \cdot 10^7$, электронный луч — $1 \cdot 10^{-7}$ и $1 \cdot 10^8$, фотонный луч — $1 \cdot 10^{-8}$ и $1 \cdot 10^9$.

Приведенные в примере данные показывают, что степень сосредоточения теплоты в дуге в десятки раз, в плазме в тысячи раз, в фотонном луче (лазерная обработка) в десятки тысяч раз выше, чем в газовом пламени.

Из термического класса в ремонтном производстве в основном используют следующие виды сварки: элект-

родуговую, газовую, электрошлаковую, индукционную, электронно-лучевую, лазерную.

Электродуговая сварка — сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой. Разновидностью электродуговой сварки является плазменная сварка, при которой нагрев осуществляется сжатой дугой.

Газовая сварка — сварка плавлением, при которой кромки соединяемых частей изделия нагревают пламенем газов, сжигаемых на выходе горелки для газовой сварки.

Электрошлаковая сварка — сварка плавлением, при которой для нагрева металла используют теплоту, выделяющуюся при прохождении электрического тока через расплавленный электропроводный шлак.

Индукционная сварка — вид сварки плавлением, при которой кромки соединяемых частей изделия нагревают переменным электромагнитным полем.

Электронно-лучевая сварка — способ сварки плавлением в вакууме, основанный на использовании энергии сфокусированного потока электронов в электрическом поле высокой напряженности. Теплота выделяется в результате бомбардировки зоны сварки электронным потоком.

Лазерная сварка основана на использовании энергии светового потока высокой степени направленности. Это вид сварки плавлением, при котором нагрев металла осуществляется когерентным световым лучом, создаваемым оптическим квантовым генератором.

К *термохимическому классу* относятся виды сварки, при которых используется тепловая энергия и дав-

ление. К данному классу относятся контактная, диффузионная и прессовая.

Контактная сварка — сварка давлением, при которой нагрев деталей осуществляется теплом, выделяемым при прохождении тока в соединяемых частях, находящихся в контакте.

Диффузионная сварка — сварка давлением, осуществляемая взаимной диффузией атомов контактирующих частей изделия при относительно длительном воздействии повышенной температуры и при незначительной пластической деформации.

При прессовых видах сварки соединяемые части могут нагреваться пламенем газов (газопрессовая), дугой (дугопрессовая сварка), индукционным нагревом (индукционно-прессовая сварка) с последующим приложением усилия сжатия.

К *механическому классу* относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления: холодная, взрывом, магнитоимпульсная, ультразвуковая и трением.

Холодная сварка — это сварка давлением при значительной пластической деформации без внешнего нагрева соединяемых частей.

Сварка взрывом — вид сварки, при котором соединение осуществляется в результате вызванного взрывом соударения быстро движущихся частей.

Магнитоимпульсная сварка — это вид сварки давлением, который основывается на использовании сил электромагнитного взаимодействия между вихревыми токами, наведенными в соединяемых частях детали при пересечении их силовыми магнитными линиями импульсного магнитного поля, и самим магнитным потоком импульса. В отличие от других известных методов деформирования при магнитоимпульсной обработке электрическая энергия непосредственно преобразуется в механическую, и импульс давления магнитного поля действует непосредственно на заготовку без участия какой-либо

передающей среды. Это позволяет осуществлять деформацию как в вакууме, так и в любой среде, не препятствующей распространению магнитного поля.

Ультразвуковая сварка — это сварка давлением и основана она на соединении частей деталей посредством ведения механических колебаний высокой частоты (ультразвука).

Сварка трением — сварка давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызываемым вращением друг относительно друга свариваемых частей.

7.2. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

Сварочная дуга. Источником тепла при дуговой сварке является сварочная дуга — устойчивый электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов и паров материалов, используемых при сварке, и характеризующийся высокой плотностью токов и высокой температурой.

Тепло, выделяемое в дуге, расходуется на нагрев газа, создание светового потока и непосредственно на сварку. Температура дуги — неравномерная, наиболее высокая в центре газового столба — около 6000°C (рис. 7.1).

Основной характеристикой сварочной дуги как источника энергии является эффективная тепловая мощность q_3 — это количество теплоты, введенное в металл в процессе сварки в единицу времени и затраченное на его нагрев. Эффективная тепловая мощность является частью полной тепловой мощности дуги q , так как при любом виде сварки наблюдаются непроизводительные расходы теплоты дуги на излучение, теплоотвод в металл и пр. Отношение эффективной тепловой мощности к полной тепловой мощности называют эффективным коэффициентом полезного действия процесса нагрева: $\eta_3 = q_3 / q$.

Для различных видов сварки значение η_3 может меняться в довольно

широких пределах от 0,3 до 0,95, например, коэффициент полезного действия процесса нагрева открытой дуги, возбуждаемой угольным электродом — 0,5 — 0,65; сварка штучными электродами с покрытием — 0,7 — 0,85; дуга в аргоне — 0,5 — 0,6; сварка под флюсом — 0,85 — 0,93.

Количество теплоты, вводимое в металл в процессе горения дуги, отнесенное к единице длины шва, получило название погонной энергии сварки. Погонная энергия равна отношению эффективной мощности дуги к скорости перемещения дуги $v_{св}$.

При восстановлении деталей используют три вида сварочных дуг (рис. 7.2). Они отличаются количеством электродов и способом их включения и свариваемого металла в электрическую цепь. Когда дуга горит между электродом и изделием, ее называют дугой прямого действия. Когда дуга горит между двумя электродами, а свариваемое изделие не включено в электрическую цепь, ее называют дугой косвенного действия. Трехфазная дуга возбуждается между двумя электродами, а также между каждым электродом и основным металлом.

По роду тока различают электрические дуги, питаемые переменным и постоянным током. При использовании постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярности. При горении электрической дуги постоянного тока наибольшее количество тепла выделяется на положительном полюсе. Это объясняется тем, что поток электронов в дуге испускается отрицательным полюсом — катодом. Электроны как бы бомбардируют положительный полюс (анод), вследствие чего он разогревается сильнее, чем катод. При сварке для плавления свариваемого металла необходимо затратить больше тепла, чем для расплавления самого электрода. Поэтому обычно отрицательный полюс сварочной цепи присоединяют к электроду, а положительный — к свариваемому металлу. Такое присоединение называ-

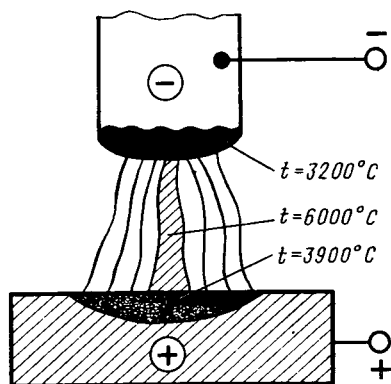


Рис. 7.1. Распределение температуры t в сварочной дуге

ется прямой полярностью. Если же отрицательный полюс источника питания присоединен к свариваемому металлу, а положительный — к электроду, то такая полярность называется обратной. Она применяется реже и только в тех случаях, когда необходимо получить меньший нагрев детали. Например, обратная полярность применяется при сварке тонколистовых изделий для предотвращения сквозного проплавления, сварке легированных сталей, которые очень чувствительны к перегреву и в прочих случаях.

При питании дуги переменным током полярность тока многократно изменяется соответственно числу периодов, т. е. 50 раз в секунду. Поэтому в сварочной дуге переменного тока поток электронов также будет менять свое направление, бомбардируя попеременно то свариваемый металл, то конец электрода. В результате это-

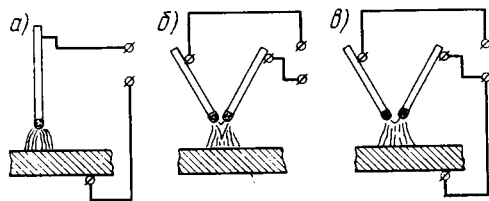


Рис. 7.2. Виды сварочных дуг: а — прямого действия; б — косвенного действия; в — комбинированного действия (трехфазная)

го тепло между электродом и свариваемым металлом будет распределяться равномерно.

Более экономичны источники питания переменным током. Так, при ручной сварке на переменном токе расход электроэнергии составляет 3 — 4 кВт·ч на 1 кг наплавленного металла, а при сварке на постоянном токе 6 — 8 кВт·ч. Однако при постоянном токе электрическая дуга получается более стабильной и устойчивой.

В зависимости от материала электрода различают дуги между неплавящимися электродами (угольными, вольфрамовыми) и плавящимися (металлическими) электродами.

Влияние кислорода, азота, водорода, серы и фосфора на свойства металла шва. При сварке плавлением происходит взаимодействие между жидким и твердым металлами, газами и жидким шлаком, образующимся при расплавлении шлакообразующих веществ, входящих в состав электродных покрытий или флюса.

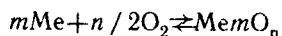
Основными реакциями, происходящими в зоне сварки, являются реакции окисления и раскисления металла. Характерные условия металлургических реакций при сварке, как и при кристаллизации — высокая температура нагрева, относительно малый объем расплавленного металла, кратковременность процесса.

Средняя температура капель электродного металла, поступающих в ванну, увеличивается с увеличением плотности тока и составляет при сварке 2200 — 2700° С, т. е. характеризуется значительным перегревом. Температура сварочной ванны при дуговой сварке также характеризуется значительным превышением над точкой плавления, перегрев составляет 100 — 500° С. Высокая температура способствует высокой скорости протекания реакций, однако из-за больших скоростей охлаждения реакции при сварке не успевают завершиться полностью.

Основными реакциями, происходящими в зоне сварки, являются реакции окисления и раскисления ме-

талла. Кислород в атомарном состоянии образует с железом закись (FeO), окись (Fe₂O₃), а также закись-окись (Fe₃O₄). В жидком металле растворяется только закись железа. Остальные окислы находятся в виде шлаковых включений и всплывают на поверхности сварочной ванны.

Кислород реагирует с металлом по реакции



где m и n — численные коэффициенты формулы химических реакций; Me — масса элемента металла; O₂ — масса кислорода.

Химические реакции протекают до состояния равновесия между исходными веществами и продуктами реакции. О состоянии равновесия можно судить по константе равновесия k .

Из закона действующих масс известно, что

$$k = \text{Me}^m \text{O}_n^2 / (m\text{emO}_n),$$

где Me и O — соответственно содержание в массе элемента Me и кислорода в зоне реакции, %.

Реакция окисления будет происходить тем интенсивнее, чем больше произведение концентраций, вступающих в реакцию веществ (в данной формуле значение числителя), по сравнению с равновесной. Если константа будет меньше равновесной, идет реакция восстановления металла из его окисла. Константа равновесия, выраженная через парциальное давление пара веществ, вступающих в реакцию,

$$k_p = p_{\text{Me}} \cdot p_{\text{O}_2} / (p_{\text{MeO}_2}),$$

где p_{Me} — парциальное давление веществ, вступающих в реакцию.

Наиболее сильным раскислителем являются кремний и марганец. При окислении они дают соответственно окись кремния SiO₂ и закись марганца MnO. Активным раскислителем является углерод. При сварочных температурах углерод образует окись СО. Кислород попадает в металл шва в основном из воздуха при некачественной защите шва, из ржавчины и окалины при недостаточ-

ной зачистке свариваемой поверхности или же из влаги при сварке сырыми электродами. Сильными раскислителями являются также титан, углерод и алюминий.

Окружающий воздух является источником попадания в наплавленный металл азота. При сварочных температурах азот, переходя в атомарное состояние, хорошо растворяется в жидком металле сварочной ванны. Азот при охлаждении выделяется из раствора и при взаимодействии с металлами образует нитриды: Fe_2N , MnN , SiN и др., которые значительно снижают пластичность металла. Водород попадает в наплавленный металл из влаги, содержащейся в электродном покрытии, или из ржавчины на свариваемой поверхности, а также из флюса.

При кристаллизации металла шва водород, не успевая выделиться из металла, образует поры и мелкие трещины, а также "флокены" — дефект в виде светлого пятна, видимый на поверхности излома.

Очень вредными примесями в наплавленном металле являются сера и фосфор. Сера образует сернистое железо FeS с низкой температурой плавления, равной 1193°C . При кристаллизации стали сернистое железо, оставаясь в расплавленном состоянии, распределяется между кристаллами, вызывая появление трещин. Фосфор, присутствуя в наплавленном металле в виде фосфидов железа Fe_3P и Fe_2P , резко снижает пластичность металла.

Кристаллизация металла шва. При охлаждении и затвердевании жидкого металла шва происходит его кристаллизация, т. е. образование кристаллитов из жидкой фазы. Кристаллиты представляют собой кристаллы неправильной формы. Процесс образования кристаллитов из жидкого расплавленного металла при переходе его в твердое состояние называется первичной кристаллизацией. Первичная кристаллизация начинается по условной границе сплавления (рис. 7.3), по линии 1 начала

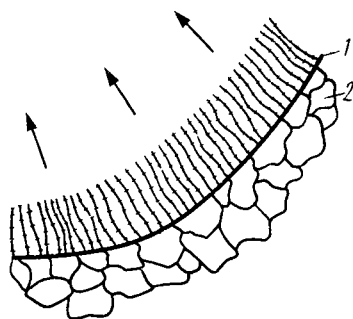


Рис. 7.3. Первичная кристаллизация металла шва. Стрелки показывают направление отвода тепла

охлаждения сварочной ванны, при этом происходит зарождение центров кристаллизации и рост зерен 2. Выросшие зерна имеют различную форму и расположение. В том случае, если зерна не имеют определенной ориентации и напоминают форму многогранника, структура гранулярная (зернистая). Она может быть крупно- и мелкозернистой. Процесс изменения формы кристаллитов в металле, находящемся в твердом состоянии, носит название вторичной кристаллизации. Если же зерна вытянуты в одном направлении, структура называется столбчатой и дендритной. Крупнозернистое строение металла со столбчато-дендритной структурой характерно для медленного охлаждения.

Конечная структура металла шва зависит в основном от способа сварки, условий ее проведения, а также химического состава основного и присадочного металлов. Так, при ручной сварке электродом из низкоуглеродистой стали (содержание углерода до 0,2 %) металл шва имеет структуру с менее выраженной ориентировкой кристаллов и округлыми зернами феррита и перлита.

При автоматической сварке этой же стали под флюсом, когда скорость охлаждения более медленная, чем при ручной сварке металлическим электродом, металл шва приобретает столбчато-дендритную структуру.

В околошовной зоне сварного сое-

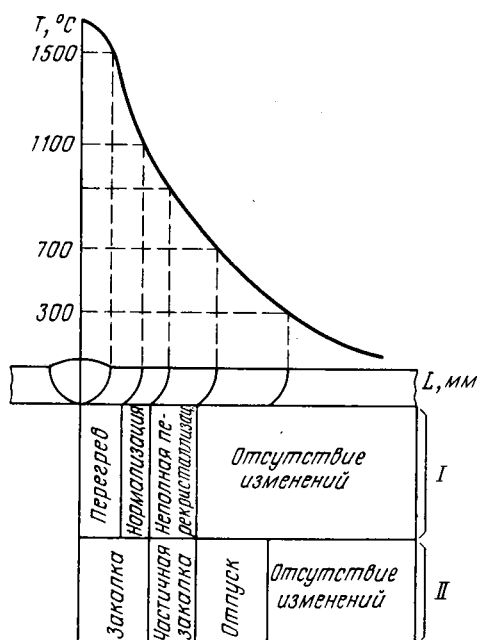


Рис. 7.4. Структурные участки околошовной зоны в зависимости от удаленности от сварочного шва:

I — зона малоуглеродистой незакаливающейся стали; II — зона закаливающейся легированной стали

динения малоуглеродистой незакаливающейся стали, выполненного способом плавления, имеются следующие структурные участки (рис. 7.4):

участок перегрева, температурными границами которого являются со стороны шва температура, близкая к солидусу, а со стороны основного металла температура 1100° С;

Т а б л и ц а 7.1. Размеры структурных участков околошовной зоны

Вид сварки	Средние размеры участка, мм			Общая длина зоны, мм
	перегрева	нормализации	неполной перекристаллизации	
Толстопокрытым электродом	2,2	1,6	2,2	6,0
Под флюсом	0,8 — 1,2	0,8 — 1,7	0,7	2,5
Газовая	21,0	4,0	2,0	27,0

участок нормализации, имеющий мелкозернистую структуру и повышенные свойства по сравнению с исходной структурой;

участок неполной перекристаллизации, находящейся в интервале температур от 725 до 850° С, при которых происходит частичная перекристаллизация металла. Средние размеры зоны участков для некоторых видов сварки приведены в табл. 7.1.

В закаливающейся легированной стали участки располагаются в такой последовательности по мере удаления от шва: закалки, частичной закалки и отпуска.

7.3. СВАРКА И НАПЛАВКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Сущность процесса сварки и наплавки. Сварка (наплавка) под слоем флюса представляет собой разновидность электродуговой сварки, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса, обеспечивающего защиту сварочной ванны от воздуха. Наряду с защитными функциями флюс стабилизирует горение дуги, обеспечивает раскисление, легирование и рафинирование расплавленного сплава сварочной ванны.

Схема процесса наплавки под слоем флюса приведена на рис. 7.5. Восстанавливаемая деталь вращается в процессе наплавки с определенной скоростью. Электродная проволока автоматически подается в зону сварки. Дуга горит между концом электрода и восстанавливаемой поверхностью изделия под слоем флюса, который непрерывно подается из бункера. Под действием теплоты, выделяемой сварочной дугой, плавятся электродная проволока и основной металл, а также часть флюса, попавшего в зону горения дуги. В зоне горения дуги образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Их давление поддерживает флюсовый свод, образующийся над сварочной ванной. Под влиянием давления дуги жидкий металл оттесняется в сторону, противоположную направлению сварки, образуя сварочную

ванну. Расплавленный флюс в результате значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем.

Оболочка из расплавленного флюса предохраняет металл наплавки и околошовной зоны от кислорода и азота воздуха и, кроме того, препятствует разбрызгиванию жидкого металла. Благодаря тому, что расплавленный флюс обладает низкой теплопроводностью, замедляется процесс охлаждения наплавленного металла. Это облегчает всплытие на поверхность ванны шлаковых включений и растворенных в металле газов, что резко повышает качество наплавленного слоя сплава.

К достоинствам сварки (наплавки) под слоем флюса относятся: высокая производительность процесса, благодаря применению больших токов, большой глубины проплавления, а также почти полного отсутствия потерь металла на угар и разбрызгивание; возможность автоматизации процесса; высокое качество наплавленного металла в результате надежной защиты флюсом сварочной ванны; улучшение условий труда сварщика.

К недостаткам этого процесса сварки следует отнести: значительный нагрев детали; невозможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм по причине стекания расплавленных наплавляемого металла и флюса с поверхности восстанавливаемой детали; необходимость в отдельных случаях повторной термической обработки детали.

Наплавку цилиндрических поверхностей деталей выполняют, как правило, по винтовой линии с перекрытием предыдущего валика последующим на $1/2 - 1/3$ ширины. Для предотвращения стекания расплавленных флюса и металла с восстанавливаемой поверхности наплавку ведут со смещением A электрода с зенита в сторону, обратную направлению вращения детали (см. рис. 7.5). Смещение электродной проволоки зависит в

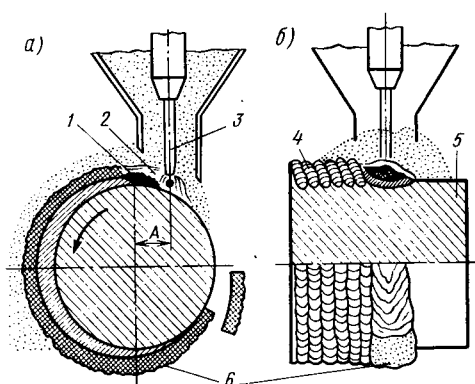


Рис. 7.5. Схема наплавки под слоем флюса: а — поперечный разрез; б — продольный разрез; 1 — ванна расплавленного металла; 2 — расплавленный флюс; 3 — электродная проволока; 4 — наплавленный слой металла; 5 — деталь; 6 — шлаковая корка; А — смещение электродной проволоки с зенита

основном от диаметра наплавляемой детали и определяется опытным путем. Для деталей диаметром 50 — 150 мм смещение электрода лежит в пределах 3 — 8 мм.

При сварке под слоем флюса производительность процесса по машинному времени повышается в 6 — 12 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой. Это достигается за счет использования больших плотностей тока в электродной проволоке (табл. 7.2). Такое повышение абсолютного значения тока и его плотности в электроде возможно благодаря наличию

Таблица 7.2. Сила и плотность тока в электроде при ручной дуговой сварке и сварке под слоем флюса

Диаметр электродного стержня или проволоки, мм	Ручная дуговая сварка		Автоматическая сварка под флюсом	
	Сила тока, А	Плотность тока, A/mm^2	Сила тока, А	Плотность тока, A/mm^2
5	190 — 350	10 — 18	700 — 1000	35 — 50
4	125 — 200	10 — 16	500 — 800	40 — 63
3	80 — 130	11 — 18	350 — 600	50 — 85
2	50 — 65	16 — 20	200 — 400	63 — 125

плотного слоя флюса вокруг зоны сварки, что предотвращает выдувание жидкого металла шва из сварочной ванны и сводит потери на угар и разбрызгивание до 1 — 3 %. Коэффициент наплавки при сварке под флюсом составляет 14 — 18 г/А·ч против 8 — 12 г/А·ч при сварке электродами.

Производительность сварки определяется массой металла, наплавляемого в единицу времени в граммах в час

$$Q = k_n I_{св},$$

где k_n — коэффициент наплавки, г/А·ч; I — сила сварочного тока, А.

Производительность наплавки под флюсом одним электродом составляет 9 — 15 кг/ч, а лентой 5 — 30 кг/ч.

Сварочные флюсы и электродные проволоки. Сварочным флюсом (ГОСТ 9087 — 81) называется неметаллический материал, расплав которого необходим для сварки и улучшения качества шва.

К флюсам для автоматической и полуавтоматической сварки предъявляют ряд следующих требований:

- обеспечение стабильности горения дуги в процессе сварки;
- получение заданного химического состава наплавленного металла;
- обеспечение требуемого формирования металла;
- получение швов без трещин и с минимальным (допустимым) числом шлаковых включений и пористостью;
- обеспечение легкой отделяемости шлаковой корки от поверхности наплавленного металла.

Таблица 7.3. Высота слоя флюса и грануляции частиц для сварки на различных режимах

Сварочный ток, А	Необходимая высота слоя флюса, мм	Предел грануляции частиц, мм
200	25 — 35	0,25 — 1,6
400	25 — 35	0,25 — 1,6
600	35 — 40	0,25 — 1,6
800	35 — 40	0,4 — 2,5
1000	45 — 60	0,4 — 2,5

Решение этих задач связано с составом свариваемого материала и используемой электродной проволоки. Поэтому используемые для наплавки флюсы весьма разнообразны.

Химический состав наплавленного металла формируется в результате расплавления основного и электродного материалов, а также зависит от степени защиты от воздуха. Степень защиты от воздуха определяется как образующимся в результате горения дуги шлаковым куполом над реакционной зоной, так и высотой слоя твердых частиц флюса над этой зоной. Высота слоя насыпаемого на место сварки флюса с определенным гранулометрическим составом частиц зависит от режимов сварки. Для наиболее распространенных флюсов, применяемых при сварке (наплавке) конструкционных малоуглеродистых и малолегированных сталей, которые широко используются в автомобильном производстве, рекомендации по количеству флюса, насыпаемого на место сварки, приведены в табл. 7.3.

Флюсы классифицируют по следующим основным признакам.

1. Назначению:

флюсы общего назначения применяют для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей; флюсы специального назначения применяют для специальных способов сварки, таких как электрошлаковая сварка, сварка легированных сталей и т. д.

2. Способу изготовления:

плавленные, т. е. получаемые сплавлением шихты в электрических или пламенных печах, и неплавленные — т. е. изготовленные без расплавления шихты. К неплавленным относятся флюсы, изготовленные измельчением и смешиванием отдельных компонентов, а также керамические флюсы, которые получают смешиванием порошкообразных шлакообразующих, легирующих, раскисляющих и других компонентов.

3. Химическому составу:

окисидные флюсы, состоящие из окислов металлов и фтористых соеди-

Т а б л и ц а 7.4. Некоторые флюсы, применяемые при сварке углеродистых и маллегированных сталей

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %				
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO
ОСЦ-45	38,0 — 44,0	38,0 — 47,0	6,0 — 9,0	≤6,5	≤2,5
АН-348А	41,0 — 44,0	34,0 — 38,0	4,0 — 5,5	≤6,5	5,5 — 7,5
АН-348АМ	41,0 — 44,0	34,0 — 38,0	3,5 — 4,5	≤6,5	5,0 — 7,5
ОСЦ-45М	38,0 — 44,0	38,0 — 47,0	6,0 — 9,0	≤6,5	≤2,5
ФЦ-9	37,0 — 42,0	36,0 — 41,0	2,0 — 3,0	≤5,0	≤2,0
АН-51	31,0 — 33,0	5,0 — 6,5	7,0 — 8,5	12,0 — 15,0	14,0 — 17,0

Продолжение табл. 7.4

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %							
	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	S	P
	Не более							
ОСЦ-45	≤5,0	—	—	—	—	2,0	0,15	0,15
АН-348А	≤4,5	—	0,1—0,3	—	—	2,0	0,15	0,12
АН-348АМ	≤4,5	—	0,1—0,3	—	—	2,0	0,15	0,12
ОСЦ-45М	≤5,0	—	—	—	—	2,0	0,15	0,10
ФЦ-9	9,0 — 13,0	—	—	—	1,5	—	0,15	0,10
АН-51	21,0 — 23,0	—	—	1,5—2,5	1,5	—	0,15	0,05

нений, применяемые для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей; солевые флюсы, состоящие из фтористых и хлористых солей, применяемые для сварки активных металлов; солеоксидные флюсы, применяемые при сварке и наплавке высоколегированных сталей.

4. Химическому составу шлакообразующей части:

кислые флюсы, содержащие кислые окислы SiO₂ и TiO₂; нейтральные флюсы, содержащие в основном фториды и хлориды; основные флюсы, содержащие окислы основного характера, такие как CaO, MgO и FeO.

Плавленные флюсы различают по строению частиц: стекловидные, пемзовидные и кристаллические флюсы.

По размеру частиц (зерен) флюсы делятся на: тонкозернистые (с зерном до 0,8 мм); мелкозернистые (0,1 — 1,6 мм); среднезернистые (0,25 — 3,0 мм) и крупнозернистые (0,35 — 5,0 мм).

Плавленные флюсы в сравнении с керамическими обладают более высокими технологическими свойства-

ми (лучшая защита от воздуха, формирование наплавляемого сплава, отделимость шлаковой корки). Кроме того, плавленные флюсы более дешевые. Однако керамические флюсы позволяют в более широких пределах легировать наплавленный металл посредством элементов, входящих в флюс. Для механизированной наплавки наиболее широко используются плавленные флюсы.

Плавленные флюсы различают по содержанию в них окислов различных элементов. По количеству окиси кремния флюсы разделяются на: высококремнистые (38 — 44 % SiO₂); низкокремнистые (до 0,5 SiO₂); бескремнистые. По содержанию окиси марганца на: высокомарганцевые (более 30 % MnO); среднемарганцевые (15 — 30 % MnO); низкомарганцевые (менее 0,5 % MnO).

Высококремнистые плавленные флюсы предназначены в основном для сварки и наплавки деталей из углеродистых и низколегированных сталей (табл. 7.4). Наиболее широко в ремонтном производстве для восста-

новления деталей наплавкой используют высококремнистые марганцовистые флюсы ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-348А и АН-348АМ.

Чтобы уменьшить окисление металла в результате его реакций с флюсом, для сварки легированных сталей используют флюсы с ограниченной концентрацией окиси кремния и окиси марганца. Состав некоторых таких флюсов приведен в табл. 7.5.

Рассмотренные плавные флюсы являются системами, состоящими из неметаллических составляющих, окисных и галогенных соединений. Легирование наплавленного металла в этих случаях может иметь место только в результате диссоциации соединений, входящих в состав флюса, или в результате обменных реакций, которые сопровождаются либо повышением в металле концентрации кислорода, либо потерей им других полезных легирующих составляющих. Поэтому вводить таким способом большое количество легирующих элементов в наплавленный металл через флюс затруднительно, и оно ограничивается, как правило, десятками долями процента.

Более эффективным способом легирования через флюсы является введение в их состав свободных металлических составляющих. В этих случаях флюс представляет собой смесь металлических и неметаллических составляющих. Такие флюсы называют керамическими. Составы керамических флюсов могут быть весьма разнообразными, включающими различные окислы, карбонаты, галогениды,

металлические порошки, различные сложные соединения и связующие. В качестве основного вида связующего обычно используют жидкое стекло.

Имея неоспоримое преимущество в виде возможности широкого диапазона легирования наплавленного сплава, керамические флюсы имеют и серьезные недостатки. Осуществляемое ими легирование связано с количеством флюса, переводимого в жидкую фазу, а оно в сильной степени зависит от сварочного режима и однородности химического состава флюса. Это приводит к значительной неоднородности наплавленного металла по химическому составу. Кроме того, к недостаткам керамических флюсов следует отнести низкую механическую прочность и большую гигроскопичность.

Однако несмотря на отмеченные недостатки керамические флюсы достаточно широко используются для восстановления деталей наплавкой. Чаще применяют флюсы АНК-18 и АНК-19. Например, химический состав металла, наплавленного недорогой низкоуглеродистой электродной проволокой Св-08 под слоем флюса АНК-19 содержит: 0,49 %С; 0,66 % Мп; 0,34 % Si; 3,15 %Сг. При этом твердость наплавленного металла лежит в пределах HRC 45 — 49.

Электродная проволока для сварки под флюсом выпускается по Государственному стандарту, который распространяется на горячекатаную и холоднокатаную проволоку из углеродистых, легированных и высоколегированных сталей. В ГОСТе указывается диаметр проволоки, химиче-

Т а б л и ц а 7.5. Состав флюса для сварки легированных сталей

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %									
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O + Na ₂ O	FeO	S	P
	Не более									
АН-10	20—23	29—33	18—24	3—7	1,2	19—21	0,4—0,6	12	0,15	0,20
АН-15	24—29	1,8—2,2	20—22	14—18	9—10	22—25	—	0,8	0,03	0,03
АН-22	18—21	6—9	20—24	12—15	11—15	19—23	—	1,0	0,06	0,06
АН-30	2—5	0,5	19—23	16—20	13—16	39—44	—	1,0	0,08	0,05

ский состав, размеры мотков и другие данные. Примерный химический состав материала проволоки можно определить по буквам и цифрам, входящим в обозначение марки проволоки. Сварочная проволока имеет индекс "Сб", а наплавочная "Нп". Цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Марку проволоки выбирают в соответствии с химическим составом свариваемой стали. Например, для сварки малоуглеродистых сталей используют низкоуглеродистые проволоки Сб-08, Сб-08А, Сб-08ГА и др. Легирующие элементы, входящие в состав проволоки, имеют те же обозначения, что и при маркировке стали. Буква "А" указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. Проволока, изготовленная из стали, выплавленной электрошлаковым или вакуумно-дуговым способом или же в вакуумно-индукционных печах, обозначается буквами Ш, ВД и ВИ.

Наплавочную проволоку разделяют на три группы: из углеродистой стали типа Нп-30, Нп-40, Нп-80 и другие, всего 8 марок; из легированной стали, например Нп-30Х5, Нп-30ХГСА, всего 11 марок; из высоколегированной стали, например Нп-4Х13, Нп-45Х4ВЗФ, Нп-45Х2В8Т, всего 9 марок.

Для наплавки под слоем флюса используют также и порошковые проволоки марки ПП-3Х2В8, ПП-10ХВ14.

Для повышения производительности процесса наплавки под флюсом последнее время в качестве наплавочного электродного материала используют сплошные или порошковые ленты толщиной 0,3 — 1 мм и шириной 20 — 100 мм. Однако для использования данных материалов для наплавки автомобильных деталей требуется проведение дополнительных исследований.

Режимы наплавки. Качество сварного соединения и наплавленной детали во многом определяется режимами наплавки, которые характеризуются размером сварочного тока,

напряжением, родом тока и его полярностью, скоростью сварки, диаметром и скоростью подачи электродной проволоки. К дополнительным параметрам режима относится вылет электрода, наклон электрода к наплавляемой поверхности, марка флюса.

Параметры режима наплавки выбирают исходя из толщины слоя наплавляемого металла, размеров детали, требуемой формы наплавляемого валика. Режим сварки выбирают по экспериментальным таблицам или расчетом.

Силу сварочного тока ориентировочно можно определить по эмпирической форме

$$J_{\text{св}} = 110d + 10d^2,$$

где d — диаметр электрода, мм.

Скорость наплавки в метрах в минуту

$$v_n = \alpha_n J_{\text{св}} / 60M,$$

где α_n — коэффициент наплавки, г/(А·ч); $J_{\text{св}}$ — сила сварочного тока, А; M — масса 1 м металла наплавки, г.

Скорость подачи электродной проволоки в метрах в минуту

$$v_n = 4\alpha_n J_{\text{св}} / (60\pi d^2 \gamma),$$

где d — диаметр электродной проволоки, мм; γ — плотность наплавленного металла, г/см³.

Частота вращения наплавляемой детали в оборотах в минуту

$$n = [250v_n d^2 v_n d^2 / (\Delta s D)] \eta,$$

где v_n — скорость подачи электродной проволоки, м/мин; Δ — толщина слоя наплавки, мм; s — шаг наплавки, мм/об; D — диаметр восстанавливаемой детали, мм; η — коэффициент наплавления.

Обычно шаг наплавки s принимают равным от 2 до 6 диаметров электродной проволоки за один оборот детали. Наплавку плоских поверхностей осуществляют через валик или отдельными участками, что позволяет уменьшить коробление детали.

При наплавке автомобильных деталей, особенно таких, у которых длина значительно превышает диаметр наплавляемой поверхности, необхо-

Т а б л и ц а 7.6. Режимы наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса

Диаметр детали, мм	Сила тока, А, при диаметре электродной проволоки, мм		Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч	Шаг наплавки, мм/об
	1,2 — 1,6	2 — 2,5				
50 — 60	120 — 140	140 — 160	26 — 28	16 — 24	77	3
65 — 75	150 — 220	180 — 220	26 — 28	16 — 28	17	3,5 — 4
80 — 100	180 — 200	230 — 280	28 — 30	16 — 30	104	4
150 — 200	230 — 250	300 — 350	30 — 32	16 — 32	140	5
250 — 300	270 — 300	350 — 380	30 — 32	16 — 35	200	6

димо стремиться к минимальной глубине проплавления основного металла. Это позволяет уменьшить деформацию детали и зону термического влияния, а также снизить вероятность образования трещин в наплавленном металле. Поэтому при выборе режимов наплавки выбирают, как правило, минимально допустимый сварочный ток. Кроме того, увеличение диаметра электродной проволоки при неизменном сварочном токе также уменьшает глубину проплавления и увеличивает ширину шва в связи с эффектом блуждания дуги.

При сварке на постоянном токе глубина проплавления будет зависеть и от полярности, что объясняется различной температурой на катоде и аноде дуги. При сварке на постоянном токе обратной полярности (минус на деталь) глубина проплавления на 40 — 50 % меньше, чем при сварке током на прямой полярности. В определенных пределах глубину проплавления можно изменять, регулируя вылет электрода. С увеличением вылета электрода интенсифицируется его подогрев и соответственно скорость плавления, в результате чего толщина расплава под дугой увеличивается и глубина проплавления уменьшается.

Ширину наплавляемого валика регулируют выбором диаметра электродной проволоки и изменением напряжения дуги. При увеличении напряжения возрастает длина дуги, в результате чего увеличивается ее подвижность и возрастает доля теплоты дуги, расходуемой на расплавление флюса. При этом растет ширина валика наплавленного металла, а глубина проплавления остается практически постоянной.

В табл. 7.6 и 7.7 приведены режимы наплавки плоских и цилиндрических деталей. При использовании порошковой проволоки режимы наплавки необходимо выбирать по табл. 7.8.

Оборудование. Для восстановления деталей наплавкой под слоем флюса наиболее широко используется специальная установка УД-209. Наплавка осуществляется методом винтового или прямолинейного наложения сварочных швов на восстанавливаемую поверхность детали. Установка обеспечивает практически все виды наплавочных работ:

наплавку цилиндрических поверхностей по спирали с шагом наплавки от 2,8 до 12,6 мм;

наплавку деталей с колебаниями электрода на ширину наплавляемой поверхности (до 60 мм);

Т а б л и ц а 7.7. Режимы наплавки под слоем флюса плоских поверхностей

Износ поверхности, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч
2 — 3	1,6 — 2	160 — 220	30 — 32	20 — 25	100 — 125
2 — 4	1,6 — 2	320 — 250	32 — 34	25	150 — 200
4 — 5	2 — 3	350 — 460	32 — 34	20 — 25	180 — 210
5 — 6	4 — 5	650 — 750	34 — 36	25 — 30	200 — 250

Таблица 7.8. Режимы наплавки порошковой проволокой

Марка проволоки	Диаметр, мм	Ток, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Защитная среда	Твердость после наплавки НРС
ПП-АН103	2,5 — 3	260—320	22 — 24	18 — 25	Флюс АН-20	40 — 44
ПП-АН104					Флюс АН-20	40 — 44
ПП-АН120	2,5	120—130	19— 20	30 — 35	Флюс АН-348НВ	300 — 350

линейную наплавку;
наплавку конусных поверхностей.

На установке возможна наплавка деталей диаметром от 25 до 360 мм и длиной от 100 до 800 мм. В качестве электродного материала используют проволоку сплошную и порошковую диаметром 1,2 — 3,2 мм.

Наплавочная установка обеспечивает фиксацию восстанавливаемой детали, ее вращательное движение, подачу электродной проволоки в зону горения дуги, поступательное перемещение электродной проволоки вдоль оси вращения детали и при необходимости приведение электродной проволоки в колебательное движение.

Наплавочная установка УД-209 (рис. 7.6) состоит из сварной станины, на которой размещены каретка, вращатель детали, механизм подачи электродной проволоки, мундштука, задней бабки с подвижной пиколью, устройства для отсоса газов, бункера для флюса и пульта управления.

Каретка 5 установлена на станине 1 наплавочного станка и представляет собой плиту, на которой закреплены ролики: верхние — на неподвижных осях и нижние, имеющие устройство, поджимающее их к направляющим станины. На корпусе каретки крепятся механизмы подъема сварочной головки, а также концевые выключатели механизма подъема и перемещения каретки.

Механизм подачи 6 служит для подачи электродной проволоки через мундштук 4 в зону наплавки. Механизм подачи установлен на каретке и состоит из электродвигателя и червячного редуктора, соединенных между собой изоляционной муфтой и изолирующей прокладкой. Кроме того, механизм подачи электродной

проволоки содержит колебатель мундштука и обеспечивает одновременную подачу и колебания электрода. Регулирование скорости подачи электродной проволоки осуществляется ступенчато при помощи сменных шестерен.

Мундштук 4 установлен на механизме подачи, содержит спираль, являющуюся направляющей для электродной проволоки. Вращатель 2 предназначен для вращения наплавляемой детали, а также для синхронного перемещения каретки при помощи ходового винта при определенных видах наплавки. Привод вращателя осуществляется через клиноременную передачу и червячный редуктор от тиристорного электродвигателя. Такой привод обеспечивает плавную регулировку частоты вращения шпинделя установки в пределах 0,06 — 6,58 мин⁻¹.

Задняя бабка 8 с подвижной пиколью предназначена для поджима длинномерных наплавляемых деталей. Пиколь имеет ручной привод и снабжена тепловым компенсатором.

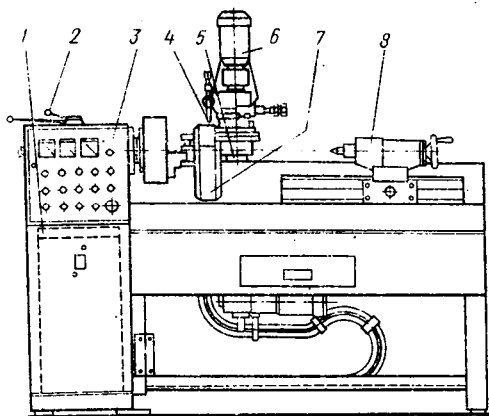


Рис. 7.6. Схема наплавочной установки УД-209

Газоотсос 7 установлен на каретке и предназначен для удаления аэрозолей, образующихся в процессе наплавки. Пульт управления 3 с установкой выполнен в виде панели и содержит помимо управляющих кнопок амперметр и вольтметр для контроля за силой тока и напряжением дуги, а также указатель чисел оборотов шпинделя.

Наплавочная установка питается от универсального сварочного выпрямителя ВДУ-506УЗ, имеющего крутопадающие и жесткие (пологопадающие) внешние характеристики. Данный выпрямитель имеет напряжение холостого хода не более 85 В, номинальное же рабочее напряжение для жестких внешних характеристик 50 В (пределы регулирования — 18—50 В), а для падающих внешних характеристик 46 В (пределы регулирования 22—46 В). Номинальный сварочный ток достигает 500 А. Пределы регулирования сварочного тока для жестких внешних характеристик от 60 до 500 А, для падающих внешних характеристик от 50 до 500 А. Выпрямитель обеспечивает при номинальном напряжении сети легкое зажигание и устойчивое горение дуги при любом токе в пределах регулировочного диапазона.

В ремонтном производстве для наплавки деталей под флюсом достаточно широко используется автомат А-580М, который представляет собой универсальную сварочную головку облегченного типа. Его используют для наплавки цилиндрических деталей диаметром 50 мм электродной проволокой диаметром 1,6—4 мм. Автомат обеспечивает скорость подачи проволоки в пределах 78—198 м/ч. Автоматическую сварочную головку устанавливают на специальных вращателях или переоборудованных токарно-винторезных станках.

В последние годы институтом электросварки им. Е. О. Патона разработана серия станков У-652, У-653, У-654, предназначенная для наплавки под слоем флюса цилиндрических,

конических, шлицевых наружных и внутренних поверхностей деталей диаметром 50—800 мм и длиной до 1300 мм.

В авторемонтном производстве наплавкой под слоем флюса восстанавливают десятки наименований деталей: коленчатые и распределительные валы, полуоси, валы коробок передач и пр. Анализ данных за 1985—1990 гг. по распределению работ по способам восстановления деталей позволяет сделать вывод о том, что каждая третья деталь восстанавливалась наплавкой под слоем флюса.

7.4. СВАРКА И НАПЛАВКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Сущность способа сварки и наплавки в защитных газах. В зону горения дуги под небольшим давлением подают газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха.

В зависимости от применяемого газа сварку в защитных газах разделяют на сварку в активных и инертных газах (рис. 7.7). Сварку (наплавку) в защитных газах ведут как плавящимся, так и неплавящимся электродом. В первом случае металл электрода плавится и участвует в образовании сварного шва. При сварке неплавящимся электродом (обычно вольфрамовым) металл электрода не плавится и с металлом шва не реагирует, а присадочный материал вводят в зону дуги отдельно. Сварку неплавящимся электродом широко применяют при восстановлении деталей из алюминия и его сплавов.

Наибольшее распространение при восстановлении автомобильных деталей получили сварка и наплавка в среде углекислого газа и аргона.

Сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа. Сварка (наплавка) в углекислом газе — это способ сварки плавящимся электродом с защитой сварочной ванны от воздуха углекислым газом. Сварка в углекислом газе голой сплошной проволокой от-

носится к самым дешевым способам сварки углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства она занимает первое место среди механизированных способов сварки плавлением.

При сварке в среде углекислого газа (рис. 7.8) из сопла горелки, охватывающего поступающую в зону горения дуги электродную проволоку, вытекает струя газа, достаточная для оттеснения воздуха от реакционной зоны сварки. Защитные свойства струи зависят от физических свойств газа, в частности, от соотношения его плотности к плотности воздуха. Плотность углекислого газа достаточно высокая, приблизительно в 1,5 раза больше плотности воздуха, что позволяет обеспечить защиту реакционного пространства дуги от воздуха при относительно небольших расходах газа в струе. Исследованиями установлено, что расход газа в объеме 10 л/мин уже обеспечивает достаточную защиту реакционного пространства.

Однако в процессе сварки углекислый газ, попавший в зону горения дуги, диссоциирует: $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$.

Поэтому сварка уже происходит не в чистом углекислом газе, а в равновесной смеси газов CO_2 , CO и O_2 . Количественное соотношение объемов N этих газов зависит от температуры (рис. 7.9). Из рис. 7.9 видно, что при температурах T капель металла (приблизительно 2600 — 2800 К) содержание кислорода в продуктах диссоциации углекислого газа только несколько меньше, чем в атмосфере воздуха. Следовательно, при сварке в среде углекислого газа обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха. Однако сохраняется почти такой же окислительный характер газовой смеси, каким бы он был при сварке голой электродной проволокой в атмосфере воздуха.

Таким образом, при сварке в среде CO_2 необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла. Раскисление можно про-

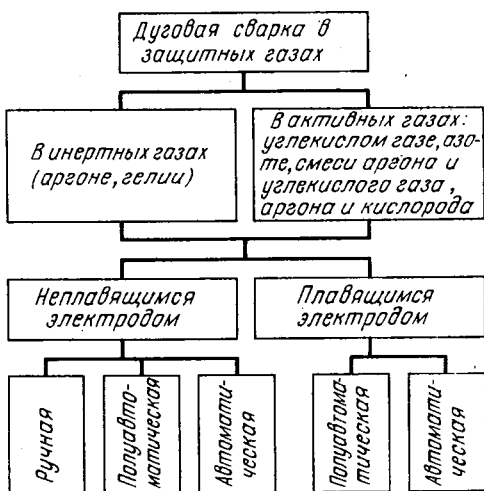


Рис. 7.7. Классификация способов сварки и наплавки в среде защитных газов

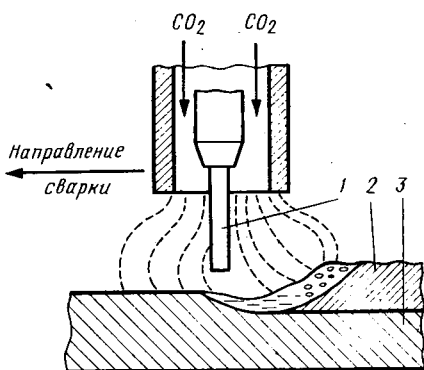


Рис. 7.8. Схема сварки (наплавки) в среде углекислого газа:

1 — электродная проволока; 2 — наплавляемый металл; 3 — наплавляемая деталь

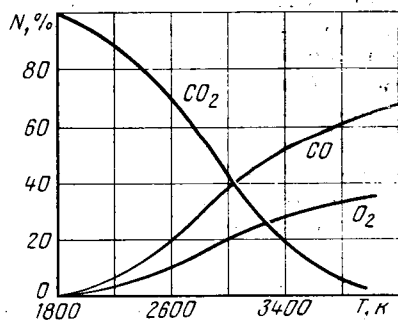


Рис. 7.9. Состав N равновесной газовой смеси, являющейся продуктами диссоциации CO_2 , в зависимости от температуры T

водить двумя методами: специальной обработкой металла шлаком в результате дополнительного введения флюса; применением электродной проволоки, в состав которой входят хорошие раскислители.

В практике сварочно-наплавочных работ распространение получил второй способ. В основном при сварке в среде CO_2 в качестве раскислителей используют кремний (0,6 — 1,0 %) и марганец (1 — 2 %).

При использовании таких электродных проволок диаметром около 2 мм в наплавленном металле конечное содержание кислорода составляет 0,03 — 0,05 %, при содержании 0,3 — 0,4 % кремния и 1 % марганца. Таким образом, потеря кремния составляет в среднем $0,8 - 0,35 = 0,45$ %; а марганца $1,7 - 1,0 = 0,7$ %. Если пренебречь потерями на испарение, то расчетное количество раскислителей может связать кремний в $\text{SiO}_2 = 0,5$ % O_2 и марганец в $\text{MnO} = 0,2$ % O_2 , т. е. в сумме 0,7 %.

При охлаждении наплавленного металла углерод, содержащийся в стали, окисляясь будет способствовать образованию оксида углерода по следующим реакциям: $\text{C} + \text{O} \rightarrow \text{CO}$ и $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{CO} + \text{Fe}$.

Образующийся при кристаллизации наплавленного металла угарный газ (CO) выделяется в виде пузырьков, часть из которых, вследствие быстрой кристаллизации сварочной ванны, не успевает выделиться и задерживается в металле. В результате в наплавке могут образоваться поры.

Если электродная проволока содержит кремний и марганец, то окислы железа раскисляются не за счет углерода с образованием CO , а за счет более лучших раскислителей из проволоки Si и Mn . Это предотвращает образование пор. Раскисление окислов железа идет по реакциям: $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$ и $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{MnO} + \text{Fe}$.

Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают и скапливаются на по-

верхности сварочной ванны в виде шлаков.

Сварочные материалы, используемые для сварки и наплавки в среде углекислого газа, это — электродные проволоки, содержащие раскислители Cv-0,8ГС , Cv-08Г2С , Cv-10ГС , Cv-18ХГС , Нп-30ХГСА , ПП-АН4 , ПП-АН5 , ПП-АН8 , ПП-3Х2В8Т и др. Сварка (наплавка) электродной проволокой, которая не содержит достаточного количества раскислителей Si и Mn и происходит с большим содержанием углерода, сопровождается значительным разбрызгиванием расплава, в наплавленном металле наблюдается пористость, повышается опасность образования трещин.

Промышленное производство углекислого газа основано на его извлечении из газов, образующихся при взаимодействии серной кислоты и мела, при обжиге известняка (около 40 % добычи CO_2), сжигании кокса и антрацита в специальных топках (до 18 % CO_2) из дымовых газов котельных установок (до 12 % CO_2) и пр.

Углекислый газ при атмосферном давлении может находиться либо в газообразном состоянии, либо в твердом при температуре ниже $-78,9^\circ\text{C}$ (сухой лед). В жидкое состояние углекислоту переводят при повышенном давлении. Для сварки и наплавки наиболее удобна ее поставка в виде жидкости.

При испарении 1 л жидкой углекислоты при температуре 0°C и атмосферном давлении получается 506,8 л газа. В стандартный баллон с водяной вместимостью 40 л заливается 25 кг жидкой углекислоты, которая при нормальном давлении занимает 67,5 % объема баллона и дает при испарении около 12,5 м³ газа. В верхней части баллона вместе с газообразной углекислотой скапливается воздух. Вода как более тяжелая, чем жидкая углекислота, собирается в нижней части баллона.

Для сварки и наплавки углекислый газ поставляется по соответствующим техническим условиям, хотя после дополнительной очистки мож-

но пользоваться и пищевой углекислотой.

При использовании пищевой углекислоты в баллонах для удаления примесей воздуха рекомендуется перед сваркой выпускать первые порции газа в атмосферу, а затем после отставивания баллона в перевернутом положении (вентилем вниз) слить воду, осторожно открывая вентиль. После удаления воды и первых загрязненных объемов газовой фазы такая пищевая углекислота дает удовлетворительные результаты при сварке и наплавке.

На крупных ремонтных заводах организовано централизованное снабжение углекислым газом сварочных постов из стационарных вместимостей большого объема. При такой схеме газораспределения жидкая углекислота доставляется потребителю в специальных цистернах и затем переливается в эти вместимости. По специальным трубопроводам пары углекислоты поступают на рабочие посты.

Оборудование для сварки и наплавки в среде углекислого газа — это серийно выпускаемые комплекты (рис. 7.10) различных конструкций: А-547-У, А-547-Р, А-577-У, А-929, ПДПГ-30, аппараты советско-австрийского производства "Варио-Стар".

На ремонтных предприятиях наиболее широко используется полуавтомат А-547-У, который обеспечивает качественную сварку металла толщиной 0,8 — 4,0 мм. Диаметр применяемой электродной проволоки может изменяться в широких пределах от 0,6 до 1,2 мм при скорости ее подачи 140 — 600 м/ч. Номинальный сварочный ток — 300 А. В качестве источника питания используется сварочный селеновый выпрямитель ВС-300.

Сварочный аппарат А-577-У позволяет использовать электродную проволоку диаметром 1,6 — 2 мм при скорости ее подачи 80 — 600 м/ч. Номинальный сварочный ток питания дуги — 500 А.

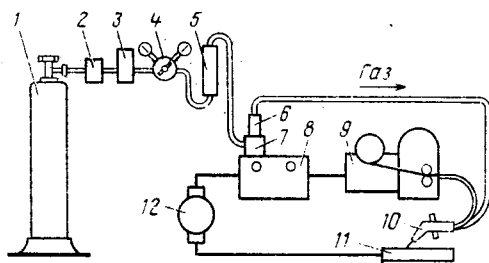


Рис. 7.10. Схема установки для сварки (наплавки) в среде CO_2 :

1 — баллон с углекислым газом; 2 — осушитель; 3 — подогреватель газа; 4 — газовый редуктор; 5 — расходомер газа; 6 — клапан; 7 — электромагнит; 8 — аппаратный ящик; 9 — механизм подачи проволоки; 10 — горелка; 11 — восстанавливаемая деталь; 12 — источник тока

При выходе из баллона углекислый газ резко расширяется и переохлаждается. При определенном расходе газа его температура снижается до такой степени, что может произойти замерзание влаги в газопроводах. Это приводит к прекращению доступа газа в горелку и соответственно в зону сварки. Для предотвращения закупорки газопроводов углекислый газ подогревают при помощи специального устройства — подогревателя газа (рис. 7.11).

Подогреватель газа присоединяется к вентилю баллона при помощи накидной гайки. Углекислый газ после открытия вентиля проходит по змеевику и нагревается от спирали, питаемой электрическим током напряжением 36 В. Подогретый газ выходит через штуцер и поступает в понижающий редуктор.

Для удаления влаги из углекислого газа используют осушитель (рис. 7.12). В качестве поглотителя влаги, как правило, используют силикагель.

Режимы сварки и наплавки во многом определяют качество деталей, восстановленных сваркой или наплавкой. К основным параметрам сварки или наплавки в CO_2 относятся: сила сварочного тока, напряжение питания дуги, диаметр, вылет и скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки, расход углекислого газа.

Сварочный ток и диаметр элект-

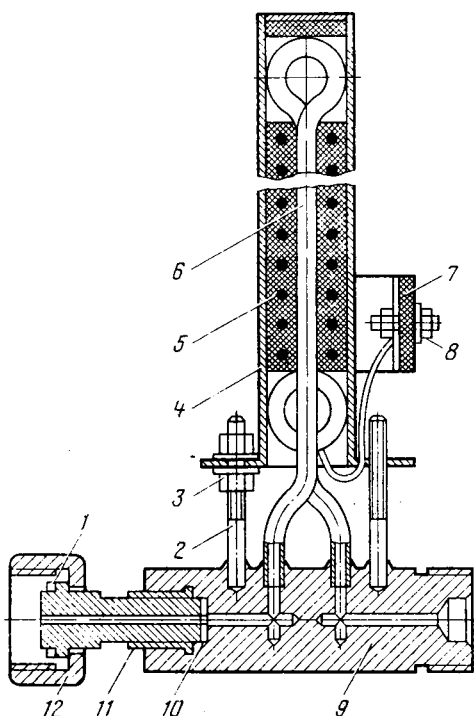


Рис. 7.11. Подогреватель углекислого газа: 1 и 10 — прокладки; 2 — стойка; 3 — гайка; 4 — кожух; 5 — нагревательная спираль; 6 — змеевик; 7 — панель; 8 — зажим подогревателя; 9 — штуцер; 11 — патрубок; 12 — накидная гайка

родной проволоки находятся в зависимости от толщины свариваемого металла и наплавки, числа слоев шва, химического состава наплавляемой детали. В зависимости от сварочного тока, напряжения питания дуги, диаметра и состава проволоки выбирают скорость подачи электродной проволоки с таким расчетом, что-

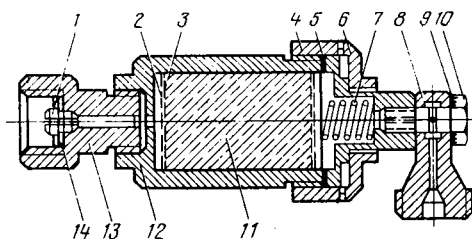


Рис. 7.12. Осушитель углекислого газа: 1 — винт; 2 — решетка; 3 — сетка; 4 — гайка; 5, 9 и 14 — прокладки; 6 — крышка; 7 — пружина; 8 и 13 — штуцера; 10 — болт; 11 — поглотитель влаги; 12 — корпус

бы обеспечить устойчивое горение дуги. Следует использовать источники питания с жесткой внешней характеристикой: ПСГ-500-1, ПСУ-500, ВС-300, ВДГ-301, ВДГ-502, ВСЖ-303 и др.

Вылет электрода должен быть в пределах 8 — 15 мм и зависит от удельного электрического сопротивления электродной проволоки, ее диаметра, силы тока. Расход углекислого газа, достаточный для защиты зоны сварки от азота воздуха, составляет 7 — 10 л/мин. С возрастанием плотности сварочного тока расход газа должен увеличиваться.

В практике ремонтного производства режимы сварки (наплавки) можно определить по типовым таблицам режимов. Например, в табл. 7.9 приведены режимы сварки тонколистовой стали в зависимости от толщины свариваемого металла, а в табл. 7.10 — режимы наплавки цилиндрических поверхностей в зависимости от диаметра детали и толщины слоя наплавки.

Механизированную наплавку применяют для восстановления деталей диаметром 10 — 30 мм, а также для наплавки глубоких отверстий, когда трудно применить другие способы.

В авторемонтном производстве сварка в среде CO_2 является незаменимым способом восстановления рам, кабин и кузовов. Наплавкой восстанавливают десятки наименований деталей: гладкие и шлицевые участки валов, вилки переключения коробок передач, сошки рулевого управления и пр. За период 1985 — 1990 гг. электродуговой сваркой (наплавкой) в среде CO_2 было восстановлено около 20 % от всего объема, поступивших в ремонт деталей.

Аргонно-дуговая сварка и наплавка. Свойства некоторых металлов и сплавов заметно ухудшаются при воздействии на них при высоких температурах кислорода, а в отдельных случаях азота и водорода. Для исключения такого вредного воздействия применяют сварку в инертных газах. Защиту реакционного сварочного пространства в этих случаях осу-

Т а б л и ц а 7.9. Типовые режимы сварки в СО₂ тонколистовой стали

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1,0 — 1,5	0,8	70 — 110	17 — 19	110 — 120	30 — 40
1,0 — 2,0	1,0	90 — 150	18 — 22	110 — 150	30 — 40
1,5 — 2,5	0,8	100 — 150	18 — 21	120 — 150	25 — 35
2,0 — 3,0	1,0	125 — 180	19 — 22	130 — 160	30 — 40
3,0 — 4,0	1,0	150 — 270	18 — 22	150 — 300	25 — 30

существляют либо струей защитного инертного газа, оттесняющего воздух из зоны горения дуги, либо проведением сварки в специальных камерах с созданием в них атмосферы требуемого состава.

Наиболее универсальным защитным газом является аргон. В ряде случаев к инертному газу для улучшения устойчивости дугового разряда, формирования шва, повышения производительности добавляют различные активные газы.

Для восстановления автомобильных деталей сварка в смеси инертных и активных газов не используется и поэтому в данном учебнике не рассматривается.

Благодаря надежной защите расплавленного металла от вредного воздействия кислорода и азота воздуха при аргонно-дуговой сварке появляются возможности восстановления деталей из трудносвариваемых материалов, в том числе алюминия и его

сплавов, бронзы, латуни, нержавеющей сталей и прочих материалов. В ремонтном производстве сварка с защитой аргоном наиболее широко используется для восстановления автомобильных деталей из алюминия и его сплавов.

При сварке и наплавке деталей из алюминия и его сплавов возникают серьезные трудности, связанные с наличием на поверхности деталей тугоплавкой окисной пленки, температура плавления которой 2050 °С. Плотная, механически прочная пленка окислов не позволяет соединить свариваемые части детали, так как температура плавления самого алюминия значительно ниже и составляет 660 °С. Коэффициент линейного расширения алюминия в 2, а теплопроводность в 3 раза больше в сравнении со сталью, что приводит к значительным деформациям свариваемых (наплавляемых) деталей. Кроме того, при нагревании алюминий и его спла-

Т а б л и ц а 7.10. Режимы наплавки цилиндрических поверхностей в зависимости от диаметра детали и толщины наплавленного шара металла

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного шара, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавления, м/ч	Смещение электродной проволоки, мм	Шаг наплавления, мм/об	Потери углеродородного газа, л/мин
10—20	0,5—0,8	0,8	70—90	16—18	40—45	2—4	2,5—3	6—8
20—30	0,8—1	1	85—110	18—20	40—45	3—5	2,8—3,2	6—8
30—40	1—1,2	1,2		19—23	35—40	5—8	3—3,5	6—8
40—50	1,2—1,4	1,4	110—180	20—24	30—35	6—10	3,5—4	8—10
50—60	1,4—1,6	1,6	140—200	24—28	30—20	7—12	4—6	8—10
60—70	1,6—2	2	280—400	27—30	20—15	8—14	4,5—6,5	10—12
70—80	2—2,5	2,5	280—450	28—30	10—20	9—15	5—7	12—15
80—90	2,5—3	3	300—480	28—32	10—20	9—15	5—7,5	14—18

вы не изменяют своего цвета, а в расплавленном состоянии имеют большую жидкотекучесть, что затрудняет формирование сварочного шва или наплавляемого металла.

Аргонно-дуговая сварка осуществляется неплавящимся или плавящимся электродами. При восстановлении используется в основном сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с ручной или механической подачей присадочного материала в зону горения дуги (рис. 7.13).

Сварочные материалы, используемые при этом виде сварки, — это вольфрамовые электроды, присадочный материал и газ. При сварке неплавящимся электродом последний не должен участвовать в формировании состава наплавленного металла или металла шва. Основной задачей неплавящихся электродов является обеспечение устойчивого горения дуги при минимальном их расходе.

Наибольшее распространение в качестве неплавящихся электродов получили вольфрамовые стержни. Такие электроды имеют необходимую электропроводность, высокую механическую прочность, что позволяет их использовать в виде стержней малого диаметра. Температура плавления наиболее тугоплавкого из металлов — вольфрама — равна 3377°C ,

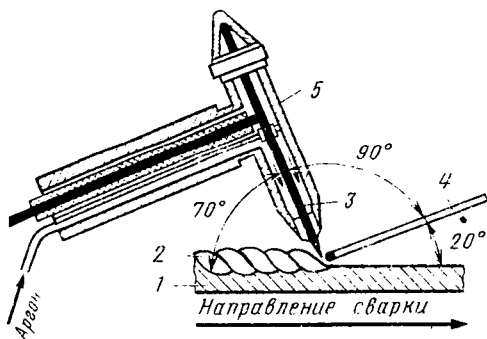


Рис. 7.13. Схема сварки неплавящимся электродом в среде аргона:
1 — восстанавливаемая деталь; 2 — наплавленный металл; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — присадочный материал; 5 — горелка

а температура его кипения около 4700°C . Такие свойства обеспечивают неплавящимся электродам высокую стойкость.

Электроды изготавливаются из порошка вольфрама прессованием, спеканием и последующей проковкой, что приводит к свариванию частиц между собой. Затем из таких заготовок получают волочением электродные стержни требуемого диаметра.

Неплавящиеся электроды из вольфрама относятся к дорогостоящим и дефицитным сварочным материалам. Поэтому при сварке вольфрамовыми электродами необходимо выполнять определенные условия для снижения расхода вольфрама в процессе горения дуги. Так усиливается расходование электродов в результате плавления вследствие образования на их торце более легкоплавких сплавов вольфрама с составляющими свариваемого металла. Эти составляющие попадают на торец электрода как в результате прямого контакта электрода со свариваемым изделием при коротком замыкании во время зажигания дуги, так и в результате конденсации паров и попадания капель из сварочной ванны на торец электрода. Поэтому обычно стремятся исключить контакт электрода с изделием при зажигании дуги. Зажигание выполняют на дополнительной графитовой пластине или наложении в момент зажигания на дуговой промежуток высокого напряжения большой частоты, вызывающего пробой межэлектродного пространства без контакта. Для облегчения возбуждения дуги неплавящийся электрод должен содержать вещества с малой работой выхода электронов. Хорошие результаты дает добавка в порошок вольфрама перед прессованием двуокиси тория (ThO_2) в количестве 1,5 — 2 %. Такие торированные электроды марки ВТ-15 значительно более стойки против оплавления торца.

В последние годы разработаны и широко используются лантанирован-

ные и иттрированные вольфрамовые электроды, обладающие высокими служебными свойствами. Такие электроды по стойкости превосходят торированные. Ориентировочные нормы расхода вольфрамовых электродов при аргонно-дуговой сварке приведены в табл. 7.11.

В качестве присадочного материала используют прутки, проволоку, полосу из того же алюминиевого сплава, что и свариваемый (наплавляемый) материал, либо применяют электродную проволоку, содержащую кремний Св-АК5, Св-АК10, Св-АК12 и др. (табл. 7.12).

Инертный газ аргон получают из воздуха методом ректификации в специальных разделительных колонках. Полученный таким образом "сырой" аргон содержит значительное количество примесей, в частности кислорода. Дальнейшая его очистка осуществляется беспламенным соединением кислорода с добавляемым водородом в присутствии катализаторов. В чистом аргоне в качестве примесей остается небольшое количество азота, кислорода и влаги. В табл. 7.13 приведены составы различных сортов аргона (А, Б, В), поставляемых для сварки.

Аргон сорта А предназначен для сварки химически активных металлов (титана, циркония, ниобия), сплавов на их основе, а также для сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом. Аргон сорта Б используется для сварки неплавящимся электродом сплавов алюминия, магния и других материалов, чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон сорта В применяют для сварки нержавеющей сталей различных классов.

Т а б л и ц а 7.11. Ориентировочные нормы расхода вольфрама при сварке

Свариваемые материалы	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Расход вольфрама на 100 м шва, г	
			Ручная сварка	Механизированная сварка
Алюминиевые и магнитные сплавы	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0
	4,0	3,6	88,0	39,0
	6,0	4,0	132,0	125,0
Конструкционные, нержавеющие и жаропрочные стали	0,5	1,0	6,0	2,8
	1,0	1,5	8,0	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0
	4,0	4,0	132,0	125,0

тродом сплавов алюминия, магния и других материалов, чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон сорта В применяют для сварки нержавеющей сталей различных классов.

Аргон, являясь более тяжелым, чем воздух, своей струей лучше защищает металл при сварке в нижнем положении. Растекаясь по поверхности свариваемого изделия, он защищает достаточно длительное время широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

Аргон поставляется в баллонах, в которые он нагнетается под давлением.

Т а б л и ц а 7.12. Составы электродных проволок для сварки (наплавки) деталей из алюминия и его сплавов

Марка проволоки	Химический состав, %								
	Основные элементы		Примеси						
	Al	Si	Zr	Fe	Zn	Cu	Mg	Прочие примеси	Сумма примесей
Св-А97	≥99,97	—	—	0,015	—	0,005	—	0,01	0,03
Св-АК5	Остальное	4,5 6,0	—	0,6	—	0,2	—	0,1	1,0
Св-АК10	"	7,0 — 10,0	—	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	1,1
Св-АК12	"	11,5 — 13,5	0,05 — 0,25	0,3	—	0,2	—	0,1	0,6

Т а б л и ц а 7.13. Химический состав различных марок аргона

Составляющие газа	Объемное содержание компонентов по маркам, %		
	А	Б	В
Аргон	≥99,99	≥99,96	≥99,90
Азот	≤0,01	≤0,04	≤0,10
Кислород	≤0,003	≤0,005	≤0,005
Влага (для несжатого газа), г/м ³ , не более	0,03	0,03	0,03

ем 15 МПа. Для исключения попадания воздуха и влаги в баллоны их запрещается использовать до полного снижения избыточного давления. При наличии остаточного давления, равного 0,3 — 0,5 МПа, попадание в баллон влаги и воздуха маловероятно, и при последующем наполнении аргон будет иметь требуемую чистоту.

Оборудование, режимы и техника сварки, применяемые при аргонно-дуговой сварке, во многом определяют качество восстановленных деталей. Для восстановления автомобильных деталей из алюминия и его сплавов используют специальные установки УДГ-301, УДГ-501, УДАР-

Т а б л и ц а 7.14. Техническая характеристика установок для аргонно-дуговой сварки и наплавки УДГ-301 и УДГ-501

Параметры установки	УДГ-301	УДГ-501
Род сварочного тока	Переменный	Переменный
Пределы регулирования напряжения дуги, В	8 — 20	8 — 20
Номинальный сварочный ток, А	300	500
Номинальный режим работы (повторность включения ПВ), %	60	60
Длительность цикла сварки, мин	10	10
Пределы регулирования сварочного тока, А	15 — 300	40 — 500
Диаметр неплавящихся электродов, мм	0,8 — 6	2 — 10
Расход аргона, дм ³ /мин	0,5 — 10	4 — 15

500, работающие на переменном токе. Техническая характеристика первых двух приведена в табл. 7.14.

Для аргонно-дуговой сварки в зависимости от силы сварочного тока, диаметра неплавящегося электрода используют различные горелки с водяным и естественным охлаждением (табл. 7.15). Режимы аргонно-дуговой сварки алюминия и его сплавов определяются в первую очередь толщиной соединяемых металлов. При выборе режимов сварки можно руководствоваться табл. 7.16.

Аргонно-дуговую сварку выполняют наклонной горелкой углом вперед, угол наклона к поверхности изделия составляет 70 — 80°, а присадочную проволоку подают под углом 10 — 30° (см. табл. 7.13). Дуга возбуждается замыканием электрода и металла угольным стержнем или кратковременным разрядом высокой частоты при помощи осциллятора. Диаметр отверстия сопла горелки должен соответствовать диаметру вольфрамового электрода.

По окончании сварки дугу обрывают постепенно для заварки кратера. Это осуществляют при ручной сварке постепенным растяжением дуги, а при автоматической — специальным устройством заварки кратера, обеспечивающим плавное уменьшение сварочного тока. Длина сварочной дуги при сварке алюминия должна быть в пределах 1,5 — 3 мм, а ее диаметр должен составлять 0,8 — 1,5 диаметра электрода.

В ремонтном производстве используют для восстановления алюминиевых деталей аргонно-дуговую сварку плавящимся электродом. Сварка происходит с капельным и струйным переносом. С повышением тока капельный перенос металла электродной проволоки сменяется струйным, и глубина проплавления увеличивается. Критическое значение тока, при котором капельный перенос сменяется струйным, составляет при сварке алюминия 70 А.

Наиболее высокое качество сварки и наплавки плавящимся электродом

обеспечивает гамма универсальных сварочных полуавтоматов "Варио-Стар" производства СП "Фрониус-Факел". Компактные сварочные полуавтоматы обеспечивают высококачественную сварку как стальных (защитный газ CO_2), так и алюминиевых (защитный газ аргон) автомобильных деталей. Техническая характеристика полуавтоматов "Варио-Стар" для сварки и наплавки плавящимся электродом приведена в табл. 7.17. Полуавтоматы "Варио-Стар" имеют широкий диапазон регулирования сварочного тока, напряжения и скорости подачи электродной проволоки (1 — 22 м/мин) и надежное электронное управление.

Сварку и наплавку в среде аргона используют при восстановлении блоков цилиндров из алюминиевых сплавов двигателей автомобилей ГАЗ-24-10, УАЗ-469А, ГАЗ-53, картера сцеплений и других деталей. В качестве примера рассмотрим технологию устранения характерных дефектов в блоке цилиндров двигателя автомобиля УАЗ-469. При поступлении в ремонт блок цилиндров (материал — алюминиевый сплав АЛ-4) часто имеет дефекты в виде пробоин и трещин на стенках, обломы на фланцах крепления картера сцепления, масляного картера и на плоскости крепления головки блока, которые устраняются аргоно-дуговой сваркой.

Пробоины на стенках, не захватывающие перегородки, ребра жесткости и масляные каналы устраняют постановкой заплат, которые вырезают из листового алюминия АМЦ толщиной 1,5 — 2 мм. Затем на кромках

Т а б л и ц а 7.15. Характеристика горелок для аргоно-дуговой сварки алюминия и его сплавов

Тип горелки	Допустимый ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Масса горелки, кг
УДАР-300 (малая)	200	2 — 4	0,68
УДАР-300 (большая)	400	3 — 6	0,87
ГРАД-200	250	2 — 4	0,20
ГРАД-400	400	3 — 7	0,40
ЭЗР-3-58	200	2 — 4	0,68
АР-10 № 1	120	1 — 3	0,35
АР-10 № 2	200	2 — 4	0,40
АР-10 № 3	400	3 — 8	0,50

Т а б л и ц а 7.16. Режимы аргоно-электродуговой сварки алюминия вольфрамовым электродом

Толщина деталей, мм	Диаметр электрода, мм	Диаметр выходного отверстия сопла, мм	Сила сварочного тока, А	Расход аргона, л/мин	Напряжение, В
1	1	5	45—55	4 — 5	22 — 24
2	1 — 2	5 — 7	70—85	7 — 8	22 — 24
3	3	5 — 9	100—120	8 — 9	22 — 24
4	4	12—16	170—200	8 — 9	22 — 24
5	5	14—18	180—220	9 — 10	22 — 24
6	5	14—18	220—240	9 — 10	20 — 22
7—10	5	14—18	260—280	10—12	20 — 22

Т а б л и ц а 7.17. Техническая характеристика полуавтоматов для сварки и наплавки

Параметры установки	"Варио-Стар" 240	"Варио-Стар" 304	"Варио-Стар" 404
Напряжение питания, В	3×380/415	3×380/415	3×380/415
Сварочный ток, А	40 — 240	40 — 300	40 — 400
ПВ, %	60	60	60
Сварочное напряжение, В	16 — 17	16 — 29	16 — 33
Число ступеней регулирования	10	12	18
Диаметр электродной проволоки, мм	0,6; 1,0; 1,2	0,8; 1,0; 1,2	0,8; 1,0; 1,2; 1,6

пробоины снимают фаски таким образом, чтобы зазор в стыке с заготовленной заплатой и кромками пробоины был не более 2 — 3 мм. Блок устанавливают на кантователь ОБ-2001 для выполнения сварки. Металлической щеткой зачищают края пробоины и заплату на ширине 15 — 20 мм и обезжиривают уайт-спиритом или ацетоном. Приваривают заплату в четырех-пяти точках, после чего приваривают по всему периметру на установке Удар-500, Удар-300 или УДГ-301 для аргонно-дуговой сварки деталей.

Для сварки используют вольфрамовый электрод марки ВА-1А или ВП-1 диаметром 4 — 5 мм, выходное сопло для аргона диаметром 9—12 мм, присадочный пруток из проволоки АЛ-4 диаметром 4 — 5 мм. Режим работы: сила тока — 180 — 250 А, расход аргона — 8 — 11 л/мин, давление — 0,02 — 0,04 МПа, полярность — обратная.

Шов зачищают металлической щеткой, промывают горячей водой или содовым раствором. Качество сварки проверяют внешним осмотром и при наличии раковин или пор места, имеющие дефекты, переваривают.

Испытание блока на герметичность проводят на стенде АКТЕ-169 под давлением 0,2 — 0,3 МПа в течение 2 мин; при этом течь и отпотевание сварных швов не допускают. При приварке заплат и заварке пробоин, не захватывающих рубашку охлаждения, проверяют герметичность можно керосином. При этом появление пятен керосина на поверхностях, покрытых меловым раствором, не допускается.

Трещины на стенках блоков цилиндров, не проходящие через масляные каналы и не выходящие на резьбовые отверстия шпилек поршневых подшипников, заваривают. Для этого разделяют трещину под углом 90° на глубину 3 — 4 мм по всей длине, применяя пневматическую шлифовальную машинку ИП-2009А и торцовую фрезу. Затем поворачивают блок

в положение, удобное для сварки, зачищают металлической щеткой поверхность вдоль трещины по ширине 25 — 30 мм, обезжиривают зачищенную поверхность уайт-спиритом или ацетоном и заваривают трещину по всей длине аргонно-дуговой сваркой, ведя ее от середины к концам трещины. Заварку отверстий на концах трещины осуществляют после заварки трещины с усилением шва на 2—3 мм.

В процессе сварки блок поворачивают, обеспечивая нижнее положение сварочного шва. Способ сварки, режим очистки шва и проверка на герметичность, а также используемое оборудование те же, что для устранения пробоин.

Обломы на фланцах крепления картера сцепления масляного картера и на плоскости крепления головки блока устраняют двумя способами.

Первый способ — приварка приставок, отрезанных из списанных блоков. Для определения формы и размера приставки обрубает зубилом неровные края облома. Отрезают ножовочным станком приставку из части списанного блока и подгоняют ее при помощи напильника к блоку с обломом для приварки встык. Зазор между приставкой и краями облома не должен превышать 2 — 3 мм.

С наружной стороны облома и приставки под углом 45° делают фаски на глубину 3 — 4 мм и зачищают металлической щеткой поверхность вдоль краев облома и приставки по ширине 20 — 25 мм. Обезжиривают зачищенную поверхность уайт-спиритом или ацетоном. Прихватывают приставку в трех-четырех местах и приваривают аргонно-дуговой сваркой, начиная с мест, наиболее доступных для работы, с усилением шва на 3 — 4 мм. В процессе сварки блок поворачивают, обеспечивая нижнее положение сварочного шва. Используемое оборудование, режим сварки, очистки шва и проверка на герметичность указаны в дефекте для устранения пробоин на стенках блока.

Второй способ — наплавка обломов по формующим шаблонам. Для

наплавки наиболее часто встречающихся обломов изготавливаются стальные формующие шаблоны, восполняющие обломанную часть блока. Устанавливают шаблон на блок и наплавляют по нему место облома. Выдерживают блок до полного охлаждения наплавленного металла и снимают шаблон. Используемое оборудование, режим сварки, очистки шва и проверка на герметичность аналогичны первому способу.

7.5. ВИБРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ

Вибродуговая наплавка отличается от ранее рассмотренных способов наплавки, тем что в процессе восстановления детали конец электродной проволоки совершает колебательные движения в плоскости, перпендикулярной наплавляемой поверхности, а также тем, что наплавленный слой металла принудительно охлаждается.

Процесс осуществляется нестабильной дугой (дуга на стадии тлеющего разряда) в сочетании с периодически повторяющимся коротким замыканием электрической сварочной цепи. Это способствует смягчению теплового режима наплавки. Перенос металла в режиме коротких замыканий облегчает формирование наплавляемых валиков. Вибродуговую наплавку осуществляют на установке стальной проволокой (рис. 7.14), которая подается через мундштук 9 до соприкосновения с поверхностью детали 1. К детали и проволоке подводится сварочный ток низкого напряжения. В момент соприкосновения электрода 10 с деталью 1 по проволоке протекает ток короткого замыкания. Это способствует расплавлению поверхности детали в месте контакта, и торец электрода быстро нагревается до температуры плавления. В результате такого взаимодействия достигается структурная связь между деталью и наплавленным металлом. Благодаря колебательному движению мундштука 9 торец электрода 10 на короткое время отходит от поверхности детали 1, и в

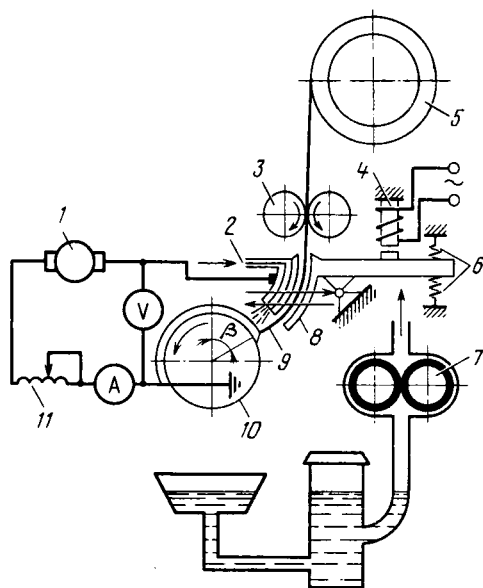


Рис. 7.14. Схема установки для вибродуговой наплавки:

1 — источник сварочного тока; 2 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости; 3 — механизм подачи электродной проволоки; 4 — электровибратор; 5 — кассета с электродной проволокой; 6 — уравнивающие пружины; 7 — насос для подачи охлаждающей жидкости; 8 — мундштук; 9 — электрод; 10 — наплавляемая деталь; 11 — дроссель

разрыве сварочной электрической цепи возникает искровой разряд с переходом в стадию тлеющего разряда, который длится до момента очередного соприкосновения торца электрода с поверхностью детали.

Полезность выполнения электродом данного колебательного цикла состоит в том, что при коротком замыкании сварочной цепи основное количество тепла практически аккумулируется в вылете электрода и небольшом микрообъеме поверхностного слоя детали. При этом температура жидкой ванны достигает 1450—1500 °С, т. е. не превышает температуры плавления металла. Это не только смягчает тепловой режим наплавки, но и предотвращает возможность выгорания и испарения химических компонентов металла.

Стадия тлеющего разряда при удалении торца электрода от поверхности детали используется для предварительного подогрева поверхности

детали перед наплавлением очередной порции металла. В отличие от стабильной дуги, температура которой составляет в средней части около 6000 °С, дуга на стадии тлеющего разряда имеет температуру меньше 4000 °С, что также является фактором, смягчающим тепловой режим наплавки. Кроме того, молекула содержащегося в воздухе азота при этой температуре не диссоциирует и поэтому азот остается химически нейтральным по отношению к железу. Это способствует тому, что процесс вибродуговой автоматической наплавки деталей может обеспечить достаточно хорошее качество наплавки без применения защитных средств (флюса, газа и др.).

В ряде случаев в зону наплавки подают охлаждающую жидкость (2,5 — 6 %-ный водный раствор кальцинированной соды или 20 %-ный водный раствор глицерина). Образующийся водяной пар дополнительно защищает расплавленный металл от воздействия азота воздуха, чем способствует получению валика с более высокими механическими свойствами.

Учеными Института электросварки им. Е. О. Патона АН Украины разработан метод вибродуговой наплавки под слоем флюса, который с успехом применяют для наплавки тонкостенных изделий большого диаметра. Применение флюса обеспечивает замедленное остывание металла и предотвращает образование трещин. Весьма эффективной защитной средой в процессе вибродуговой автоматической наплавки является углекислый газ.

Аккумуляция тепла с последующим быстрым охлаждением малых порций поверхностного слоя металла обеспечивает возможность наплавки вибродуговым способом малогабаритных деталей цилиндрической формы. При этом нет опасности стекания жидкого металла с поверхности детали. Практически диапазон размеров деталей, пригодных для наплавки этим способом, колеблется в пределах 3 — 200 мм.

Вибродуговая наплавка дает возможность получать равномерные слои толщиной от нескольких сотых миллиметра до 3 мм за один проход. Уникальным свойством этой наплавки является то, что в определенном интервале режимов возможно ведение процесса на воздухе без применения защитных средств. Вибродуговой наплавкой восстанавливают стальные и чугунные детали. При наплавке низкоуглеродистой проволокой, например марки Св-08, поверхность легко обрабатывают резцом. Для получения износостойких поверхностей применяют проволоку марки Нп-50Г, Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13 и др.

Наплавку ведут на переменном и постоянном токе обратной полярности. Режимы вибродуговой наплавки приведены в табл. 7.18.

Вибродуговая наплавка обладает рядом серьезных недостатков. Так, ограниченные объемы сварочной ванны не обеспечивают хорошего перемешивания основного и наплавленного металлов, что приводит к образованию в последнем пор и микротрещин. В процессе восстановления деталей охлаждающая жидкость, подаваемая в зону сварки, обеспечивает закалку наплавленного валика, а накладываемый последующий валик частично расплавляет предыдущий и создает зону отжига, что приводит к возникновению напряженного состояния и увеличению трещин в наплавленном металле. Наращенный слой сплава имеет неоднородную структуру и соответственно физико-механические свойства. Поэтому у деталей, восстановленных вибродуговой наплавкой, усталостная прочность снижается более чем в 2 раза. Кроме того, производительность вибродуговой наплавки по сравнению с наплавкой под слоем флюса значительно ниже, а безвозвратные потери электродной проволоки на угар и разбрызгивание увеличиваются в 3 — 4 раза.

Вследствие указанных причин, вибродуговая наплавка для восстановления автомобильных деталей

Т а б л и ц а 7.18. Ориентировочные режимы вибродуговой автоматической наплавки в струе жидкости (4 %-ный водный раствор кальцинированной соды)

Диаметр сварочной проволоки, мм	Напряжение сварки, В	Сила сварочного тока, А	Скорость подачи сварочной проволоки		Амплитуда вибрации, мм	Производительность наплавки	
			м/ч	м/с		кг/ч	10 ⁻⁵ кг/с
0,5 — 0,8	12 — 15	80 — 90	54	0,015	1,0 — 1,2	0,8 — 0,9	0,2
1,0 — 1,6	12 — 18	90 — 100	57	0,015	1,2 — 1,6	0,8 — 1,0	0,31
1,8 — 2,2	18 — 19	100 — 110	61,2	0,017	1,8 — 2,0	0,9 — 1,1	0,31
2,2 — 2,5	20 — 21	110 — 130	72	0,020	2,0 — 2,5	1,2 — 1,3	0,4
2,5 — 3,0	22 — 24	130 — 180	82	0,022	2,0 — 2,5	1,3 — 1,5	0,5
3,0 — 4,0	24 — 26	210 — 240	82	0,022	2,5 — 3,0	1,8 — 2,5	6

применяется в настоящее время редко. Детали, восстанавливающиеся ранее данным способом, в настоящее время успешно наплавляются более прогрессивными методами, например, электроконтактной приваркой металлического слоя.

7.6. СВАРКА ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Общие сведения о чугунах. В автомобильном производстве чугун имеет довольно широкое распространение. Он используется для изготовления базовых, корпусных и других деталей, например, блоков цилиндров, картеров, маховиков, тормозных барабанов, шкивов, ступиц колес и пр. Наибольшее распространение при восстановлении чугунных деталей получила электродуговая сварка.

Чугун относится к трудносвариваемым материалам. Эти трудности обусловлены наличием большого количества свободного углерода и структурой. В процессе восстановления сваркой свободный углерод частично выгорает с образованием углекислого газа, который растворяется в расплавленном сплаве. Некоторая часть газа не успевает выделиться из сварного шва, что приводит к образованию пористости. Кроме того, детали из чугуна после эксплуатации содержат в порах (своеобразных капиллярах) остатки масел, которые при нагреве выгорают и также способствуют образованию пористости в металле шва. Это снижает физико-ме-

ханические характеристики сварного соединения.

Чугун обладает высокой жидкотекучестью и очень быстро переходит из жидкой фазы в твердую, минуя пластическое состояние. При быстром охлаждении сварочной ванны в шве или околошовной зоне может образовываться цементит (Fe_3C), обладающий высокой твердостью и практически нулевой пластичностью. Такое явление получило название отбела чугуна в процессе сварки. Отбел приводит, как правило, к возникновению больших внутренних напряжений и трещинам в сварочном шве или околошовной зоне.

Поэтому для получения качественного сварного соединения при восстановлении чугунных деталей необходимо выполнение особых мер и приемов, направленных в первую очередь на предварительный нагрев деталей до начала сварки, охлаждение наплавленного металла с заданной скоростью, использование специальных электродов с более низкой температурой плавления, чем основной материал, и пр.

Выбор способа и приемов сварки чугунной детали зависит от ее размеров, формы, структуры, характера и места расположения дефекта, наличия тех или других сварочных материалов и других факторов. В ремонтном производстве в зависимости от состояния восстанавливаемой детали используют, в основном, два способа сварки чугуна: холодный и горячий.

Холодная сварка чугуна. Эта сварка наиболее широко используется при восстановлении автомобильных деталей. При данном способе используют специальные сварочные материалы или определенные приемы, например, способ отжигающих валиков, постановкой шпилек и пр.

Одной из основных задач при восстановлении чугунных деталей холодной сваркой является получение швов с минимально возможным количеством малопластичных цементита и ледебурита. Электродные материалы для сварки (наплавки) без предварительного подогрева детали разрабатывались в направлении получения металла шва с достаточной степенью пластичности, который не образовывал бы закалочных структур при больших скоростях охлаждения. Требуемая пластичность материала шва достигается подбором электродного металла с большим значением предела текучести по сравнению с основным материалом, а также благодаря уменьшению количества углерода в наплавленном слое (с повышением количества углерода повышается вероятность образования ледебурита и мартенсита). Однако в процессе сварки избежать разбавления прирасточного металла с основным не удается, поэтому в качестве электродных материалов используют металлы и сплавы, не образующие карбидов с углеродом (медь, никель). Так, при сварке высоконикелевыми электродными материалами возникают благоприятные условия для диффузии никеля в зону неполного расплавления из-за большого градиента концентрации этого элемента и большого коэффициента диффузии в жидком расплаве по сравнению с другими элементами. Для предупреждения образования карбидов на границах сплавления, когда сварка ведется на режимах с малой погонной энергией (без сквозного проплавления), применяют электродные материалы с содержанием никеля более 90 %.

В ремонтном производстве для вос-

становления чугунных деталей наиболее широкое распространение получила механизированная сварка самозащитной электродной проволокой на основе никеля ПАНЧ-11, разработанной в Институте электро-сварки им. Е. О. Патона. Данный вид сварки чугуна обеспечивает высокое качество и производительность, позволяет восстанавливать самые разнообразные по форме и размерам автомобильные чугунные детали.

Рассмотрим устранение основных выбраковочных дефектов чугунных корпусных деталей. После дефектации при обнаружении трещин или пробоев деталь поступает в слесарно-механическое отделение, где ее подготавливают к восстановлению сваркой (рис. 7.15) электродной проволокой ПАНЧ-11. Поверхность с трещиной зачищают при помощи шлифовального круга электро- или пневмошлифовальной машиной до металлического блеска по обе стороны трещины на 8 — 10 мм. Концы трещин обваривают или сверлят сквозные отверстия диаметром 3 — 4 мм, отступив 6 — 10 мм от видимого конца трещины в направлении ее развития. После зачистки поверхностей выполняют разделку трещин (рис. 7.16), причем, сквозные трещины в тонких стенках — с одной стороны (рис. 7.16, а), в толстых (более 12 мм) — с двух сторон (рис. 7.16, в). Стенки средней толщины разделяют, как показано на рис. 7.16, б. Несквозные трещины разделяют до сплошного металла. Операцию разделки трещин выполняют фрезерованием с использованием ручной сверлильной пневматической машины ИП-1011. При разделке прорезным шлифовальным камнем применяют пневмошлифовальную машину ИП-2009А. Сварка проволокой ПАНЧ-11 выполняется на постоянном токе прямой полярности без дополнительной защиты газом или флюсом. При сварке чугуна проволокой ПАНЧ-11 рекомендуются следующие режимы: диаметр проволоки — 1,2 мм, сварочный ток — 80 — 180 А, напряжение

дуги — 14 — 18 В, скорость подачи проволоки — 110 — 120 м/ч, скорость сварки — 4 — 5 м/ч.

Небольшой диаметр проволоки ПАНЧ-11 дает возможность использовать разделку кромок до 5 мм, что позволяет уменьшить тепловложение в деталь и сужает зону структурных превращений в основном металле. При данном виде сварки металл шва имеет достаточно высокие механические характеристики: предел прочности — до 500 МН/м², предел текучести — до 300 МН/м², удлинение — до 25 %, твердость — НВ 160 — 180. На небольшом участке околошовной зоны наблюдается повышение твердости до НВ 280 — 310. При испытании на растяжении образцы разрушаются, как правило, по чугуноу.

Для сварки можно использовать один из серийных шланговых полуавтоматов типа А-547, А-825, "Варио-Стар" 240.

Техника сварки следующая. Трещины заваривают участками длиной 30 — 50 мм с проковкой и охлаждением каждого участка до температуры 50 — 60 °С. Заплаты на пробоины в деталях приваривают вразброс участками длиной 50 — 60 мм по контуру заплаты. Следующий участок на заплате начинают варить после проковки и охлаждения предыдущего до температуры 50 — 60 °С.

Для холодной сварки чугуна нашли применение медно-железные электроды ОЗЧ-2, которые изготавливают из медного стержня с фтористо-кальциевым покрытием с добавкой в него 50 % железного порошка. Эти электроды применяют для заварки трещин в водяных рубашках блоков цилиндров двигателей, головках блоков. Сварку ведут короткой дугой

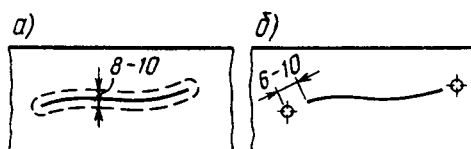


Рис. 7.15. Подготовка трещин к сварке: а — зачистка трещины; б — засверливание концов

на постоянном токе обратной полярности с перерывами на проковку (для снижения внутренних напряжений и повышения плотности шва) и охлаждение детали до температуры 50 — 60 °С. Силу сварочного тока для электродов диаметром 3 — 5 мм выбирают в пределах 110 — 190 А.

Медь, как и никель, не образует соединений с углеродом и практически не растворяется в железе. Поэтому наплавленный слой неоднороден, в медной основе расположены включения высокоуглеродистой стали с высокой твердостью. В околошовной зоне не наблюдаются участки отбела. Шов обладает высокой твердостью.

Таким образом, наплавка электродами с медными стержнями не обеспечивает получения сварного соединения свободного от отбела и закаленных переходных зон. Прочность сплава сварного шва составляет примерно 50 — 60 % прочности основного материала. Поэтому при заварке трещин электродами ОЗЧ-2, учитывая пониженную прочность чугуна в околошовной зоне, необходимо применять усиление шва, захватывая часть детали, прилегающую к кромке.

Более высокое качество восстановления достигается при холодной сварке чугуна электродами МНЧ-2, изготовленными из монельметалла (28 % меди, 2,5 % железа, 1,5 % мар-

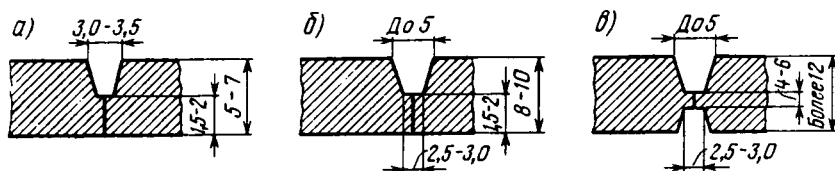


Рис. 7.16. Разделка сквозных трещин

ганца, остальное никель). Сварной шов при этом пластичен, имеет малую твердость, не имеет пор и раковин, зона отбела практически отсутствует, зона закаленного чугуна имеет невысокую твердость, которая может быть снижена небольшим отпуском. Однако твердость и прочность металла сварного шва невысока. Electroдами МНЧ-2 устраняют практически все дефекты, которые встречаются в автомобильных деталях из чугуна: трещины, пробой, сколы, обломы и пр.

С целью экономии дорогостоящих электродов из монельметалла и получения материала шва более высокого качества иногда применяют комбинированную сварку в сочетании с электродами ОЗЧ-2. При таком варианте первый и последний слои наплавляют электродами МНЧ-2, а промежуточные варят электродами ОЗЧ-2.

При отсутствии специальных сварочных материалов, рассмотренных выше, допускается проводить холодную сварку чугуна стальными электродами с содержанием в них углерода не более 0,1 %, например, марок УОНИ-13/45 или ОММ-5. В данном случае применяют специальный способ, получивший название сварки наложением отжигающих валиков (рис. 7.17). При таком способе первый ва-

лик, накладываемый на чугун, из-за перемешивания электродного материала с основным представляет собой сталь с содержанием углерода 0,6 — 0,8 %. При охлаждении шов с таким высоким содержанием углерода закаливается. Последующие сварочные валики накладывают на первые таким образом, что происходит отжиг нижележащих слоев. Это позволяет получить относительно невысокую твердость сварочного шва. Перед сваркой трещину разделяют так, чтобы ширина разделки в верхней части в 2 — 3 раза превышала толщину свариваемой детали. Первоначально выполняют обварку кромок, а затем заполняют разделку. После сварки наложением отжигающих валиков материал шва по химическому составу представляет собой высокоуглеродистую сталь с неоднородной структурой. Данный способ отличается низкой производительностью, невысоким качеством и требует повышенного расхода электродов.

Для восстановления размеров поверхностей трения в ИЭС им. Е. О. Патона разработана самозащитная порошковая проволока марки ПП-АН160 диаметром 1,6 мм. Проволока используется для наплавки изношенных шеек коленчатых валов, изготовленных из высокопрочного чугуна ВЧ-50-2. Наплавка производится с поперечными на всю ширину шейки колебаниями электрода. Наплавленный слой представляет собой белый износостойкий чугун доэвтектического состава с твердостью HRC 48—54. Применение самозащитной порошковой проволоки позволило исключить флюс или защитный газ, что значительно снизило трудоемкость и себестоимость процесса.

От применяющихся в ремонтном производстве способов дуговой наплавки разработанную технологию отличает хорошо сформированный наплавленный слой высокой макрохимической однородности с низкой склонностью к образованию трещин. Это объясняется тем, что скорость распространения температурного

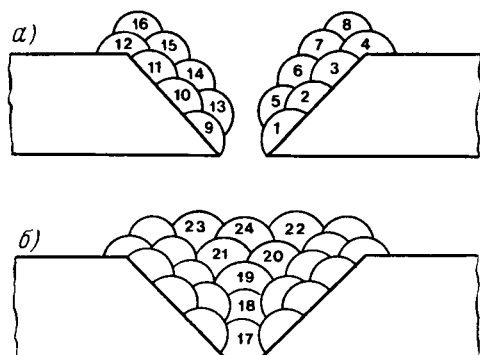


Рис. 7.17. Схема сварки трещин способом отжигающих валиков:
а — обварка кромок разделки; б — наложение соединительных валиков;
1 — 24 — последовательность наложения валиков

поля в тело шейки выше скорости наплавки, а это способствует явлению автоподогрева.

Существенные различия во взаимном расположении коренных и шатунных шеек вала определили целесообразность проведения наплавки на двух специализированных станках УД-289 и УД-290. Основные параметры процесса (скорость подачи проволоки, частота колебаний, скорость наплавки) находятся во взаимной функциональной зависимости и устанавливаются один раз при настройке станка. В качестве источника питания применяют сварочные выпрямители с жесткой внешней характеристикой ВДУ-504, ВДУ-505, ВС-300 и др. Род тока постоянный, полярность обратная.

Описанная технология используется для восстановления чугунных коленчатых валов автомобилей ГАЗ-24, УАЗ-469. К недостаткам данного процесса следует отнести укорочение коленчатого вала после наплавки на 2 — 3 мм.

Горячая сварка чугуна. Эта сварка заключается в том, что деталь предварительно нагревают до температуры 650 — 680 °С в печи и в таком состоянии устраняют дефекты сваркой и наплавкой. Используют электродуговую и газовую сварку. В качестве присадочного материала приме-

няют чугунные прутки марки А, химический состав которых характеризуется повышенным содержанием углерода и особенно кремния. Это необходимо для компенсации их угара при сварке и обеспечения полной графитизации металла шва.

При сварке используют специальный флюс ФСЧ-1, допускается применение технической буры и 50 % смеси углекислого калия и натрия. В процессе сварки нельзя допускать снижения температуры восстанавливаемой детали ниже 500 °С. После окончания сварки деталь охлаждают в специальных термосах или вместе с печью со скоростью 50 — 100 °С в час для нормализации и снятия внутренних напряжений.

При горячей сварке наблюдается наилучшее качество восстановления детали — сварной шов прочный, плотный, однородный по химическому составу и структуре, отсутствуют хрупкие структуры отбеленного чугуна. Однако высокая трудоемкость и стоимость восстановления, а также тяжелые условия труда сварщика ограничивают использование данного способа. По данной причине на авторемонтных заводах в настоящее время горячая сварка и наплавка деталей из чугуна практически не используется.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ**8.1. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНАЯ ПРИВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ**

Процесс электроконтактной приварки. Электроконтактная приварка металлического слоя имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными способами наплавки (под флюсом, в защитных газах, порошковыми проволоками). Важнейшими ее преимуществами является отсутствие нагрева восстанавливаемых деталей, повышение производительности процесса в 2 — 3 раза, снижение расхода металла в сравнении с электродуговой наплавкой в 3 — 4 раза, возможность использования для приварки материала в виде ленты, проволоки и порошка, одновременная с приваркой закалка нанесенного слоя материала. При контактной приварке отсутствует выгорание легирующих элементов в наплавленном слое, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

Исследователями установлено, что 70 — 80 % деталей автомобилей, тракторов и других машин выбраковывают при износах до 0,3 мм, а у двигателей число деталей с таким значением износа достигает 90 %. Контактная приварка позволяет проводить регулируемую по толщине приварку металлического слоя в пределах 0,1 — 1,5 мм, что значительно уменьшает припуски на механическую обработку. Поэтому восстановление деталей определенной номенклатуры электроконтактной приваркой металлического слоя является одним из лучших вариантов малоотходной технологии.

Сущность процесса восстановления заключается в приварке мощными импульсами тока к изношенной

поверхности детали компактных (лента, проволока) или порошковых материалов. Процесс отличается тем, что в сварочной точке, образующейся от действия импульса тока, происходит соединение основного (деталь) и присадочного металлов. Сплошная приварка металлического слоя происходит в результате воздействия сварочных импульсов, образующих сварочные точки, которые перекрывают друг друга вдоль и между рядами. При этом металл ленты расплавляется только в тонком поверхностном слое в месте ее контакта с восстанавливаемой деталью.

Процесс контактной приварки ленты (рис. 8.1) осуществляется совместным деформированием привариваемой ленты и поверхностного слоя основного металла (деталь), нагретых в зоне деформации до пластического состояния короткими 0,02 — 0,16 с импульсами тока 4 — 30 кА. Перекрывание сварочных точек между собой достигается вращением деталей со скоростью, пропорциональной частоте импульсов тока, и продольной подачей цилиндрических электродов.

Электроконтактная приварка ленты к цилиндрической поверхности детали характеризуется следующими параметрами: импульсами тока ($I_{св}$), продолжительностью импульса ($t_{св}$), усилием сжатия электродов ($Q_{сж}$), частотой вращения шпинделя (n) и подачей сварочных электродов.

Чтобы обеспечить требуемый высококачественный уровень восстановления деталей необходимым условием является образование в сварочной точке общих зерен (для однородных или близких по химическому составу соединяемых материалов) или новых фаз (для сварки разнородных

материалов). Прочностные свойства сварного соединения, содержащего вновь образованные фазы, определяются свойствами этих фаз. При оптимальных параметрах электроконтактной приварки прочность соединения основного (деталь) и присадочного (лента) материалов достигает значений, соизмеримых с прочностью одного из соединяемых материалов. В этом случае разрушение образцов происходит не по зоне соединения, а по наименее прочному основному или присадочному материалу.

Оборудование для электроконтактной приварки. Для восстановления широкой номенклатуры деталей с использованием в качестве присадочного материала металлической ленты, проволоки и порошка серийно выпускаются наплавочные головки, которые монтируются на токарный станок или специализированные установки, снабженные унифицированными узлами: вращателем, приводом подач, суппортом со сварочной головкой, прерывателем, источником питания, пневмопиколью и пультом управления.

Среди сварочных головок наиболее широкое распространение получила головка типа ГКН-Р1 (рис. 8.2) для электроконтактной наплавки проволоки. В комплект поставки головки входит источник питания (трансформатор мощностью 75 кВт) и сварочный прерыватель типа ПИЩ, обеспечивающий регулировку импульсов и пауз в заданном режиме. В качестве базового вращателя используется токарный станок 1К62 или 16К20.

По конструкции головка представляет собой два кронштейна, которые жестко закреплены на основании. В верхней части кронштейнов приварены опоры, на которые при помощи болтов прикреплены рессоры. На свободных концах рессор жестко закреплены бронзовые оси, соединенные гибкими токоведущими шинами со вторичной обмоткой трансформатора. На бронзовых осях через контактные втулки установлены сварочные ролики. Присадочная проволока

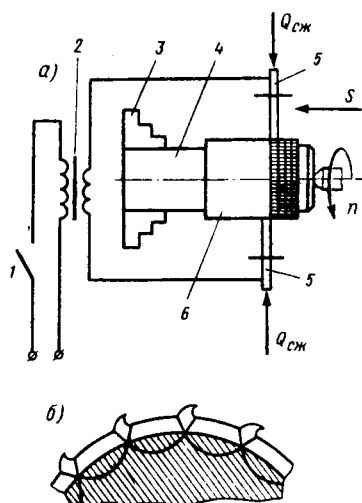


Рис. 8.1. Схема электроконтактной приварки ленты на деталь типа вал (а) и перекрывания сварочных точек (б): 1 — прерыватель тока; 2 — трансформатор; 3 — патрон для крепления детали; 4 — восстанавливаемая деталь; 5 — роликовые электроды; 6 — привариваемая лента

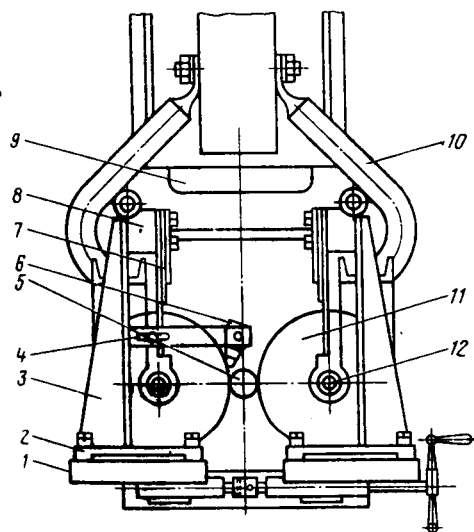


Рис. 8.2. Головка ГКН-Р1 для электроконтактной приварки проволоки: 1 — суппорт; 2 — основание; 3 — кронштейн; 4 — планка; 5 — восстанавливаемая деталь; 6 — направляющий мундштук; 7 — рессора; 8 — опора; 9 — трансформатор; 10 — токоведущие шины; 11 — сварочные ролики; 12 — ось

подается в контакт между сварочным роликом и восстанавливаемой поверхностью детали. Требуемое направление подачи проволоки устанавливается при помощи направляющего мундштука, закрепленного на планке. На двух суппортах закрепляется основание головки, электрически изолированной от них при помощи текстолитовых прокладок.

Наплавочная головка обеспечивает качественное восстановление наружных цилиндрических гладких поверхностей, а также резьбы.

При восстановлении резьбы контактной приваркой присадочную проволоку укладывают во впадины резьбы и зажимают проволоку и деталь между сварочными роликами (рис. 8.3). После включения питания, ток, проходя через проволоку и резьбу, нагревает их в месте контакта до сварочной температуры. После приложения усилия к роликовым электродам нагретая присадочная проволока заполняет впадину между витками резьбы и сваривается с ее боковыми поверхностями, образуя сплошной наплавленный слой. При выборе диаметра проволоки исходят из того, чтобы при нагреве и осадке проволока полностью заполняла впадину между витками и при этом оставался припуск на последующую механическую обработку. Обычно берут проволоку диаметром, равным шагу резьбы или больше его на 5 — 10 %.

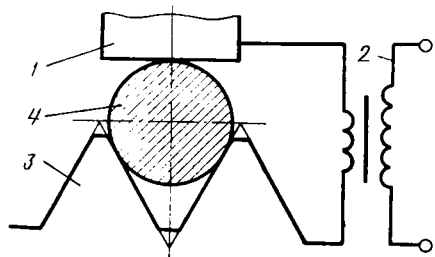


Рис. 8.3. Восстановление резьбы электроконтактной приваркой проволоки:
1 — роликовый электрод; 2 — трансформатор; 3 — витки резьбы; 4 — присадочная проволока

На ремонтных заводах и в автотранспортных предприятиях (АТП) наиболее часто используют установки для контактной приварки металлического слоя, разработанные в научно-производственном объединении "Ремдеталь".

Установка модели ОКС-011-02 "Ремдеталь" предназначена для восстановления посадочных мест под подшипники деталей типа вал. Изношенную поверхность восстанавливают приваркой стальной ленты перекрывающимися точками при помощи регулируемых импульсов тока (до 14 кА). При этом восстанавливаемая деталь и сварочные ролики охлаждаются водой, что обеспечивает закалку наносимого слоя металла. При помощи данной установки можно вести также приварку металлокерамических твердых сплавов под слоем металлической ленты, материал которой служит при этом связкой. Особенностью конструкции установки является бесступенчатое регулирование частоты вращения и скорости подачи, обеспечиваемое тиристорными электроприводами постоянного тока. При помощи установки можно восстанавливать детали диаметром 20 — 150 мм и длиной до 1200 мм. Толщина приваренного слоя может регулироваться в пределах 0,3 — 1,2 мм и определяется толщиной присадочной ленты. Широкий диапазон частоты вращения шпинделя (0,15 — 15 мин⁻¹) и скорости перемещения сварочной головки (4,5 — 450 мм/мин) позволяет выбирать наиболее оптимальные режимы наплавки. Производительность установки достигает 100 см²/мин.

Для восстановления рабочих поверхностей наиболее дорогостоящих деталей двигателей внутреннего сгорания разработана гамма специализированных, высокопроизводительных установок для контактной приварки компактного и порошкообразного материала.

Установка ОКС-011-1-06 "Ремдеталь" предназначена для восстановления внутренней поверхности гильз

цилиндров автомобильных и тракторных двигателей приваркой ленты или порошка, а также может быть использована для закалки гильз. Деталь в процессе приварки вращается, а сварочные клещи имеют продольное перемещение.

Для восстановления опор блоков цилиндров под коренные шейки коленчатых валов служит установка ОКС-011-1-11 "Ремдеталь". Особенностью конструкции установки является использование вращающейся сварочной головки и поворотного стола, имеющего продольную подачу. Это позволяет восстанавливать также отверстия (диаметром 80 — 300 мм и глубиной до 350 мм) в других крупногабаритных корпусных деталях.

Установка ОКС-011-1-08 "Ремдеталь" предназначена для восстановления внутренних поверхностей верхней головки шатунов диаметром от 55 — 150 мм, а также стаканов подшипников и других деталей. Приварка слоя осуществляется импульсами тока определенной длительности и силы. Время прохождения сварочного тока регулируется прерывателем. Работа на установке производится в полуавтоматическом режиме, производительность достигает 60 см²/мин. Благодаря охлаждению водой нагрев и деформация деталей отсутствуют.

Кроме перечисленных выше разрабатаны также установки для восстановления клапанных гнезд головок цилиндров наваркой порошкообразным материалом, для восстановления зубьев шестерен гидронасосов и другие специализированные устройства.

Наплавочные материалы. В качестве наплавочных материалов используют компактные (ленты, проволоки) и порошкообразные материалы. Выбор материала определяет физико-механические свойства покрытий. Наиболее широкое распространение в качестве материала при восстановлении автомобильных деталей приваркой нашли стальные ленты.

В процессе восстановления дета-

лей приваркой зона сварки охлаждается водой, что способствует образованию в наплавленном слое закалочных структур и предотвращает нагрев и деформацию детали. Твердость приваренного слоя зависит от содержания углерода и легирующих элементов в материале ленты. Для восстановления каждой конкретной детали выбирают ленту из такого сплава, который после приварки с одновременной закалкой обеспечивал бы твердость наплавленного слоя, отвечающую твердости, указанной в рабочем или ремонтном чертеже на данную деталь. Выбирая ленты с тем или иным содержанием углерода, можно в широких пределах (от 30 до 65 HRC) изменять твердость приваренного слоя. Твердость приваренного слоя в HRC в зависимости от используемого материала ленты приведена ниже:

Сталь 20	30 — 35
" 40	40 — 45
" 45	45 — 50
" 55	50 — 55
" 40X	55 — 60
" 65 Г	60 — 65

При электроконтактной приварке проволоки используют проволоки сплошного сечения (Св-08, Св-08ГС, Св-08Г2С, НП-30ХГСА и др.) и порошковые (ПП-АН-10, ПП-АН-128). Для восстановления резьб применяют проволоки из малоуглеродистых сталей.

В качестве материалов для роликовых электродов наплавочных установок используют специальные бронзы, содержащие хром, цирконий и другие элементы.

Для приварки порошковых материалов используют порошковые сплавы ПХ20Н80, механические смеси КБХ и ФБХ-6-2 и самофлюсующиеся порошки ПГ-10-01, ПГ-СР-2. Однако использование порошкообразных материалов при восстановлении автомобильных деталей контактной приваркой слоя встречается еще достаточно редко. Это объясняется относительно низкой прочностью сцепления (усилие на разрыв 150—300 МПа) нанесенного покрытия с основой и его пористостью.

Режимы приварки. По принятой классификации параметры, определяющие режимы наплавки, разделяются на электрические и механические.

К электрическим параметрам относятся сила сварочного тока и длительность сварочного цикла. При недостаточной силе тока полной сварки ленты и детали в сварной точке не происходит.

Увеличение силы тока и продолжительности сварочного цикла стабилизирует процесс сварки. При повышении этих параметров до значений, превышающих номинальные, появляются выплески металла, и на поверхности восстанавливаемой детали образуются поры и трещины.

К механическим параметрам относятся: частота вращения детали, подача электродов, усилие сжатия электродов. Подача электродов, частота вращения детали и частота импульсов — важные параметры, соотношение которых следует подбирать

так, чтобы обеспечить 6 — 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва. Этот показатель определяют методом подбора частоты импульсов на эталонных образцах при постоянной скорости их вращения. Подача электродов влияет на перекрытие сварных точек. Недостаточное перекрытие ухудшает свариваемость привариваемого слоя с материалом детали. Повышенное перекрытие точек увеличивает зону отпуска, что приводит к уменьшению средней твердости приваренного слоя. Оптимальные режимы контактной приварки ленты приведены в табл. 8.1.

При недостаточном усилии сжатия электродов на поверхности ленты и детали образуются эрозионные разрушения, сопровождающиеся сильным искрением в зоне контакта. С увеличением усилия сжатия электродов до определенной величины процесс приварки ленты улучшается. В приведенном в табл. 8.1 диапазоне усилий сжатия на поверхностях деталей наблюдается минимальное число пор, глубина вмятин — 0,08 — 0,1 мм. Дальнейшее увеличение усилий сжатия электродов приводит к ухудшению качества сварки, деформации рабочей части и снижению стойкости электродов. При износе электродов происходит увеличение площади контакта электрода с деталью, что приводит к уменьшению плотности тока и давления электродов, ухудшая тем самым условия формирования сварного шва. Высокая плотность тока на контактирующих поверхностях вызывает нагрев и деформацию, а также способствует налипанию материала ленты на электроды. Поэтому электроды необходимо зачищать от налипшего металла и править профиль.

При разработке технологического процесса восстановления резьбовых участков валов контактной сваркой следует установить правильное соотношение между усилием сжатия $Q_{сж}$ и силой сварочного тока $I_{св}$ в зависимости от шага резьбы и диаметра детали. Оптимальная зависимость

Т а б л и ц а 8.1. Режимы приварки ленты

Параметр	Детали	
	корпусные	типа вал
Сила сварочного тока, кА	7,8 — 8,0	16,1 — 18,1
Длительность сварочного цикла, с	0,120 — 0,160	0,04 — 0,08
Длительность паузы, с	0,08 — 0,1	0,1 — 0,12
Скорость сварки, м/мин	0,5	0,7 — 1,2
Подача электродов, мм/об	Ручная	3 — 4
Усилие сжатия электродов, кН	1,70 — 2,25	1,30 — 1,60
Ширина рабочей части электродов, мм	8	4
Диаметр электродов, мм	50	150 — 180
Материал ленты	Сталь 20	Сталь 40—50
Материал детали	Чугун	Сталь лубая
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	0,5 — 1,0	1,5 — 2,0

между силой сварочного тока и усилием сжатия $Q_{сж} = 0,64\sqrt{I_{св}}$.

Сила сварочного тока должна быть такой, чтобы создать высокую температуру в месте контакта проволоки с деталью, достаточную для сварки металла в твердой фазе, но в то же время не расплавить витки. Усилие сжатия приводит проволоку и деталь в тесное соприкосновение, способствуя разрыву оксидных пленок и слоев адсорбированных газов, обеспечивая возможность сварочного процесса и оказывает значительное влияние на качество сварного соединения. Давление в месте контакта проволоки с деталью составляет $P = Q_{сж} / F = 0,8 \div 1,0$ МПа (при плотности тока $300 - 400$ А/мм²). При таком соотношении сварочного давления и плотности тока продолжительность сварочного цикла принимается $0,08 - 0,12$ с. С увеличением шага резьбы продолжительность сварочного цикла увеличивается. Уменьшение сварочного цикла приводит к недостаточному оплавлению проволоки и детали. Качественное восстановление резьбы обеспечивается в том случае, когда последующая точка перекрывает предыдущую не менее чем на $25 - 30$ %.

Чередование включения и выключения тока происходит в виде сварочных импульсов и пауз между ними. В этом случае перекрытие сварных точек определяется совокупностью трех параметров: скорости сварки, продолжительности сварочного цикла $t_{св}$ и продолжительности паузы $t_{п}$. Наилучшие результаты при сварке среднеуглеродистых сталей достигаются, если соотношение между продолжительностью сварочного цикла и паузы составляет $t_{св} / (t_{св} + t_{п}) = 0,5$. При этом $t_{св} = t_{п}$, т.е. чередование включения сварочного тока происходит через равные промежутки времени.

Технологические особенности восстановления деталей контактной приваркой. Технология включает операции подготовки деталей и ленты, приварку ленты и механическую обработку приваренного слоя.

Подготовка детали под наварку за-

ключается в тщательной ее очистке и обезжиривании, исправлении центровых поверхностей и последующей механической обработке (шлифовке, точению) восстанавливаемой поверхности шейки до диаметра меньше номинального на $0,15 \div 0,3$ мм.

Заготовки для восстановления шеек валов изготавливают вырубкой из ленты при помощи штампа или нарезают на ножницах. Перед наваркой ленты очищают от грязи и обезжиривают. Длина заготовки должна быть равна длине окружности восстанавливаемой шейки, при этом зазор в месте стыка более $0,5$ мм не допускается. Ширина заготовки ленты должна на $1 - 2$ мм быть меньше ширины восстанавливаемой поверхности. Толщина ленты выбирается в зависимости от требуемой толщины наваренного слоя (учитывают износ восстанавливаемой шейки, предварительную ее обработку, припуск на последующую механическую обработку).

Ленту приваривают в два приема: предварительно и окончательно. Перед приваркой устанавливают выбранные режимы сварки. Затем деталь закрепляют в патроне, а лента подводится под верхний контактный ролик и прихватывается к восстанавливаемой поверхности несколькими сварочными точками. После чего включают вращение детали и подачу электродов и окончательно приваривают ленту.

Механическая обработка наваренных поверхностей осуществляется на любых круглошлифовальных станках типа 3М132, 3М152 и др.

Рассмотренный способ используется на ремонтных предприятиях для восстановления десятков наименований деталей, в том числе блоков цилиндров, гильз цилиндров, валов корбков передач, шкивов, крестовин дифференциалов, разжимных кулаков и пр. Однако отсутствие надежного оборудования, дефицитность материала в виде лент сдерживают широкое внедрение этого прогрессивного способа восстановления на ремонтных предприятиях.

8.2. ИНДУКЦИОННАЯ НАПЛАВКА

Физические основы нагрева токами высокой частоты. К отличительным особенностям индукционного нагрева относится бесконтактный способ передачи энергии в нагреваемое изделие посредством электромагнитного поля. В любом электропроводном материале, помещенном в переменное электромагнитное поле, индуцируются вихревые токи. В сравнении с кондуктивным индукционный (бесконтактный) подвод энергии упрощает и расширяет возможности нагрева геометрически сложных поверхностей деталей.

Устройством, передающим энергию высокой частоты в наплавляемый металл, является индуктор. Он представляет собой виток или спираль из нескольких витков медной трубки, при работе охлаждаемых водой, по которым протекает ток высокой частоты. При этом вокруг витков создается переменное магнитное поле. Подготовленные к наплавке детали располагают в зоне действия индуктора, где они пронизываются переменным магнитным полем. Переменное электромагнитное поле индуцирует электродвижущую (э. д. с.) силу, под действием которой в металле возникают токи, нагревающие наплавляемую поверхность до заданной температуры. Плотность индуцируемых в каждом элементарном объеме металла токов может изменяться по различным законам в зависимости от формы, геометрических размеров нагреваемой детали, удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала и пр.

Мгновенное значение индуцированной электродвижущей силы в вольтах определяют на основании известного закона электромагнитной индукции, согласно которому э. д. с. равна скорости убывания магнитного потока, т. е.

$$e = -d\Phi/d\tau,$$

где Φ — магнитный поток, Вб; τ — время изменения магнитного потока, с.

Для случая изменения магнитного потока, пронизывающего витки потокосцепленного контура, близкого к синусоиде, действующее значение

$$E = 4,44fn\Phi,$$

где f — частота индуцированного тока, Гц; n — число витков контура.

Выходящая из непроводящей среды, например воздуха, электромагнитная волна внутри металла распространяется перпендикулярно его поверхности и затухает по мере удаления от нее.

Поверхностный эффект. Вихревые токи по сечению проводника распределяются неравномерно, их плотность уменьшается по мере удаления от поверхности к центру. Это связано с затуханием электромагнитной волны, распространяемой внутри металла. Такое явление получило название поверхностного эффекта.

Для количественной оценки поверхностного эффекта в теории индукционного нагрева используют Δ — глубину проникновения тока в материал. При прочих равных условиях поверхностный эффект будет тем сильнее, чем больше размеры проводника и выше частота тока. Глубина проникновения тока представляет собой расстояние, на котором амплитуды напряженностей электрического и магнитных полей плоских электромагнитных волн уменьшаются в 2,718 раз, а фаза волны изменяется на 1 радиан, т. е. на 57° .

Глубина проникновения тока

$$\Delta = 5030\sqrt{\rho/(\mu f)},$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление проводника; μ — относительная магнитная проницаемость; f — частота тока.

В практических расчетах часто используют эмпирическую формулу для определения глубины проникновения тока в материал нагреваемого изделия при определенной температуре:

$$\Delta = k/\sqrt{f},$$

где k — эмпирический коэффициент (табл. 8.2).

В зависимости от размеров детали и частоты тока при индуктивном нагреве различают "массивные" и "прозрачные" тела для электромагнитного поля. Если диаметр проводника, в котором индуктированы вихревые токи, в восемь и более раз больше Δ , то такая частота считается высокой или тело "массивным". Если глубина проникновения тока Δ больше, чем диаметр проводника, то такое тело называют "прозрачным" для электромагнитного поля данной частоты. В "массивном" теле в пределах слоя металла толщиной Δ выделяется почти вся мощность (86,5 % энергии, подводимой в тело).

Влияние нагрева на электрические свойства материала. К основным электрофизическим свойствам материалов относится магнитная проницаемость (μ) и удельное электрическое сопротивление (ρ). Данные параметры оказывают основное влияние на глубину проникновения тока и передаваемую в изделие мощность.

В зависимости от относительной магнитной проницаемости нагреваемые материалы разделяют на парамагнетики, диамагнетики и ферромагнетики. У первых двух μ близка к единице, а у ферромагнетиков она значительно превышает единицу. К ферромагнетикам относятся железоуглеродистые сплавы, никель, кобальт. Магнитная проницаемость у ферромагнетиков зависит от напряженности магнитного поля, температуры и ряда других факторов. Влияние температуры нагрева на изменение магнитной проницаемости в области достаточно сильных магнитных полей представлено на рис. 8.4. Скачкообразное уменьшение магнитной проницаемости при температуре 1053 К связано с потерей магнитных свойств стали. Температура, при которой магнитная проницаемость падает до единицы, называется точкой Кюри. Для различных материалов температура магнитных превращений различна. Например, для углеродистых сталей точка Кюри лежит в интервале температур 1033—1056 К,

Т а б л и ц а 8.2. Значение эмпирического коэффициента k в зависимости от температуры и марки нагреваемого материала

Материал	Температура, °C	k	Материал	Температура, °C	k
Сталь	20	20	Алюминий	20	85
	300	550		500	155
	1300	575			
Медь	20	67	Сплав Сормайт	20	50
	100	77		1300	540
	1000	155			

кобальта — 1413 К и никеля — 633 К.

При нагреве помимо изменения магнитной проницаемости происходит увеличение электрического сопротивления металлов. Известно, что удельное сопротивление сталей возрастает монотонно во всем интервале температур до точки Кюри, а затем его увеличение замедляется. При температурах нагрева свыше 1237 К удельное сопротивление различных сталей практически одинаково и равно $1,2 — 1,3 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

В процессе индукционного нагрева в связи с изменением магнитной проницаемости и удельного сопротивления при достижении точки Кюри происходит изменение глубины проникновения тока пропорционально $\sqrt{\rho/\mu}$. Различают глубину проникновения тока Δ_x в холодный и Δ_r горячий металл. Глубина проникновения тока Δ_r в нагретую выше точки Кюри сталь увеличивается в 8 — 10 раз. Глубина

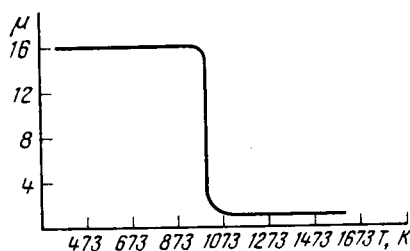


Рис. 8.4. Зависимость относительной магнитной проницаемости μ от температуры T нагрева стали 45

Т а б л и ц а 8.3. Глубина проникновения тока в холодный и нагретый материал

Материал	Тем-пература, К	Δ	Глубина проникновения, см, при частоте, кГц					
			0,05	0,5	2,5	10	100	1000
Сталь 45	293	40	0,5	0,15	0,067	0,034	0,011	0,0034
Сталь 45	1073	1	7,0	2,2	1,0	5,0	0,16	0,05
Медь	293	1	1,0	0,3	0,13	0,07	0,022	0,07
Алюминий	293	1	1,2	0,38	0,17	0,08	0,025	—
Никель	1273	1	4,9	0,54	0,7	0,346	0,14	—

проникновения тока в горячий металл $\Delta_r \approx 0,5/\sqrt{f}$.

Значения глубин проникновения тока в холодную сталь (Δ_x) и нагретую выше точки Кюри (Δ_r), а также для других металлов приведены в табл. 8.3.

Эффект близости. Природа эффекта близости и поверхностного эффекта одна и та же. Только в данном случае концентрация тока в определенных местах поверхности проводника рассматривается как результат суммарного взаимодействия собственного поля и электромагнитных полей всех проводников с током в системе. Картина распределения тока и магнитного поля в проводниках прямоугольного сечения для случая одинаково и встречно направленных токов показана на рис. 8.5. Из рис. 8.5 видно, что наибольшая плотность тока при одинаковом его направлении наблюдается на наружных поверхностях проводников, а при встречном на-

правлении тока — на внутренних поверхностях. Исходя из названия эффект близости проявляется только в том случае, если проводники с током сближаются на малые расстояния. Перераспределение плотности тока будет выражено тем сильнее, чем меньше расстояния между проводниками и чем выше частота.

Эффект близости позволяет разработать такой индуктор, который может обеспечить требуемую локальность нагрева заданной поверхности изделия.

Кольцевой эффект. Другой разновидностью поверхностного эффекта является кольцевой эффект, который заключается в том, что у свернутого в кольцо или спираль проводника наибольшая плотность тока наблюдается на его внутренней поверхности. Кольцевой эффект проявляется тем сильнее, чем больше высота проводника по отношению к диаметру кольца. Наблюдается ярко выраженная симметрия магнитного поля индуктора. Внутри индуктора (рис. 8.6) магнитное поле значительно больше, чем снаружи. Кольцевой эффект является полезным при нагреве у деталей наружной цилиндрической поверхности. Вместе с тем он затрудняет или делает вообще невозможным нагрев до заданной температуры внутренних цилиндрических поверхностей. Это связано с резким снижением напряженности электромагнитного поля у нагреваемой поверхности.

Энергоемкость процесса наплавки. Энергоемкость характеризуется затратами энергии на единицу массы наплавленного металла. Эти затраты складываются из количества энер-

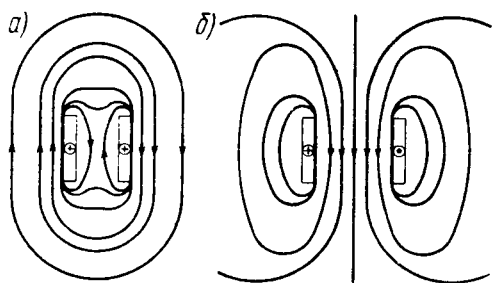


Рис. 8.5. Распределение тока в проводниках при эффекте близости:
а — одинаково направленные токи; б — встречно направленные токи

гии, которое необходимо на осуществление процессов наплавки W_n , из тепловых потерь W_T и потерь энергии на преобразование и передачу энергии W_s : $W = W_n + W_T + W_s$.

Затраты энергии на наплавку W_n , не зависящие ни от вида электроносителей, ни от продолжительности процесса, составляют суммарные затраты энергии на нагрев основного металла W_o , наплавляемого сплава W_c и флюсов W_f до температуры плавления, на расплавление присадочного сплава $W_{п.с}$ и флюса $W_{п.ф}$ на сопутствующие реакции и фазовые превращения $W_{р.ф}$: $W_n = W_o + W_c + W_f + W_{п.ф} + W_{п.с} + W_{р.ф}$.

Средняя энергоёмкость (кВт·ч/кг) некоторых видов производственных процессов представлена ниже:

Газоплазменная, ацетиленкислородная наплавка сплавов типа сормайт	12 — 15
Ручная электродуговая наплавка при токе:	
постоянном	1,0
переменном однофазном	4,0
переменном трехфазном	2,8
Индукционный нагрев стали до температуры:	
800°C	0,4
1100°C	0,5
Индукционный нагрев под наплавку твердыми сплавами до температур 1300°C	0,6—0,7

Высокочастотные установки. Условия для индукционного нагрева состоят обычно из одинаковых элементов, которые связаны между собой общей электрической схемой. В нее входят:

генератор высокой частоты (машинный, ламповый, ионный, тиристорный);

индуктор тока высокой частоты (ТВЧ) одновитковый или многovitковый;

конденсаторная батарея, компенсирующая низкий коэффициент мощности индуктора;

закалочный трансформатор;

контактор для подключения и отключения тока нагрузки;

линии передач тока высокой частоты от источника питания до индуктора;

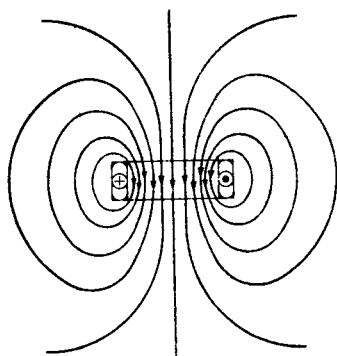


Рис. 8.6. Магнитное поле пустого индуктора

система водяного охлаждения: высокочастотные измерительные приборы (амперметр, вольтметр, ваттметр, фазометр);

измерительные трансформаторы напряжения и тока.

В зависимости от функционального назначения установки дополнительно укомплектовывают плавильной печью, станком для закалки, кузнечным нагревателем, аппаратурой для поддержания и контроля режима нагрева. В ряде случаев для нагрева используют промышленную частоту, и тогда генератор отсутствует. При питании однофазной нагрузкой вместо генератора устанавливают устройство, преобразующее трехфазную систему в однофазную, которое обеспечивает симметричную нагрузку сети. Нагреваемая деталь помещается внутри индикатора или около него. Переменное магнитное поле индуктора вызывает появление индуктированного тока в детали, в результате чего происходит ее нагрев.

Все схемы установок подчинены условиям согласования (настройки) параметров нагрузки с параметрами источника тока высокой частоты (генераторы) с тем, чтобы обеспечить передачу индикатором необходимой мощности в нагреваемую деталь в пределах допустимых превышений номинальных данных генератора в процессе всего цикла нагрева.

У нас в стране наиболее широкое распространение получили машин-

ные преобразователи, статические преобразователи частоты и ламповые генераторы.

Высокочастотный машинный преобразователь. Преобразователь состоит из генератора средней частоты и трехфазного приводного двигателя. Машинные преобразователи являются главным источником питания электротермических установок. Общая мощность установок с машинными генераторами исчисляется несколькими миллионами кВт. Основные достоинства машинных преобразователей:

простота конструкции, высокая надежность, легкость обслуживания;

возможность включения нескольких преобразователей на параллельную работу;

сравнительно низкая стоимость.

К недостаткам машинных преобразователей относится снижение их к. п. д. при неполной загрузке. Кроме того, такие преобразователи создают повышенный шум, имеют достаточно сложную систему водоохлаждения и смазки.

Статические преобразователи частоты. Преобразователи используют в качестве источников питания электротермических установок токами повышенной частоты в диапазоне 200 — 1000 Гц. Преобразование частоты в таких устройствах осуществляется в результате коммутации постоянного тока управляемыми вентилями. Схе-

мы преобразования частоты могут быть осуществлены как на полностью управляемых вентилях, так и на вентилях, имеющих полууправляемую характеристику (тиратроны, экситроны, тиристоры и т. п.). Полная схема преобразователя частоты включает источник постоянного тока (выпрямитель), звено преобразования (инвертор), цепи контроля и управления.

Положительными характеристиками статистических преобразователей (табл. 8.4) частоты являются, в сравнении с электромашинными, высокий электрический к. п. д., обусловленный незначительным падением напряжения на вентилях, отсутствие больших вращающихся масс и малые статистические весовые нагрузки.

Ламповые генераторы. Генераторы наиболее часто используют в качестве источника нагрева при индукционной наплавке. Такие генераторы преобразуют ток частотой 50 Гц в высокочастотный (до сотен мегагерц). Преобразование осуществляется дважды: вначале ток промышленной частоты выпрямляется, а затем постоянный ток преобразуется в переменный высокой частоты. В простейших случаях генераторы состоят из трех основных частей — выпрямителя с анодным трансформатором, генераторной лампы и колебательного контура.

Ламповые генераторы мощностью более 10 кВт (табл. 8.5) выполнены по

Т а б л и ц а 8.4. Технические характеристики статических преобразователей частоты

Показатель	Тип преобразователя			
	ТПЧ-1	ТПЧ-2	ТПЧ-800-1	СГЧ-2×800
Номинальная мощность, кВт	630	630	800	1600
Частота, Гц	500/1000	150—300	50/1000	800—1300
Выходное напряжение, В	800—1000	800—1000	600—1000	500—1800
Питающее напряжение, В	3×380	3×380	3×380	3×6000
К. п. д., не менее	92	92	94	92
Масса, кг	3650	3650	4400	35370
Габаритные размеры, мм:				
длина	5100	5100	5211	—
ширина	1000	1000	900	—
высота	2480	2480	2680	—

Т а б л и ц а 8.5. Основные технические данные ламповых высокочастотных установок

Показатель	Тип установки				
	ВЧИ-10/0,44	ВЧИ-25/0,44	ВЧИ-63/0,44	ВЧИ2-100/0,066	ВЧИ3-160/0,066
Номинальная мощность высокой частоты, кВт	10	25	63	100	160
Рабочая частота, кГц	440	440	440	66	66
Напряжение питающей сети, В	380	380	380	380	380
Мощность, потребляемая от сети, кВт	14	37	90	140	220
Мощность анодного трансформатора, кВт · А	25	40	100	160	250
Число генераторных ламп	1	1	1	1	2
Тип генераторных ламп	ГУ-59А	ГУ-62А	ГУ-62А	ГУ-23А	ГУ-23А
Число ламп (вентилей) выпрямителя	84	7	7	7	7
Тип ламп (вентилей) выпрямителя	ВК-2-10-10А	ТР1-6/15	ТР1-6/15	ТР1-6/15	ТР1-15/20
Масса установки, кг	700	1800	2150	3000	3300
Габаритные размеры, мм:					
в плане	1200×1000	3250×830	3250×830	2910×1420	4300×1400
высота	1900	2200	2200	2240	2300

двухконтурной схеме, что позволяет лучше стабилизировать частоту и осуществлять настройку оптимального режима при изменяющихся параметрах нагрузки в процессе нагрева. Однако это приводит к увеличению габаритных размеров генераторов и дополнительных потерь энергии в контурах.

Все двери блоков генераторов, в которых напряжение свыше 1000 В, имеют электромеханическую блокировку. При правильной очередности открывания дверей прежде всего снимается питающее напряжение. Узлы установки экранированы алюминиевыми листами. Этим достигается снижение радиопомех и защита обслуживающего персонала от излучения.

Индукторы для нагрева. Передача энергии от источника питания токов высокой частоты в нагреваемое изделие при наплавке осуществляется при помощи многovitковой или одновитковой катушки, называемой индуктором. Форма и размеры индуктора зависят от способа нагрева, размеров и конструкции нагреваемой по-

верхности, подводимой мощности, частоты тока, объемов производства, степени механизации и т. д. Индуктор является основным элементом любой высокочастотной нагревательной установки. В большинстве случаев достоинства и недостатки технологических устройств, в которых используется индукционный нагрев, могут быть поставлены в прямую связь с особенностями конструкции индуктора. Индукционную наплавку наиболее эффективно используют в условиях крупносерийного и массового производства. Современное поточное массовое производство, как правило, высокоавтоматизированное. Поэтому при разработке конструкции необходимо анализировать также схемы автоматизации загрузки детали в индуктор и возможности передачи ее на последующие операции механической обработки.

Чтобы увеличить электрический к. п. д., а также $\cos\varphi$, зазор между индуктирующим приводом и нагреваемой поверхностью должен быть минимальным. Однако чем меньше этот зазор, тем с большей точностью

необходимо изготавливать детали индуктора.

Уменьшая зазор, мы всегда повышаем к. п. д., но возможно значительное удорожание изготовления и эксплуатации устройства. При малых зазорах повышается процент брака из-за случайных прикосновений детали к индуктору и возникающего при этом пробоя между индуктором и деталью. Зазор, который можно допустить без существенного уменьшения к. п. д., пропорционален ширине индуктирующего провода. Практически для деталей среднего машиностроения (автомобили, тракторы и пр.) зазоры менее 2 — 3 мм следует выбирать только в отдельных обоснованных случаях. При этом следует учитывать точность изготовления наплавляемой поверхности и поверхностей, на которые базируются заготовки, а также допуски на их взаимное расположение. Обычно зазор должен быть в 4 — 5 раз больше суммарной ошибки, которая может появиться из-за случайного совпадения отклонений размеров и расположения нагреваемой и базовых поверхностей.

В последние годы разработаны индукторы с электроизоляционным покрытием рабочих поверхностей окисью алюминия. Благодаря этому устраняются случайные замыкания детали и индуктора, уменьшается зазор между ними и повышается к. п. д. и, как следствие, сокращается время наплавки на 10 — 12 %.

Все токоведущие элементы должны изготавливаться из меди М1 — материала очень хорошей электропроводности.

Известно, что ток в индукторе протекает только в поверхностном слое токоведущих частей, толщина которого равна глубине проникновения тока данной частоты в медь. Поэтому с точки зрения экономии цветных металлов только эти элементы можно изготавливать из чистой электролитической меди. Остальные элементы могут быть изготовлены из любого немагнитного материала. Однако пока не разработаны дешевые способы

прочного и плотного соединения меди с алюминием или текстолитом. Поэтому конструкции индукторов, изготовленных из различных материалов, используются еще редко.

Расчет параметров индуктора для наплавки представляет значительные трудности. Большинство наплавочных индукторов, особенно работающих на радиочастотах, изготавливают на основании опыта с последующей их доводкой после экспериментальной проверки. Разнообразие геометрических форм наплавляемых поверхностей деталей требует соответствующего числа различных по конфигурации индукторов.

По форме индукторы разделяются на кольцевые и петлевые. По конструкции — на разъемные и неразъемные. По числу витков — на одновитковые и многovitковые. По направленности нагрева — для нагрева наружных (цилиндрических, плоских и пр.) (рис. 8.7) и внутренних (рис. 8.8) поверхностей.

Нашли распространение и индукторы с магнитопроводом, которые применяются для вытеснения тока в сторону открытого паза. Такие конструкции используют главным образом при закалке внутренних (рис. 8.8, а) или плоских поверхностей, а также в случаях, где требуется неодинаковая степень нагрева. Без магнитопровода ток в силу кольцевого эффекта концентрируется на внутренней, удаленной от нагреваемой детали, поверхности индуктирующего провода, напряженность поля на поверхности детали падает и к. п. д. индуктора резко уменьшается.

Магнитопровод изготавливают из пластин трансформаторной стали марки Э42 или Э44 толщиной 0,2 — 0,35 мм. На радиочастотах и в некоторых случаях при частоте 8000 Гц для концентрации нагрева используют для магнитопровода ферриты. Феррит — это полупроводниковый магнитный материал, получаемый спеканием спрессованной тонкой смеси окислов некоторых металлов. Для использования в индукторах

можно применять, например, ферриты, изготовленные из смеси состава: NiO — 12%, Zn — 18%, Fe_2O_3 — 66% и CuO — 4% (по массе). Температура спекания таких ферритов — 1300 — 1400°C.

Использование ферритов при изготовлении индукторов для наплавки дает заметный эффект. Например, при индукционной наплавке очень часто возникает необходимость сконцентрировать магнитное поле на том или ином участке детали, где из-за особенности ее конструкции или иных причин выделяется меньше тепла. Такая неравномерность нагрева отражается на качестве наплавки и вынуждает идти на перегрев отдельных участков детали, а иногда и вообще отказываться от упрочнения таких поверхностей. В этом случае целесообразно использовать ферриты, которые дают дополнительные возможности по управлению магнитным полем высокой частоты. Ферриты особенно необходимы для индукторов для нагрева деталей сложной конфигурации, а также индукторов для нагрева внутренних поверхностей. Коэффициент полезного действия индукторов с магнитопроводом достаточно велик и достигает в среднем 80 %.

Индуктирующий провод и другие токонесущие элементы индуктора нагреваются при прохождении по

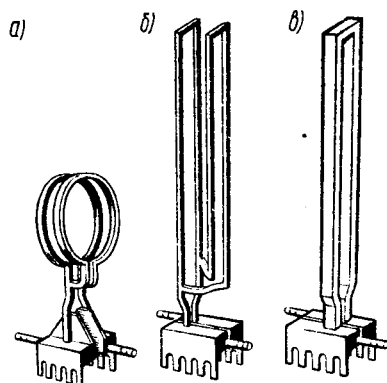


Рис. 8.7. Индукторы для нагрева наружных наплавляемых поверхностей: а — с двумя витками, соединенными параллельно; б — прямоугольный; в — петлевой

ним тока высокой частоты. Кроме того, наплавляемая деталь излучает тепло, которое частично поглощается индуктирующим проводом. Только в отдельных случаях выделяющееся тепло может быть рассеяно в окружающую атмосферу. В большинстве случаев для предохранения индукторов от разрушения (расплавление участков) их элементы необходимо принудительно охлаждать.

Способы индукционной наплавки. Существующие варианты наплавки с использованием индукционного нагрева токами высокой частоты можно классифицировать по состоянию ос-

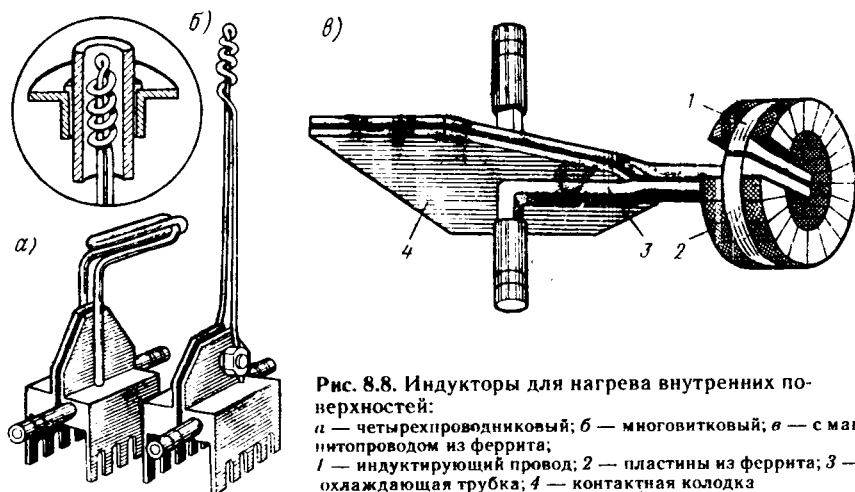


Рис. 8.8. Индукторы для нагрева внутренних поверхностей: а — четырехпроводниковый; б — многovitковый; в — с магнитопроводом из феррита; 1 — индуктирующий провод; 2 — пластины из феррита; 3 — охлаждающая трубка; 4 — контактная колодка

нового металла и виду присадочного (наплавляемого) материала. Различают следующие способы наплавки: порошкообразной шихтой, монолитным или брикетированным присадочным материалом, в огнеупорной среде, центробежную и жидким сплавом.

Наплавка порошкообразной шихтой. При наплавке порошкообразной шихтой в качестве присадочного материала используют порошкообразную шихту, которая состоит из гранулированного сплава и флюсов на основе буры. Приготовленную шихту наносят равномерным слоем на поверхность наплавляемого изделия. Затем изделие с нанесенным слоем шихты вводят в индуктор ТВЧ, форма и размеры которого определяются конфигурацией упрочняемой поверхности. Питание индуктора осуществляют от ламповых высокочастотных установок с частотой 70 или 440 кГц.

После включения питания внутри индуктора возникает переменное электромагнитное поле. В электропроводящих телах, находящихся в электромагнитном поле, индуцируются токи. Происходит нагрев элементарных объемов материала и изделия в целом. Однако в данном случае наплавки шихта, расположенная между индуктором и нагреваемой (наплавляющей) поверхностью, в связи с большим сопротивлением металлического порошка незначительно реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля. Наплавочная шихта является как бы "электропрозрачной" для возникающего в индукторе поля. Поэтому основное количество тепла будет выделяться в тонких поверхностных слоях основного металла, а присадочный материал (шихта) будет нагреваться главным образом в результате теплопередачи от наплавляемой поверхности. В этой связи температура плавления порошкообразного сплава, входящего в состав шихты, должна быть ниже температуры плавления основного (наплавляемого) металла. При этом скорость нагрева упрочняемой поверхности должна значитель-

но превышать скорость отвода тепла в тело детали и потерь на излучение.

В процессе нагрева шихты до температуры 600 — 750 °С происходит расплавление флюса и образование жидкой фазы, которая смачивает поверхность детали и частички твердого сплава. Улучшается теплопередача от основного металла в присадочный, а температурный градиент резко уменьшается. При дальнейшем нагреве увеличивается химическая активность флюса и он вступает во взаимодействие с окислами, переводя их в жидкий шлак. Одновременно происходит процесс плавления гранул присадочного материала, которые хорошо смачивают раскисленную поверхность основного металла. В результате на наплавляемой поверхности детали образуется слой жидкого присадочного сплава, наружная поверхность которого защищена от взаимодействия с кислородом воздуха слоем жидкого шлака (рис. 8.9). Учитывая скоротечность процесса наплавки, выбирают такой флюс, чтобы раскисление наплавляемого металла продолжалось в течение нескольких секунд.

После отключения питания индуктора ТВЧ происходит процесс кристаллизации наплавленного слоя сплава. Дальнейшая обработка заключается в удалении шлака и придании режущему (упрочненному) лезвию или всей детали окончательной формы известными методами — гибкой, заточкой и пр.

Рассмотренный вариант индукционной наплавки выгодно отличается от других известных тем, что возможна качественная наплавка не только механически обработанных поверхностей, но и покрытых слоем ржавчины или окалины. При наличии указанных видов загрязнений необходимо только незначительное увеличение количества флюсов в шихте.

При наплавке порошкообразной шихтой используют флюсы, состоящие в основном из трех компонентов: буры, борного ангидрида и силикокальция. Третий компонент вводят

для повышения активности раскисления, так как в состав силикокальция входит силицид кальция (CaSi_2) и примеси алюминия, магния, железа и пр. Как известно, силицид кальция широко используется в металлургической промышленности как высокоактивный восстановитель окислов металлов. Добавка силикокальция во флюс позволяет резко уменьшить вязкость шлака в интервале температур, начиная от момента завершения процесса наплавки до полной кристаллизации жидкого сплава. Кроме того, силикокальций способствует хорошей дегазации расплава, предотвращает появление на поверхности металла окислов типа вьестита и обеспечивает рафинирование жидкого присадочного сплава в результате удаления неметаллических включений, содержащих по 30 % кальция.

В практике индукционной наплавки используют флюсы двух типов: плавленные и в виде механической смеси различных компонентов. Плавленные флюсы получают в результате совместного предварительного плавления при температуре около 850°C кристаллической буры, борной кислоты и силикокальция. Такие флюсы обозначают индексом П (плавленные) и цифрой, которая показывает массовое отношение количества борного ангидрида к буре. Например, у флюса марки П-1,5 отношение содержания борного ангидрида к буре равно 1,5.

Флюсы, представляющие собой механическую смесь буры, борного ангидрида и силикокальция, вводятся непосредственно в наплавочную шихту в виде исходных компонентов (табл. 8.6).

Однако такие флюсы имеют ряд существенных недостатков:

- компоненты флюса не подлежат длительному хранению;
- происходит значительное газовыделение в процессе наплавки;
- имеется токсичность борного ангидрида;
- имеется гигроскопичность отдельных компонентов.

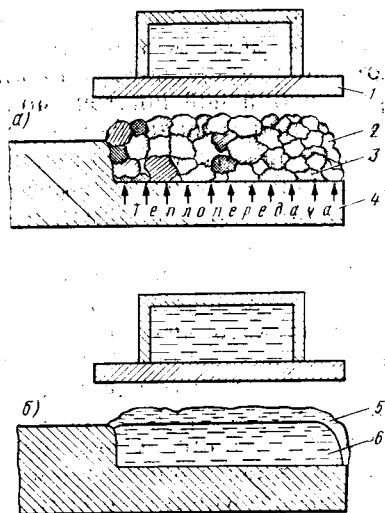


Рис. 8.9. Схема способа индукционной наплавки порошкообразной шихтой:

а — начало процесса; б — окончание процесса;
1 — индуктор ТВЧ; 2 — частицы наплавляемого сплава; 3 — частицы флюса; 4 — деталь; 5 — слой жидкого флюса; 6 — жидкий присадочный сплав

В отличие от механических смесей плавленные флюсы практически не растворимы в воде. Это позволяет использовать наплавочные пасты с пластификаторами, содержащими воду. Токсичные в отдельности компоненты после сплавления образуют инертное при комнатной температуре соединение. При использовании флюсов группы П заметно улучшается формирование поверхности наплавленного сплава.

Для сокращения расхода дорогостоящих борсодержащих компонентов некоторая часть их может быть заменена определенным более деше-

Таблица 8.6. Состав шихты для индукционной наплавки

Толщина слоя шихты, мм	Наплавочный материал — состав № 1, %	Компоненты флюса (механическая смесь), %		
		борный ангидрид	буря	силикокальций
1,5	82	10	5	3
3,0	85	7,5	5	2,5
4,5	88	5	5	2

вым наполнителем, например, гранулами стекла, роль которого сводится только к механической защите поверхности от окисления. Установлено, что без ущерба для качества наплавки во флюсе можно заменить до 30 % борсодержащих компонентов. В качестве инертных добавок в состав флюса вводят дробленое стекло или сварочный флюс АН-348А, который усиливает различия в коэффициентах линейного расширения шлака и сплава. Это способствует более полному отдалению шлаковой корки с наплавляемой поверхности. Введение добавок-заменителей в состав флюса снижает его стоимость.

В качестве наплавочного материала используют металлический порошок. Известно, что металлические порошки практически не реагируют на действие переменного электромагнитного поля индуктора ТВЧ, а их нагрев осуществляется главным образом в результате теплопередачи от основного (наплавляемого) металла. В этой связи сплавы, которые используются для индукционной наплавки, должны отвечать некоторым дополнительным требованиям:

температура плавления сплава должна быть ниже температуры плавления основного металла не менее чем на 100 — 150 °С;

наплавочный материал должен быть в виде порошка определенного гранулометрического состава;

сплав должен иметь минимальную магнитную проницаемость.

Износостойкость наплавленного сплава зависит от числа твердых составляющих в структуре сплава. В области восстановления и упрочнения деталей применяют два различных способа управления содержанием твердых составляющих в наплавке:

изменением химического состава сплава;

введением в шихту труднорастворимых примесей, образующих в результате взаимодействия с легкоплавкой связкой специфические композитные материалы — псевдосплавы.

В настоящее время наиболее широко распространен первый способ регулирования содержания твердых составляющих в сплаве. К преимуществам псевдосплавов (композитных материалов) следует отнести возможность в очень широких пределах уп-
авлять свойствами наплавляемого материала в результате выбора соответствующих компонентов.

Композиции псевдосплавов, используемые для индукционной наплавки, имеют такие общепринятые условные обозначения:

Сормайт + релит	ПС-3
Сормайт + феррохром	ПС-4
Белый чугун + феррохром	ПС-6

Наплавка псевдосплавами с каждым годом распространяется как у нас в стране, так и за рубежом. Состав наиболее распространенных порошкообразных наплавочных материалов приведен в табл. 8.7.

Наплавка порошкообразной шихтой используется для ограниченной номенклатуры автомобильных деталей. Например, разработана технология и автоматическая установка модели 01-03-172 "Ремдеталь" для индукционной наплавки фасок клапанов. Предназначена она для восстановления (упрочнения) фасок клапанов всех типоразмеров авто-тракторных двигателей порошковыми самофлюсующимися материалами типа ПГ-12Н-01 (HRC 35 — 40) на основе никеля. Нагрев осуществляется токами высокой частоты (70 кГц). Удержание расплавленного присадочного сплава массой до 30 г на фаске клапана осуществляется в результате электромагнитного поля, создаваемого специальным индуктором.

По конструкции автомат состоит из загрузочного устройства, дозатора шихты, нагревательного индуктора и кристаллизатора. Данную установку наиболее целесообразно использовать в цехах централизованного восстановления изношенных деталей (ЦВИД). Установка позволяет восстанавливать тарелки клапанов диа-

Т а б л и ц а 8.7. Износостойкие материалы для индукционной наплавки

Марка сплава	Химический состав сплава, %									Твердость наплавленного сплава HRC
	C	Cr	Si	Ni	Mn	B	Cu	W	Fe	
ПГ-С1	2,5—3,3	27—31	2,8—4,2	3,0—5,0	0,4—1,5	—	—	—	Остальное	51
(Сормайт № 1)										
ПГ-УС25	4,4—5,4	35—41	1,6—2,6	1,0—1,8	2,5	—	—	—	"	55
ПГ-С27	3,3—4,5	25—28	1,0—2,0	1,5—2,0	0,8—1,5	—	—	0,2—0,4	"	53
ПГ-ФБХ-6-2	3,5—5,5	32—37	1,0—2,5	—	1,5—4,0	1,3—2,0	—	—	"	52
ПС-14-80	5,2—7,1	49	2,6	0,3—1,0	0,3	0,04—0,18	0,22—0,63	—	"	61
ПС-14-60	4,0—5,7	35,7	2,0—3,0	0,7—1,8	0,7	0,1—0,3	0,52—0,13	—	"	58
ПС-15-30	2,3—3,8	28	2,5—4,0	1,3—2,0	1,3	0,2—0,53	0,95—1,88	—	"	40
ПС-16-50	3,7—3,5	33	1,7—3,0	0,7—4,25	0,75	0,3—0,5	0,2—0,5	0,15—0,75	"	—
ПС-4	Сормайт № 1 + феррохром									
ПС-5	Сормайт № 1 + феррохром (58%) + ферротитан (2 %)									

метром до 70 мм при толщине наплаваемого слоя до 3 мм. Производительность автомата при 2-сменной работе 100 тыс. штук клапанов в год.

Наплавка монолитным или брикетированным материалом. При наплавке монолитными или брикетированным присадочным материалом на упрочняемую поверхность наносят монолитный или брикетированный присадочный материал, форма и размеры которого приблизительно соответствуют необходимому наплавленному слою. Затем осуществляется расплавление ТВЧ присадочного материала на основном металле.

Данный способ впервые был использован западными автомобильными фирмами. Например, английская фирма "Austi motor Co. Ltd" разработала технологию и оборудование для восстановления и упрочнения наплавкой автомобильных клапанов. В качестве присадочного материала применяют литые кольца из стеллита.

Шесть технологических позиций, приведенных на рис. 8.10, поясняют сущность принципиальной схемы способа. В тарелке клапана предва-

рительно протачивают канавку, в которую укладывают кольцо стеллита. Затем заготовку клапана закрепляют за стержень в вертикальном положении при помощи механизма фиксации установки (позиция I).

В позициях II — III осуществляется нанесение флюса на наплаваемую поверхность (канавку под кольцо стеллита). Для этого при помощи защепок присадочное кольцо стеллита приподнимается на определенную высоту над тарелкой клапана и удерживается в этом положении. Далее сопряженные поверхности кольца и канавки опрыскиваются из сопла струей очищенного от серы масла. В позиции III на промасленные участки из другого сопла наносится флюс. Пылеобразные частички флюса хорошо прилипают к поверхностям, покрытым маслом. После этого защелки занимают крайнее нижнее положение, и присадочное кольцо возвращается в исходное положение.

В позициях IV — V осуществляется двухступенчатый нагрев основного и присадочного материалов. Сначала изделие нагревается предварительно при помощи неподвижного индукто-

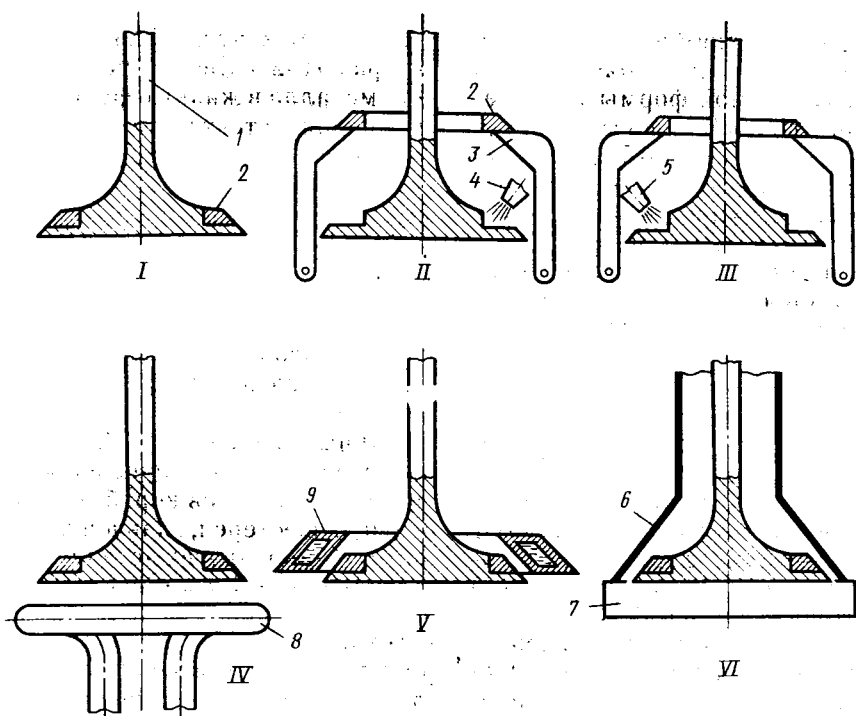


Рис. 8.10. Схема наплавки клапанов монолитным присадочным материалом:

1 — деталь; 2 — кольцо присадочного сплава; 3 — защелки; 4 — сопло для подачи масла; 5 — сопло для подачи флюса; 6 — камера охлаждения; 7 — вращающийся кристаллизатор; 8 — индуктор для предварительного нагрева; 9 — основной подвижной индуктор

ра, питаемого от установки ТВЧ мощностью 2,5 кВт и частотой 450 кГц. Затем (позиция V) заготовки клапана нагреваются окончательно подвижным индуктором, который запитан от более мощного (10 кВт) высокочастотного генератора. В результате нагрева происходит расплавление флюса и присадочного материала (кольца). Жидкий флюс очищает наплавляемую поверхность от окислов, а поступающий сюда затем расплав стеллита сваривается с основным металлом заготовки клапана.

В позиции VI при помощи специальной камеры и вращающегося кристаллизатора осуществляется направленная кристаллизация наплавленного слоя стеллита и охлаждение биметаллической заготовки до комнатной температуры. Далее заготовки направляют на последующую механическую обработку.

Описанный технологический процесс наплавки рабочих поверхностей клапанов монолитным материалом реализован в автоматических станках производительностью до 85 заготовок/ч. Аналогичное оборудование разработано в институте электросварки им. Е. О. Патона АН Украины и внедрено на автомобильных и ремонтных заводах.

Наплавка в огнеупорной среде. Наплавка позволяет восстанавливать не только плоские, но и цилиндрические, конические и прочие рабочие поверхности деталей. Это обеспечивается в результате принудительного формирования расплава на упрочняемой (восстанавливаемой) поверхности специальной огнеупорной оболочкой.

Рассмотрим сущность данного способа на примере наплавки цилиндрической поверхности цапфы вала (рис.

8.11). На наплавляемую поверхность детали наносят слой присадочного металла требуемой формы и размеров. Присадочный металл наносят любыми известными методами — установкой монолитных или брикетированных втулок, заливкой жидкого металла, расплавлением мерных заготовок и пр. Для каждого конкретного случая в зависимости от особенностей наплавляемой поверхности выбирают свою технологическую схему подачи присадочного сплава. Огнеупорную оболочку наносят на наружную поверхность присадочного металла и частично на наплавляемую деталь. В качестве материала для огнеупорной оболочки используют смесь, состоящую из мелкозернистого (размер зерен обычно менее 0,2 мм) наполнителя (кварцевый песок, магнезит и др.) и связующего компонента — термореактивной смолы. Песчано-смоляные смеси быстро твердеют при тепловой обработке, после которой оболочка приобретает прочность и хорошую газопроницаемость. Наиболее часто в качестве связующего материала используют порошкообразную смесь фенолоформальдегидной смолы с уротропином, который вводится для ускорения процессов затвердения.

Подготовленную таким образом деталь помещают в индуктор токов высокой частоты. Для индуцируемого электромагнитного поля огнеупорная оболочка является "электропрозрачной". Благодаря этому происходит нагрев и плавление присадочного и частично или полностью основного металла в объеме, замкнутом оболочкой. Варьируя временем нахождения наплавляемой детали во включенном индукторе, можно управлять глубиной проплавления основного металла. В результате наличия эффекта электромагнитного перемешивания металла происходит интенсивное усреднение состава присадочного и основного материалов внутри огнеупорной оболочки. При частичном расплавлении основного металла граница сплавления образу-

ется в месте контакта жидкой и твердой фаз. При полном переводе основного металла в жидкую фазу граница сплавления отсутствует. Благодаря тому что нагрев, плавление и кристаллизация металла происходят внутри огнеупорной оболочки (без доступа атмосферного кислорода), качество наплавленных деталей высокое. После остывания с наплавленной детали легко удаляется огнеупорная оболочка. Изделие направляют на последующую механическую обработку.

Данный способ может быть использован для восстановления зубчатых венцов и валов коробок передач, ведущих шестерен, главной передачи автомобиля и других деталей.

Центробежная индукционная наплавка. Наплавка используется для восстановления и упрочнения внутренних цилиндрических поверхностей. К особенностям данного способа следует отнести принудительное фор-

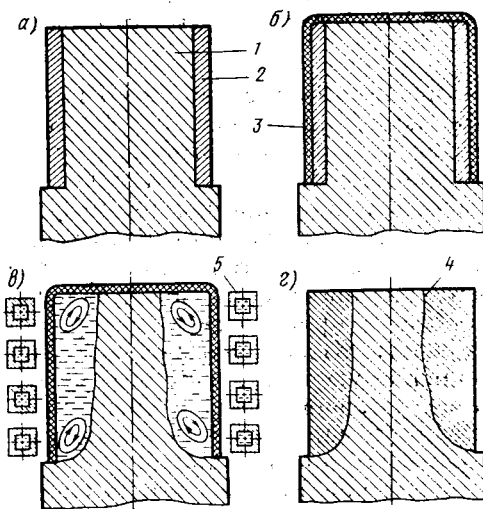


Рис. 8.11. Схема процесса индукционной наплавки в огнеупорной среде:

а — деталь после нанесения присадочного материала; б — деталь после нанесения огнеупорной оболочки; в — расплавление основного и присадочного материала через оболочку; г — деталь после наплавки; 1 — основной металл; 2 — присадочный сплав (наплавляемый материал); 3 — огнеупорная оболочка; 4 — граница между основным и наплавленным металлами; 5 — индуктор ТВЧ

мирование расплава присадочного металла центробежными силами.

В зависимости от агрегатного состояния присадочного материала различают две разновидности центробежной наплавки. В одном случае присадочный металл подается на наплавляемую поверхность в твердом состоянии в виде кусочков, стружки, порошка и пр. В другом — подается на предварительно нагретую поверхность в виде расплава. Принципиальные технологические схемы обоих вариантов представлены на рис. 8.12, а и б.

В первом случае стальную заготовку втулки закрепляют в патроне шпинделя центробежной установки с горизонтальной осью вращения. Порция присадочного металла определенной массы (определяется размерами наплавляемого слоя) вместе с флюсом подаются во внутреннюю полость втулки, размещенной в цилиндрическом индукторе ТВЧ. Для нагрева втулок используют одно- и многовитковые индукторы. При использовании одновиткового индуктора центробежные установки должны поми-

мо вращательного обеспечивать и возвратно-поступательное движение шпинделя. В этом случае вся поверхность заготовки будет равномерно нагреваться до заданной температуры. Заготовки втулок перед наплавкой закрывают с обоих торцов специальными крышками (заглушками). По конструкции они бывают глухие или с отверстием, служащим для выхода газов и визуального наблюдения за процессом. Во избежание выплеска жидкого металла в процессе наплавки крышки во время сборки уплотняют асбестовыми прокладками.

Частоту вращения заготовки выбирают в зависимости от степени склонности присадочного сплава к ликвации. При использовании сильно ликвирующих сплавов необходимо использовать минимальные скорости вращения. Кроме того, для таких сплавов необходимо регламентировать количество заливаемого металла, температуру, продолжительность нагрева и скорость охлаждения. Для нагрева используют, как правило, относительно низкие частоты 2500 Гц или 8000 Гц. Это связано с большей глубиной проникновения тока в материал заготовки в электромагнитном поле.

Поэтому в качестве источников питания индукторов ТВЧ используют машинные генераторы.

В качестве примера рассмотрим процесс наплавки свинцовистой бронзы БрС-30 на втулки и вкладыши подшипников скольжения, который используется на ряде предприятий. Присадочный металл в виде стружки бронзы смешивают с флюсом (бурой) в соотношении 100 : 1 и подают внутрь втулки. Центробежная установка приводится во вращение со скоростью заготовки 3,33 — 4,16 м/с. В качестве источника питания индуктора используют машинный генератор с частотой тока 8000 Гц. Температура нагрева 1120 — 1150 °С, продолжительность наплавки — 28 — 30 с при толщине слоя бронзы 3,5 — 4,0 мм. После кристаллизации расплава осуществляют принудительное ох-

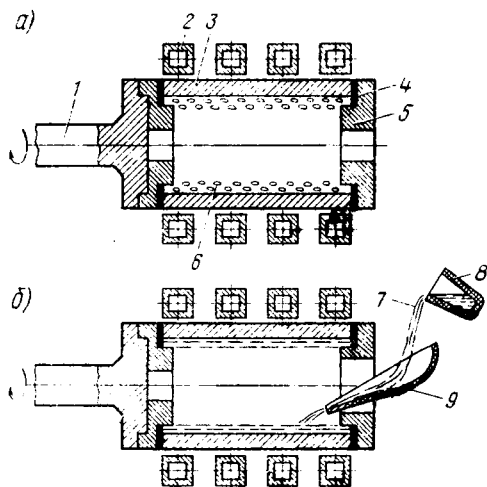


Рис. 8.12. Принципиальная технологическая схема центробежной наплавки: а — присадочный металл в виде шихты; б — присадочный металл в виде расплава; 1 — шпиндель центробежной машины; 2 — индуктор ТВЧ; 3 — наплавляемая деталь; 4 — прокладки; 5 — крышка с отверстием; 6 — шихта; 7 — присадочный сплав; 8 — разливочный ковш; 9 — лоток из огнеупорного материала

лаждение при помощи спрейера со скоростью $150^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

Нашел применение и второй вариант центробежной наплавки с использованием предварительно расплавленного присадочного металла. Способ используется при наплавке гильз автомобильных двигателей, восстановлении рабочей поверхности тормозных барабанов.

Наплавка заливкой жидкого присадочного сплава на предварительно нагретую поверхность. Наплавка заключается в том, что восстанавливаемую (упрочняемую) поверхность детали очищают от окислов и покрывают флюсом. Затем деталь нагревают до температуры $1050 - 1200^{\circ}\text{C}$, после чего на восстанавливаемую поверхность подают жидкий присадочный сплав. В результате контакта жидкого присадочного сплава с предварительно нагретой и очищенной от окислов поверхностью детали происходит надежное сплавление.

Рассмотрим данный способ наплавки на примере упрочнения (аналогично осуществляется и восстановление) толкателей клапанов автомобильных двигателей (рис. 8.13). В тарелке толкателя перед наплавкой протачивают углубление, которое по форме и размерам соответствует наносимому упрочняемому слою. Первоначально при помощи дозатора в выточку тарелки толкателя подается порция ($0,2 - 0,3\text{ г}$) флюса, затем заготовка перемещается в зону действия шелевого индуктора ТВЧ предварительного нагрева, где нагревается до температуры $1150 - 1200^{\circ}\text{C}$. Присадочный материал, в качестве которого используется низколегированный износостойкий чугун, в виде мерных заготовок (палочек) через загрузочную воронку подается в керамический тигель, который расположен в многовитковом цилиндрическом индукторе ТВЧ с переменным шагом витков. Большое число витков в нижней части тигля обеспечивает более высокую температуру расплаву в области выпускного отверстия. После расплавления порция приса-

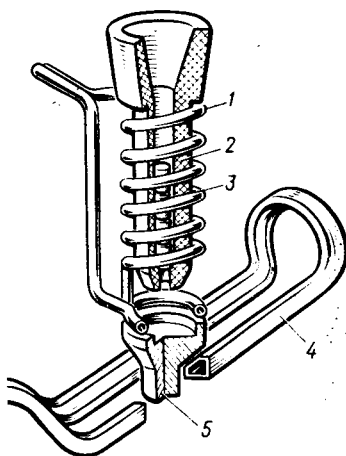


Рис. 8.13. Схема наплавки жидким сплавом толкателей автомобильных двигателей:

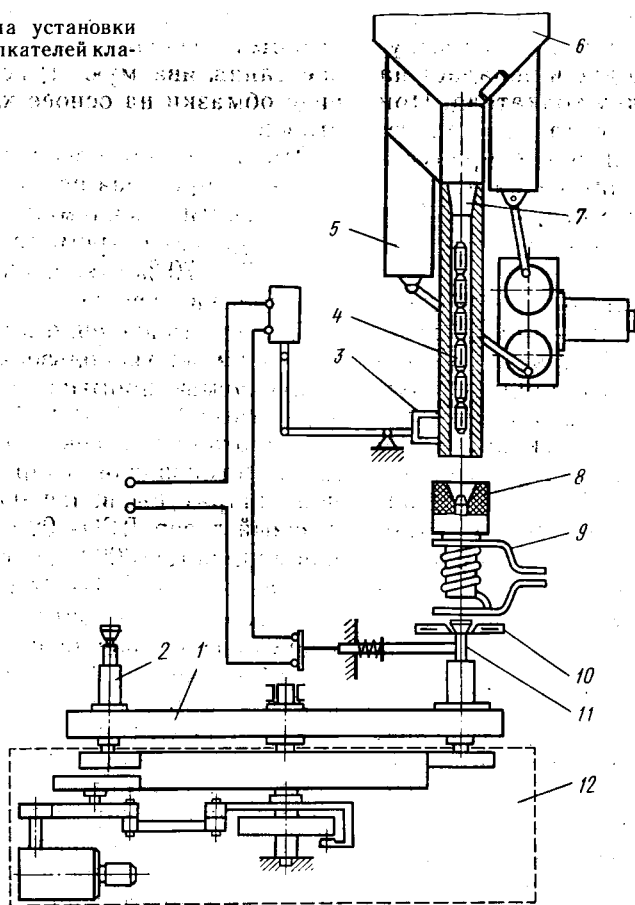
1 — индуктор ТВЧ для плавления присадочного материала; 2 — керамический тигель; 3 — присадочный материал; 4 — индуктор ТВЧ для нагрева тарелки толкателя; 5 — толкатель

дочного сплава вытекает через выпускное отверстие в дне тигля и попадает в выточку поверхности толкателя. Нижний виток цилиндрического индуктора обеспечивает необходимый дополнительный нагрев заготовке и залитому жидкому присадочному сплаву.

Индуктор для предварительного нагрева заготовок толкателей питается от машинного генератора с частотой тока 2500 Гц , плавящий же индуктор запитан от лампового генератора с рабочей частотой тока $66 - 70\text{ кГц}$. Часовой расход мощности на подогрев заготовок толкателей составляет $45 - 50\text{ кВт}$ и около $32 - 35\text{ кВт}$ идет на расплавление мерных палочек присадочного сплава. Заключительной операцией является принудительное охлаждение стержня толкателя, которое осуществляется из спрейера водой. Это обеспечивает направленную кристаллизацию и отбел наплавленного слоя чугуна.

На автозаводе в Нижнем Новгороде разработана и внедрена автоматическая установка для наплавки толкателей клапанов карбюраторных двигателей (рис. 8.14). Установка состоит из поворотного стола 1, на котором размещены 24 вращающихся

Рис. 8.14. Схема установки для наплавки толкателей клапанов



шпинделя 2 с узлом фиксации толкателей. На губках нагрузочного контура установки токов высокой частоты жестко закреплен индуктор для предварительного подогрева 10, тарелки толкателя и плавящий индуктор ТВЧ 9 с керамическим тиглем 8. В верхней части установки расположен бункер 6 для мерных палочек с направляющей трубкой 7. Привод вращения поворотного стола и шпинделей показан в позиции 12. Ворошитель 5 и механизм 3 обеспечивают штучную подачу мерных палочек 4 присадочного материала в керамический тигель. В качестве присадочного материала используют износостойкий легированный чугун в виде цилиндрических заготовок.

Наплавляемые толкатели 11, установленные в зажимные стаканы

шпинделей установки, вращаясь вокруг вертикальной оси, с периодичностью 8 с перемещаются на шаг между шпинделями. В процессе пульсирующего движения стола толкатели поступают на позицию флюсования, где в выточку толкателя засыпается порция флюса. При дальнейшем движении стола толкатели поступают в зону действия индуктора для предварительного нагрева. После нагрева до температуры 1150 — 1200 °С толкатели передаются на позицию плавящего индуктора.

Чугунные палочки присадочного металла при помощи ворошителя накапливаются в направляющей трубке и при помощи механизма штучной подачи поступают в керамический плавильный тигель. Попадая в тигель, мерная палочка присадочного метал-

ла нагревается до плавления, и через 1 — 2 с расплав вытекает через выпускное отверстие в дне и попадает на разогретую тарелку толкателя. При следующем повороте стола толкатели поступают на позицию принудительного охлаждения водой, где они охлаждаются до температуры 700 — 750 °С и затем выгружаются из установки в контейнеры.

Наплавка заливкой расплава предварительно нагретой основы благодаря высокой производительности (установка для наплавки толкателей клапанов позволяет упрочнять до 400 — 450 штук деталей в час), качеству, малой энергоемкости, использованию недефицитного жидкого присадочного материала относится к весьма перспективным методам упрочнения и восстановления деталей широкой номенклатуры.

8.3. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

Лазерная сварка и наплавка основаны на использовании энергии светового потока высокой степени направленности. Это вид сварки плавлением, при котором нагрев материала осуществляется когерентным световым лучом, создаваемым оптическим квантовым генератором — лазером. Основной частью такой установки является генератор, преобразующий энергию, запасенную в блоке конденсаторов, в энергию когерентного светового луча. Лазер позволяет сконцентрировать на поверхности детали энергию при плотности мощности от предельно малых величин до 10^{17} Вт/см². Энергия может передаваться материалу бесконтактно, на значительные расстояния от генератора и строго дозированно.

При восстановлении деталей лазерный луч используют для приварки дополнительной ремонтной детали или для наплавки поверхностей в результате расплавления основного и присадочного материала. Присадочный материал может использоваться в виде порошка, проволоки или фольги. Наиболее часто для наплавки ис-

пользуют порошкообразный сплав, который предварительно наносят на восстанавливаемую поверхность в виде обмазки на основе клеевых составов.

Это позволяет обеспечить равномерность прогрева по наплавляемой поверхности с минимальными потерями порошка и, кроме того, повышает до 60 — 70 % степень поглощения лазерного излучения.

Для восстановления и упрочнения деталей можно использовать серийно выпускаемые промышленностью лазеры (табл. 8.8). ВНПО "Ремдеталь" разработало комплект оборудования для восстановления гидро- и топливной аппаратуры, включающий в себя газовый лазер ЛГП-702 с номинальной мощностью 800 Вт, установку для наплавки СКС-011-1-02 с оснасткой для лазерной обработки, приспособление для управления лучом, систему газообеспечения. Наплавка осуществляется самофлюсующимися порошками типа СНГН и ПГ-СР цилиндрических и плоских поверхностей, изношенных на глубину до 1 мм, с припуском на дальнейшую обработку шлифованием. Установка обеспечивает производительность наплавки до 10 см²/мин при толщине слоя за один

Т а б л и ц а 8.8. Некоторые технические характеристики лазеров

Марка	Рабочее вещество	Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м	Мощность, кВт
"Кардамон"	СО	6,3 × 0,45 × 1,0	0,8
"Катунь"	СО	6,4 × 0,7 × 1,2	0,9
ЛТ-1-2	СО	4 × 2 × 3	5,0
ЛТН-102	АИГ	2,0 × 0,2 × 0,2	0,1
"Юпитер-1,0"	СО	2,5 × 0,3 × 0,3	1,0
"Комета"	СО	2,7 × 0,92 × 1,9	1,2
"Латус-31"	СО	1,68 × 1,65 × 1,0	1,5
"Иглан"	СО	4,6 × 1,3 × 1,9	3,0
"Квант-16"	Стекло с неодимом	1,2 × 1,0 × 0,45	30

П р и м е ч а н и я . 1. Лазер "Квант-16" работает в импульсном режиме, остальные — в непрерывном. 2. Длина волны лазеров, приведенных в таблице, составляет 10,6 мкм.

проход 0,5 мм. Потери наплавленного материала не превышают 1 %, площадь, занимаемая лазерной наплавочной установкой и вспомогательным оборудованием, — около 50 м².

Установка 01.03-165 "Ремдеталь" разработана для использования с лазерами мощностью 0,7 — 2,5 кВт. Благодаря изменениям в конструкции оптической системы формирования луча, проходящего от лазера, возможна обработка (наплавка) по траектории различных форм, в том числе и по винтовой линии, зигзагом и т. п. Кроме того, для снижения излучения в нерабочей части цикла между лазером и установкой располагается за-

слонка-отсекатель излучения, управляемая с пульта установки или в автоматическом режиме.

На ремонтных предприятиях лазерной наплавкой восстанавливают впускные и выпускные клапаны, распределительные валы, золотники гидрораспределителей, роторы турбокомпрессоров и другие детали. К основным достоинствам восстановления лазерной наплавкой следует отнести малое тепловложение в деталь и как следствие отсутствие деформаций и зоны термического влияния. Лазерная наплавка еще не нашла широкого применения, однако является весьма перспективной для авторемонтного производства.

9.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ

Под восстановлением деталей газотермическим напылением понимают процесс нанесения покрытий распылением нагретого до жидкого или вязкотекучего состояния диспергированного (порошкообразного) материала газовой струей. Перед напылением восстанавливаемая поверхность подготавливается. Частицы распыленного металла достигают поверхности в пластическом состоянии, имея большую скорость полета. При контакте с поверхностью детали они деформируются и, внедряясь в ее неровности, образуют покрытие. Сцепление покрытия с поверхностью детали носит в основном механический характер и только в отдельных локальных точках можно наблюдать мостики сварки.

Восстановление деталей газотермическими покрытиями имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- незначительный нагрев (до 200 °С) детали;

- высокая производительность процессов;

- возможность регулирования в широком диапазоне (0,1 — 10 мм) толщины наносимого покрытия;

- простота технологического процесса и оборудования;

- широкий диапазон материалов, используемых для получения покрытий с заданными свойствами.

Рассмотренный способ позволяет не только придавать восстанавливаемым деталям требуемую форму и размеры, но и изменять в широких пределах поверхностные свойства металлопокрытий. В результате многие детали из дорогостоящих и дефи-

цитных металлов и сплавов можно при ремонте заменить деталями из более дешевых материалов. Напыление на рабочие поверхности специальных сплавов с необходимыми физико-механическими свойствами обеспечивает более низкую себестоимость восстановления деталей, а показатели их надежности и долговечности не уступают соответствующим показателям деталей, изготовленных целиком из дорогостоящего металла. Этим объясняется широкое применение газотермических методов напыления не только при ремонте, но и при изготовлении новых деталей.

На рис. 9.1 представлена блок-схема технологического процесса восстановления деталей газотермическим напылением. Основные технологические операции, показанные на блок-схеме:

- очистка. После разборки детали поступают в моечное отделение, где их очищают от различных загрязнений. В качестве моющих средств применяют синтетические моющие средства (СМС) типа лабомид и МС. Растворы СМС не вызывают коррозии черных металлов, не разрушают детали из алюминиевых сплавов;

- механическая обработка деталей. Для устранения дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации, или придания правильной геометрической формы изношенным поверхностям детали подвергаются механической обработке, в том числе специальной (нарезка "рваной" резьбы, фрезерование канавок, насечка поверхностей, накатка профиля роликами и пр.);

- обезжиривание. Перед абразивной обработкой поверхности, подлежащие нанесению газотермических по-

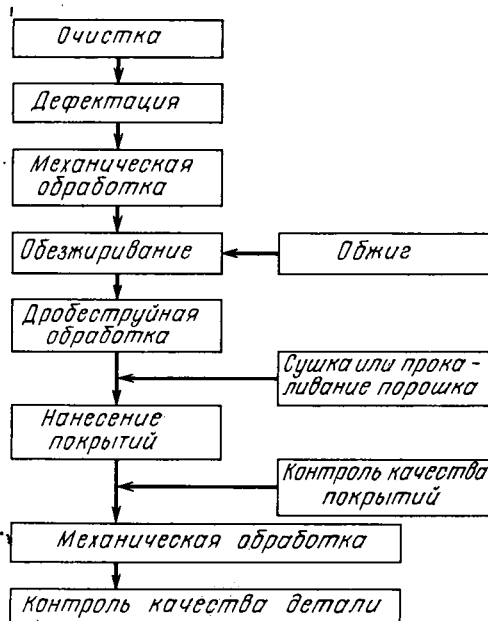


Рис. 9.1. Схема технологического процесса восстановления деталей газотермическим напылением

крытий, обезжиривают органическими растворителями. Чугунные детали кроме обезжиривания подвергают обжигу при температуре 260 — 530 °С для выгорания масла, содержащегося в порах;

дробеструйная обработка. Такая обработка предназначена для активизации и придания шероховатости восстанавливаемым поверхностям детали. Дробеструйную обработку выполняют при давлении сжатого воздуха 0,5 — 0,7 МПа. В качестве абразивного материала применяют чугунную дробь ДЧК-01. После дробеструйной обработки детали обдувают сухим сжатым воздухом для удаления частиц абразива с поверхности;

сушка порошка. Перед использованием композиционные порошковые материалы необходимо просушить в электрическом шкафу. Порошки сушат на противнях из нержавеющей стали при периодическом перемешивании;

напыление. В процессе напыления металлогазовая струя должна быть устойчивой, без пульсаций. Расход

порошка и транспортирующего газа регулируют в необходимых пределах. Требуемую толщину покрытия получают многократным повторением операции напыления. После напыления изделие снимают с приспособления, не допуская повреждения покрытия. Экраны и другие защитные приспособления снимают с деталей после охлаждения ее до комнатной температуры;

механическая обработка. Окончательная механическая обработка деталей с нанесенным покрытием осуществляется лезвийным и абразивным инструментом;

контроль качества покрытий. Изделия с покрытием подвергают контролю по внешнему виду, толщине, геометрическим размерам. Контроль по внешнему виду осуществляется для выявления внешних дефектов: сколов, вздутий, отслоений. Осмотр осуществляется при помощи лупы. Толщину покрытия на деталях определяют штангенциркулем, микрометром и магнитным толщиномером МТ-20.

9.2. СПОСОБЫ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

9.2.1. Электродуговое напыление

В зависимости от источника энергии для нагрева и транспортировки частиц материала покрытия различают следующие способы напыления: электродуговое, газопламенное, высокочастотное, плазменное, детонационное и упрочнение конденсацией металла с ионной бомбардировкой.

Процесс характеризуется тем, что получение расплава осуществляется в результате тепла электрической дуги, горящей между двумя электродными проволоками, а распыление осуществляется струей сжатого воздуха (рис. 9.2). Металл распыляется до частиц размером 10 — 50 мкм, толщина получаемого слоя может достигать 12 мм и выше. Однако его прочность и устойчивость к динамическим нагрузкам низкая. К другим недо-

статкам следует отнести перегрев и окисление напыляемого материала и выгорание легирующих элементов присадочного металла. Например, содержание углерода в сплаве покрытия снижается на 40—60 %, а кремния и марганца — на 10—15 %.

К достоинствам электродугового напыления относится высокая производительность процесса (до 65 кг/ч), высокая износостойкость покрытия, а также простота и технологичность процесса.

Восстановление деталей электродуговым напылением включает подготовку поверхности к нанесению покрытия, непосредственно напыление и последующую механическую обработку. Напыление как бы состоит из трех процессов: перевода электродной проволоки в жидкую фазу, распыление расплава струей воздуха и формирование покрытия. Процесс плавления металла электродной проволоки характеризуется высокой температурой горения электрической дуги, цикличностью и скоротечностью явлений, протекающих в зоне плавления. При плавлении проволоки в процессе электродугового напыления происходят следующие циклы явлений:

горение пути между электродами и плавление их;

первый разрыв электрической цепи электродов;

короткое замыкание и дальнейшее плавление электродов;

искровой разряд, зажигающий новую дугу.

Расплавление материала электродов происходит и в момент горения и короткого замыкания дуги. В моменты разрывов электрической цепи электродов плавление металла не происходит. Длительность каждого из указанных циклов составляет тысячные доли секунды. Длительность периода горения дуги при работе электродугового металлатора на переменном токе составляет 43—49,5 % от длительности цикла всех явлений. Поэтому температура жидкого сплава при различных рассмот-

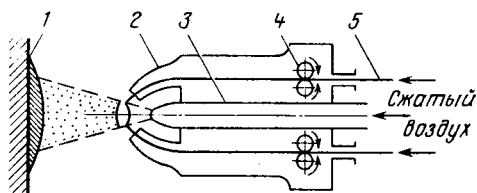


Рис. 9.2. Схема процесса электродугового напыления:

1 — напыляемая поверхность; 2 — направляющие наконечники; 3 — воздушное сопло; 4 — подающие ролики; 5 — проволока

ренных циклах различна. Наиболее высокая температура будет при горении дуги. Это благоприятно сказывается на образовании большого числа мелкодисперсных частиц металла. В то же время при коротком замыкании температура расплава будет более низкая, и распыл получается с частицами более крупными.

На структуру и свойства слоя значительное влияние оказывает скорость движения частиц, их масса и размеры, температура во время полета. Большинство этих факторов зависит от режимов электродуговой металлзации.

Скорость металловоздушной струи так же, как и температура частиц, изменяется от зоны плавления до восстанавливаемой (упрочняемой) поверхности. Например, скорость частиц от небольшой начальной скорости, равной 18,8 м/с, увеличивается до максимальных значений, а затем по мере удаления от источника тепла уменьшается. Ориентировочно можно считать максимальную скорость частиц распыленной стали не менее 190 м/с. Конечная скорость полета частиц на расстоянии 250 мм от сопла металлатора составляет около 85 м/с, а время нахождения частиц в воздухе не более 0,003 с. Высокая скорость и малое время полета распыленных частиц металла позволяют им достигать поверхности детали, будучи в пластическом состоянии. Так, температура части металла по оси струи на расстоянии от сопла аппарата, равном 50 мм, составляет

1030 °С, а на удалении 200 мм — 900 °С.

Высокая конечная скорость полета частиц металла, обладающих большим запасом кинетической энергии, способствует плотному контакту частиц с микрорельефом поверхности детали и между собой. Увеличению контактной поверхности способствует пластическое состояние частиц. Некоторое влияние на снижение контактной прочности оказывает окисление восстанавливаемой (упрочняемой) поверхности, а также металлических частиц в процессе полета и нанесения их на деталь. Известно, что окислы являются более хрупкими, чем металл, и в этой связи снижают прочность нанесенного слоя. При использовании, например, в качестве транспортирующего газа азота прочность металлизационных покрытий заметно увеличивается, благодаря уменьшению содержания в них окислов.

Промышленностью серийно выпускается комплект оборудования для электродуговой металлизации КДМ-2, в который входят два электрометаллизационных аппарата ЭМ-14М, специализированный тиристорный источник питания ТИМЕЗ-500 с пультом управления и блоком кассет.

Характеристики комплекта КДМ-2, а также наиболее широко используемых стационарных электродуговых металлизаторов ЭМ-12 и ЭМ-15 приведены в табл. 9.1.

Электродуговое напыление используют для антикоррозионной защиты алюминия и цинком различных вместимостей, труб и металлоконструкций. Для восстановления деталей данный способ напыления нашел более широкое распространение за рубежом. Например, в Германии все разновидности коленчатых валов карбюраторных и дизельных двигателей восстанавливают электродуговой металлизацией. Такие коленчатые валы по износостойкости не уступают новым.

На отечественных ремонтных предприятиях внедрен технологический процесс восстановления привалочной плоскости головок цилиндров, в основу которого положен способ электродуговой металлизации. На 4-м Горловском ПО "Авторемонт" организован специализированный участок восстановления напылением привалочной плоскости головок цилиндров двигателей ЗМЗ-53. Для металлизации используют проволоку Св-Ак-5 диаметром 2 мм. Режим металлизации: ток дуги — 300 А, напря-

Т а б л и ц а 9.1. Техническая характеристика оборудования для электродугового напыления

Параметры оборудования	Марка оборудования		
	КДМ-2	ЭМ-12	ЭМ-15
Производительность при напылении металла, кг/ч:			
алюминия	12,5	45	65
цинка	32,0	14	25
стали	10	45	—
Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5 — 2	1,5 — 2,5	2 — 3
Скорость подачи проволоки, м/мин	2 — 12	3,8 — 14,2	1 — 14
Наибольший расход сжатого воздуха, м	90	150	160
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5 — 0,6	0,5 — 0,6	0,5 — 0,6
Рабочий ток, А	400	500	800
Напряжение, В			
дуги (рабочее)	17 — 44	17 — 35	17 — 35
рабочее питающей сети	380	380	380
Потребляемая мощность, кВт	25	16	25
Масса, кг	470	23,4	46,5

жение — 28 — 32 В, давление сжатого воздуха — 0,4 — 0,6 МПа, дистанция металлизации — 80 — 100 мм; источник питания — ВДГИ-301, электрометаллизатор — ЭМ-12. Используемая технология достаточно надежна, положительный результат получен при изменении давления сжатого воздуха в широких пределах, что особенно важно для реальных производственных условий. Толщина наносимого слоя — до 5 мм, продолжительность операции — 8 — 10 мин.

Установка для электродуговой металлизации головок цилиндров представляет собой закрытую камеру с установленным в ней аппаратом модели ЭМ-12. Головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53 монтируется и перемещается в специальной кассете. Производительность установки — до 25 головок в смену. Потребляемая мощность — не более 10,8 кВт. Сжатый воздух подвергается двойной очистке, проходя через два масловлагоотделителя.

При обследовании головок цилиндров, восстановленных способом электродугового напыления и повторно поступающих в ремонт, выявлено следующее: отсутствует отслоение покрытий от деталей и прогар покрытий, а также подтекание охлаждающей жидкости под покрытие. Коррозионная стойкость покрытий не ниже, чем у основного металла.

Себестоимость восстановления головок цилиндров двигателя ЗМЗ-53, восстановленных описанным способом, составляет 28,5 % от стоимости новых головок.

9.2.2. Газопламенное напыление

Процесс напыления. В данном случае в качестве источника энергии для нагрева частиц присадочного материала используют газокислородное пламя. Для транспортирования нагретого напыляемого порошка на упрочняемую поверхность используют сжатый воздух или газокислородную струю. В качестве газа наиболее час-

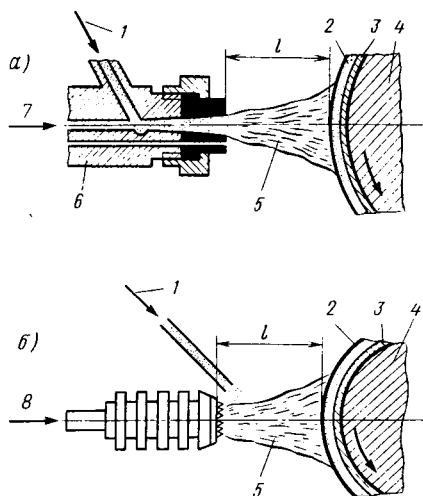


Рис. 9.3. Принципиальная схема подачи порошка при газопламенном напылении: а — инжекцией струи кислорода; б — силами гравитации; 1 — подача порошка; 2 — напыленный слой; 3 — подслой; 4 — деталь; 5 — факел пламени; 6 — горючая смесь; 7 — транспортирующий газ; 8 — подача рабочего газа; l — дистанция напыления

то в практике ремонтного производства применяют ацетилен или пропан-бутан.

Рассмотрим два основных способа газопламенного напыления. На рис. 9.3, а представлена первая схема газопламенного напыления, в которой подача порошкообразного присадочного материала в зону пламени осуществляется в результате инжекции струей кислорода. В процессе напыления порошок из вместимости, закрепленной на горелке, после открытия клапана поступает в канал горелки и захватывается потоком транспортирующего газа. При выходе из сопла горелки порошкообразный материал попадает в зону пламени, где происходит его оплавление. В дальнейшем потоком горящих газов порошок, находящийся в тестообразном состоянии, подается на восстанавливаемую поверхность.

Во втором способе порошкообразный присадочный материал подается из емкости непосредственно в факел пламени под действием силы тя-

жести. Схема напыления с подачей порошка в факел пламени под действием сил гравитации показана на рис. 9.3, б.

Достоинства первой схемы газопламенного напыления заключаются в том, что транспортировка порошка к поверхности детали происходит под действием струи газа, а это уменьшает степень окисления расплавленных частиц. В результате повышается качество напыленного слоя и прочность сцепления его с основным металлом. Преимущества второго способа внешней подачи порошка заключаются в простоте оборудования, возможности точной регулировки мощности пламени и места ввода порошка в факел, отпадает необходимость в транспортирующем газе и пр.

Основными свойствами, определяющими эксплуатационную надежность восстановленных напылением деталей, является прочность сцепления нанесенного слоя материала с основным металлом. Степень сцепления покрытия с основным металлом определяется, в первую очередь, состоянием восстанавливаемой поверхности детали, скоростью полета частиц, их температурой, видом материала.

Наиболее развитая поверхность детали, т. е. обладающая наибольшей шероховатостью, обеспечивает при прочих равных условиях большее значение сцепления покрытия с основным металлом. Для повышения прочности сцепления газопламенных покрытий восстанавливаемой поверхности придают необходимую шероховатость струйной обработкой корундом, колотой дробью, нарезанием резьбы, накаткой роликом, электро-механической обработкой и другими способами. Чем больше шероховатость, тем выше прочность сцепления покрытия с основным металлом. Однако одновременно с этим снижается усталостная прочность деталей.

На прочность сцепления покрытия с основным материалом значительное влияние оказывает первый слой

напыленных частиц, являющийся своеобразным грунтом для последующих слоев. Сцепление частиц первого слоя с металлом восстанавливаемой поверхности происходит в наиболее неблагоприятных условиях. Это связано с резким охлаждением частиц при контакте с холодной поверхностью детали, в результате чего их пластичность снижается. По этой причине смачивание твердой поверхности происходит в неблагоприятных условиях в сравнении со смачиванием последующих слоев. Требуемые условия для возникновения молекулярных сил для большинства частиц отсутствуют из-за наличия окисной пленки на поверхности детали и напыленных частицах. Кроме того, из-за значительной разности температур наносимых частиц и поверхности детали в покрытии по границам частиц возникают внутренние напряжения. Однако каждый последующий слой частиц имеет более высокую температуру, чем температура поверхности детали. Поэтому пластичность частиц присадочного материала во всех последующих слоях более высокая, чем частиц граничного слоя. В результате этого условия смачивания частиц в каждом последующем слое более благоприятны, чем у первого слоя. При высокой температуре покрытия происходит спекание частиц и усадка слоя в целом. В связи с этим прочность сцепления частиц между собой выше прочности сцепления покрытия с восстанавливаемой поверхностью.

Прочность сцепления частиц присадочного материала с основным металлом можно увеличить, предварительно нанеся подслой из специальных материалов. Для подслоя используют молибден, нержавеющую сталь, экзотермические композиции из смеси никеля и алюминия. Наиболее широкое распространение получили порошки, которые при нагреве вступают в экзотермическую реакцию. В результате частицы металла свариваются с материалом восстанавливаемой поверхности. Размеры

зоны сплавления незначительны и лежат в пределах 0,1 мм. Напыленный слой имеет сильно развитую поверхность. Благодаря высокой температуре (более 1500 °С) частиц металла подслоя в момент контакта с поверхностью основного материала обеспечивается высокая прочность сцепления и плотность покрытия.

На подготовленную к напылению поверхность (после нанесения подслоя) наносят основной (рабочий) слой покрытия. Попадая на подогретую до температуры 100 °С деталь, оплавленные до тестообразного состояния частицы порошка заполняют всевозможные неровности. После завершения процессов кристаллизации и охлаждения частицы нанесенного металла сжимаются и прочно проникают в основной металл (рис. 9.4). Неровности микрорельефа восстанавливаемой детали увеличивают поверхность контакта. В результате действие межатомных сил проявляется на больших участках и увеличивается в результате быстрого спекания частиц.

Специализированный участок (рис. 9.5) восстановления деталей газопламенным напылением (наплавкой) состоит из следующего оборудования:

компрессора с рабочим давлением 0,4 — 0,6 МПа; камеры струйной обработки деталей корундом или колотой металлической дробью модели 026-7 "Ремдеталь"; маслового отделителя; вращателя деталей типа 011-1-09 "Ремдеталь"; горелки для газопламенного напыления и наплавки инжекторного типа ГН-2; стола сварщика; печи для сушки порошка; стола и сита для просеивания порошка; вентилятора; воздуховода; газораспределительного щита; стеллажей.

Горелка ГН-2 предназначена для ацетилено-кислородной наплавки и напыления гранулированных самонагреющихся и экзотермических порошков, наносимых для восстановления и упрочнения поверхностей деталей.

Общий вид горелки ГН-2 показан

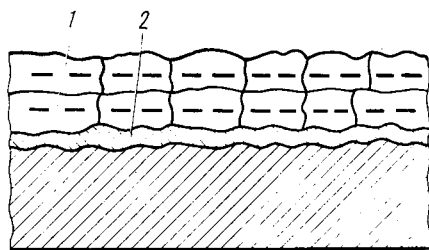


Рис. 9.4. Схема соединения частиц присадочного металла между собой и подслоем:

1 — основной слой; 2 — подслой

на рис. 9.6. На стволе 5 горелки размещены стандартные вентили 6 для регулировки подачи горючей смеси газов. В верхней части горелки расположена емкость 3 для порошкообразного присадочного материала, подача которого в горелки 2 осуществляется рычагом 4. Горелка имеет сменный мундштук 1, изготовленный из меди. Замена мундштука позволяет регулировать мощность пламени.

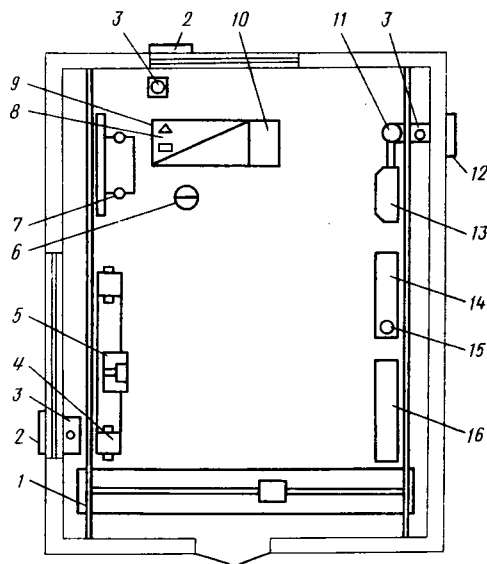


Рис. 9.5. Планирование специализированного участка восстановления (упрочнения) деталей газопламенным напылением:

1 — кран-балка; 2 — вентиляторы; 3 — воздуховоды; 4 — вращатель; 5 — аппарат для напыления; 6 — место сварщика; 7 — газораспределительный щит; 8 — горелка ГН-2; 9 — стол сварщика; 10 и 16 — стеллажи; 11 — масло-, влагоотделитель; 12 — компрессор; 13 — камера струйной обработки; 14 — стол для просеивания порошка; 15 — печь

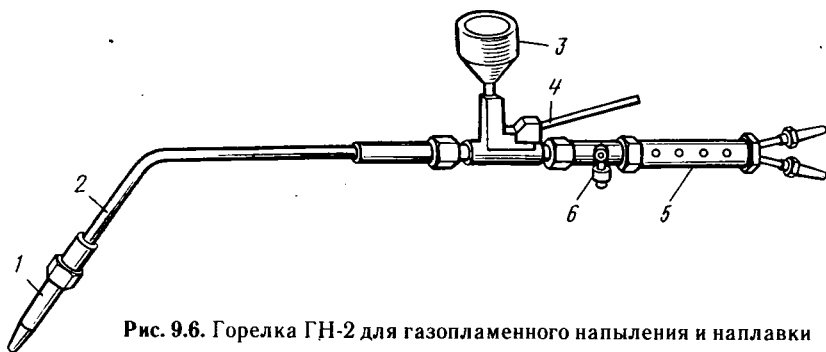


Рис. 9.6. Горелка ГН-2 для газопламенного напыления и наплавки

Данная горелка работает по принципу инжектирования порошка кислородной струей и горючего газа кислородно-порошковой смесью, т. е. порошок металла поступает в зону нагрева вместе с горючей смесью.

Горелка ГН-2 имеет следующие основные технические характеристики: диапазон толщин напыляемого слоя — 0,3 — 2 мм; расход порошка при непрерывной подаче в пламя — 2,0 кг/ч; коэффициент использования порошка — 75 %; расход кислорода — 350 — 600 л/ч; расход ацетилен — 350 — 600 л/ч; давление кислорода — не более 0,2 — 0,35 МПа (для мундштука № 4); давление ацетилена — не менее 0,1 МПа.

Для струйной обработки поверхности восстанавливаемых деталей колотой дробью или корундом участок оснащен установкой ОК-26-7 "Ремдеталь". Данная установка стационарного типа состоит из металлического каркаса, поддона для дроби или корунда, камеры для очистки деталей, пистолета, передней стенки, на которой установлено смотровое окно, манометр и редуктор, а также плафон для освещения камеры. Расход воздуха при непрерывной работе струей установки не превышает 4,5 м³/ч. Допустимое максимальное давление воздуха — до 0,8 МПа. В установке используется дробь или корунд с размером частиц 0,5 — 3 мм.

Используемые материалы. В качестве подслоя применяют алюминий-во-никелевую смесь, состоящую из

80 — 82 % Ni и 18 — 20 % Al. Композиционный порошок представляет собой сферические частицы алюминия, плакированные никелем. Под действием газового пламени частицы порошка нагреваются до температуры 700 — 800 °С, и между Ni и Al происходит экзотермическая реакция. В результате реакции температура резко повышается и при достижении частицами восстанавливаемой поверхности достигает 1460 — 1500 °С. В данном случае возникают механические, физические и химические (микросварка) связи порошка с подложкой.

В качестве материалов для получения рабочего слоя покрытий используют в основном самофлюсующиеся порошки на никелевой основе. В табл. 9.2 приведены характеристики некоторых отечественных порошков для газопламенного напыления и наплавки, получившие наиболее широкое распространение в ремонтном производстве для восстановления и упрочнения автотракторных деталей.

Композиционные порошки ПТ-НА-01 и ПГ-19Н-01 представляют собой плакированные алюминием сферические частицы на основе никеля и его сплавов. Эти порошки используют для напыления без последующего оплавления и применяют, как правило, для подслоя. Однако они могут использоваться и для основного слоя, например для шеек коленчатых валов автомобильных двигателей.

Т а б л и ц а 9.2. Характеристика и область применения порошкообразных материалов для газопламенного напыления и наплавки

Марка порошка	Составляющие компонента порошка						Твердость HRC	Максимальная толщина покрытия, мм	Область применения
	хром	бор	кремний	железо	никель	вольфрам	алюминий		
ПГ-10Н-01	14 — 20	2,8 — 4,2	4,0 — 4,5	3,0 — 7	Остальное	—	—	2	Упрочнение и восстановление инструмента, шестерен, распределителей, эксцентриков, храповиков, мешалок, толкателей и различных опор
ПГ-10Н-04	—	1,2 — 1,8	2,3 — 2,8	2	То же	—	—	8 — 10	Упрочнение и восстановление штампового инструмента, зубчатых колес, валов, кулачковых муфт, посадочных мест под подшипники качения, седла клапанов
ПГ-10К-01	21 — 25	1,2 — 1,8	0,8 — 1,3	2	28 — 32	3,5 — 4,5	—	3	Упрочнение и восстановление деталей кузнечно-прессового оборудования, клапанов двигателей, прессового инструмента
ПН-12Н-01	8 — 14	1,7 — 2,8	1,2 — 3,2	2 — 5	Остальное	—	—	—	Упрочнение и восстановление поршней, валов и муфт насосов, направляющих лопаток и пр.
ПГ-19Н-01	8 — 14	1,7 — 2,8	1,3 — 3,2	2 — 5	То же	—	0,8 — 1,3	—	Восстановление поршней гидравлических домкратов, шпинделей станков, опорных поверхностей и пр.

Порошкообразные материалы хранят в герметичной таре, исключаящей их загрязнение и окисление. Перед применением порошки просушивают в электрошкафах при температуре $150 - 170^{\circ}\text{C}$ в течение $3 - 4$ ч при толщине засыпки $10 - 15$ мм и периодическом перемешивании материала. Для сушки используют противни из нержавеющей стали. При попадании инородных тел порошок просеивают через сита с размером ячеек $0,1$ и $0,04$ мм.

Порошкообразные материалы, используемые для газоплазменного напыления и наплавки, на предприятиях подлежат входному контролю на предмет их соответствия сопроводительному документу. Отдельные партии порошка имеют паспорт, в котором указывается наименование материала, его марка, размер частиц, химический состав и пр.

Подготовка поверхности деталей к напылению. Качество подготовки восстанавливаемой поверхности деталей к напылению играет определенную роль в сцеплении покрытия с подложкой. Подготовка поверхности заключается в удалении масла, влаги и обезжиривании поверхности, а также механической обработке.

Очистка деталей перед напылением осуществляется в моющем растворе Лабомид-102 или Лабомид-203 при его концентрации 29 г/л в течение $20 - 25$ мин при температуре раствора $80 - 85^{\circ}\text{C}$. После ополаскивания в чистой воде детали сушат до полного удаления остатков влаги.

Для удаления остатков масла

можно использовать трихлор- или перхлорэтилен и чистую салфетку. Нельзя использовать очищающий материал дважды. Можно использовать и метод выжигания горелкой жирных пятен. Выжигание необходимо выполнять при избытке кислорода в пламени. Не следует для очистки использовать сжатый воздух, так как капельки масла из воздуха могут загрязнить уже очищенные поверхности.

В процессе эксплуатации в результате износа восстанавливаемые поверхности деталей принимают различную форму — овальность, бочкообразность, огранку и пр. (рис. 9.7). Для устранения следов износа восстанавливаемую поверхность подвергают механической обработке без применения смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Для незакаленных деталей кроме проточки нарезают рваную резьбу для повышения прочности сцепления покрытия с основным металлом. При нарезании резьбы вершина резца смещается относительно линии центров станка на $3 - 5$ мм; шаг нарезаемой резьбы — в пределах $0,4 - 0,7$ мм при глубине резания $0,3 - 0,4$ мм (рис. 9.8).

У закаленных деталей требуемая шероховатость поверхности перед напылением достигается струйной обработкой порошком электрокорунда с размером зерна $0,5 - 8$ мм. Обработка восстанавливаемой поверхности выполняется в струйной камере при следующих режимах: давление воздуха — $0,5 - 0,6$ МПа, угол на-

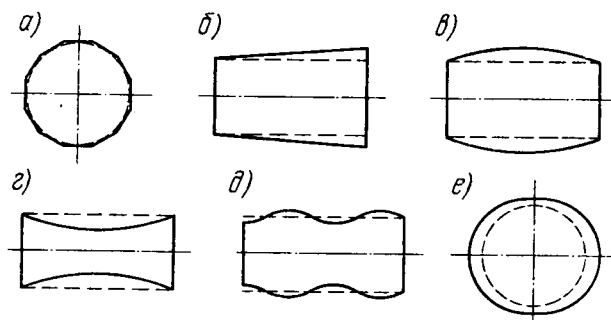
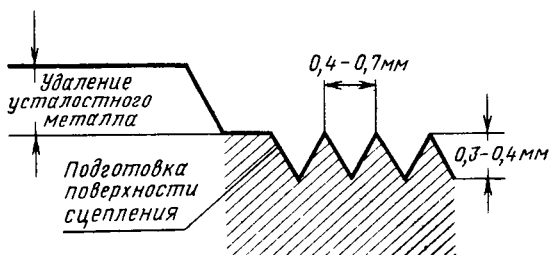


Рис. 9.7. Отклонение формы поверхностей деталей в результате износа:
а — огранка; б — конусность; в — бочкообразность; г — корсетобразность; д — волнистость; е — эллипсность

Рис. 9.8. Подготовка поверхностей деталей под покрытие



клона струи абразива к поверхности — $60 - 70^\circ$, расстояние от обреза сопла пистолета до поверхности — $70 - 90$ мм. После 5 — 7-кратного использования порошка корунда осуществляется его сушка в течение 3 ч при температуре 200°C . Периодически производится просев электрокорунда. Аналогичным образом осуществляется подготовка поверхности и при других способах газотермического напыления.

Подготовленные к напылению поверхности необходимо защищать от возможного загрязнения, а места детали, не подлежащие покрытию, — предохранять кожухами или обмазкой. Промежуток времени между подготовкой поверхности к напылению и непосредственно процессом напыления не должен превышать 2 — 3 ч. Нельзя трогать руками подготовленную поверхность.

Горелку ГН-2 для напыления подсоединяют соответствующими штуцерами к шлангам подачи кислорода и ацетилена. Устанавливают и загружают порошок бачок и опробуют механизм подачи порошка. После зажигания газовой смеси (ацетилен — кислород) регулируют пламя подачей ацетилена таким образом, чтобы его ядро имело длину 6 — 8 мм. При восстановлении наружной цилиндрической поверхности (тел вращения) деталь устанавливают в центре вращателя. При напылении других деталей, например сферической поверхности лапки коромысла клапана, их укладывают в соответствующее многоместное приспособление на столе сварщика.

Напыление. Процесс напыления (первый этап) начинают с нагрева

восстанавливаемой поверхности до температуры $60 - 100^\circ\text{C}$ для удаления следов влаги и устранения возможного образования конденсата. Первый этап напыления заключается в нанесении подслоя экзотермического никель-алюминиевого порошка ПТ-НА-01. Подслоя наносят на один проход газопламенной горелки. Толщина подслоя должна находиться в пределах $0,06 - 0,1$ мм. Расход экзотермического порошка составляет 6 — 8 г на 1 дм^2 восстанавливаемой поверхности. Дистанция напыления — $160 - 180$ мм.

Второй этап напыления заключается в нанесении основного (рабочего) слоя порошка, толщина которого должна быть на $0,3$ мм больше номинального размера восстанавливаемой детали. Основной слой наносят в несколько проходов, при этом температура детали не должна превышать $200 - 250^\circ\text{C}$. При восстановлении тел вращения скорость вращения детали лежит в пределах $18 - 20$ м/мин. Напыление выполняют до номинального или ближайшего ремонтного размера с припуском на последующую механическую обработку $0,5 - 0,6$ мм на диаметр вала. В процессе напыления необходимо контролировать равномерность толщины слоя по длине и диаметру деталей (в 3 — 4 сечениях). Для контроля используют шаблоны, штангенциркули или микрометры с обезжиренными губками.

При напылении порошком с последующим оплавлением слоя подготовка поверхности детали перед нанесением порошка заключается в ее механической обработке на станках без применения СОЖ. На обработанную

поверхность наносят слой порошка необходимой толщины и оплавливают его ацетилен-кислородным пламенем горелки ГН-2. Об окончании процесса оплавления судят по появлению характерной блестящей поверхности напыленного слоя.

9.2.3. Высокочастотное напыление

При таком способе напыления перевод материала покрытия (проволоки) в жидкую фазу осуществляется нагревом токами высокой частоты. Распыление расплава выполняется струей сжатого воздуха.

Распылительная головка высокочастотного металлатора представлена на рис. 9.9. Питание индуктора аппарата осуществляется от ламповой высокочастотной установки относительно небольшой мощности, например ВЧИ4-10/0,44 или ВЧИ-25/0,44 (мощность соответственно 10 и 25 кВт, рабочая частота — 440 кГц).

Физико-механические свойства покрытий, нанесенные высокочастотным напылением, значительно выше аналогичных свойств покрытий, полученных электродуговым напылением. Это объясняется более благоприятными условиями плавления материала покрытия (проволоки). Коллечения размеров распыляемых частиц и их температура по сечению конуса

распыла изменяются в более узких пределах, чем при электродуговой металлзации. Поэтому выгорание основных химических элементов снижается в 4 — 6 раз, насыщенность покрытия окислами уменьшается в 2 — 3 раза.

Меньшая окисляемость частиц покрытия улучшает условия смачивания частицами восстанавливаемой поверхности детали. Поэтому при данном способе напыления прочность сцепления частиц между собой и подложкой повышается. Кроме того, конструкции аппаратов для высокочастотного напыления обеспечивают распыление металлических частиц в форме правильного конуса с малым углом при вершине, что в конечном итоге обеспечивает снижение неэффективных потерь материала покрытия (проволоки).

К основным недостаткам следует отнести сравнительно невысокую производительность процесса, сложность и высокую стоимость высокочастотных ламповых установок, которые необходимо использовать для питания индуктора металлатора.

9.2.4. Плазменное напыление

При плазменном напылении покрытий для расплавления и переноса порошка на восстанавливаемую (упрочняемую) поверхность детали используют тепловые и динамические свойства плазменной струи.

Плазменное напыление основано на способности газов при определенных условиях переходить в состояние плазмы, которая представляет собой ионизированный поток газа при высоких температурах. Наиболее высокую температуру (15 000—30 000 °С) имеет аргоновая плазма. При возбуждении электрической дуги газ, подведенный в зону горения дуги, ионизируется под влиянием высокой температуры, повышенного давления газов и термоэмиссии электронов с поверхности катода. Наряду с положительно и отрицательно заряжен-

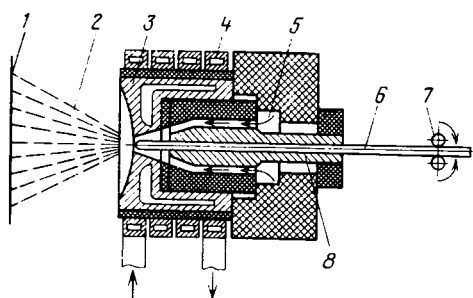


Рис. 9.9. Распылительная головка высокочастотного устройства для напыления:
1 — напыляемая поверхность; 2 — газометаллическая струя; 3 — концентратор тока; 4 — индуктор ТВЧ; 5 — воздушный канал; 6 — проволока; 7 — подающие ролики; 8 — направляющая втулка

ными ионами в газе содержатся электроны и нейтральные атомы, при столкновении которых процесс ионизации активизируется. Плазма обладает высокой электрической проводимостью, поэтому напряжение в струе плазмы низкое, а сила тока большая. Высокая электропроводимость плазмы способствует образованию вокруг нее значительного магнитного поля. Магнитные силовые линии заставляют плазму сжиматься, в результате чего она вытягивается и принимает форму шнура. Скорость потока плазмы достигает на выходе из сопла 9000 м/с, а у газовой горелки — 90 м/с. Плазмообразующий газ, не содержащий кислорода, позволяет получать покрытия без окислов.

Устройство плазмотрона для напыления порошкообразного материала схематически представлено на рис. 9.10. Для зажигания электрической дуги используют высокочастотную искру от включенного в цепь осциллятора или проводят кратковременное замыкание электродов горелки при помощи графитового стержня. Одновременно подают плазмообразующий газ, а после образования плазмы — напыляемый порошок.

В зависимости от схемы включения электрической цепи возможны три вида плазменной дуги (рис. 9.11): открытая, когда анодом служит деталь; закрытая, когда анодом служит сопло, и комбинированная, когда анодом служит и сопло, и деталь. Первый вариант используют для резки и режее для сварки и наплавки, вторую схему используют в плазмотронах для напыления, а третью — в установках для оплавления покрытий и плазменной наплавки.

Для плазменного напыления наиболее широкое распространение получили установки типа УПУ и УМП. Как правило, в комплект установки входят: вращатель, защитная камера, плазмотрон, порошок дозатор, источник питания и пульт управления. Наиболее ответственным узлом установки является плазмотрон,

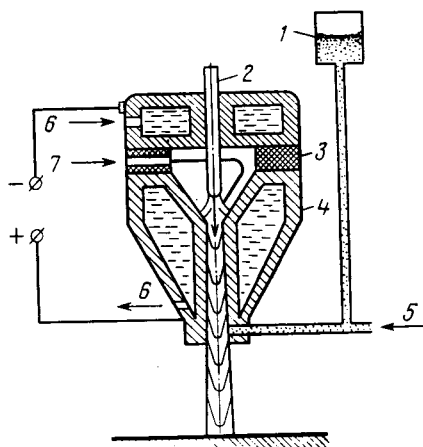


Рис. 9.10. Схема процесса плазменного напыления:

1 — порошок дозатор; 2 — катод; 3 — изоляционная прокладка; 4 — анод; 5 — транспортирующий газ; 6 — охлаждающая вода; 7 — плазмообразующий газ

в котором формируются энергетические и геометрические параметры плазменной струи. Срок эксплуатации и стабильность работы любого плазмотрона во многом определяются стойкостью сопла, которое несет наиболее значительные нагрузки. Период работы современных плазмотронов невелик (изменяется десятками часов), поэтому его быстроизнашивающиеся элементы делают сменными.

Отечественной промышленностью серийно выпускаются установки для плазменного напыления, наиболее широкое распространение из которых получили УПУ-3, УМП-5 и УМП-6 (табл. 9.3). Данные установки являются универсальными. Источником тока служат два последовательно со-

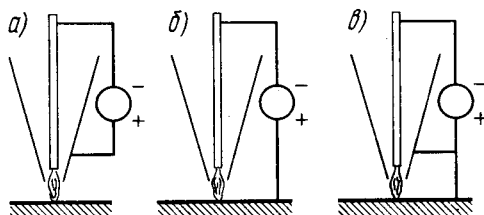


Рис. 9.11. Возможные электрические схемы плазменно-дуговых установок:

а — открытая; б — закрытая; в — комбинированная

Т а б л и ц а 9.3. Техническая характеристика установок для плазменного напыления

Основные показатели	Модель установки		
	УПУ-3	УМП-5	УМП-6
Мощность плазмотрона, кВт	30	40	30
Плазмообразующие газы	Аргон, водород		Азот, аргон, водород
Давление газа, кПа	500 — 600	400 — 500	400 — 500
Стойкость электродов на номинальном режиме, ч	До 10	До 10	До 20
Масса установки, кг	200	120	265

единенных сварочных генератора типа ПСО-500 или выпрямитель ИПН-160/600.

В качестве плазмообразующего газа наиболее широко используют аргон, азот или их смеси. Использование аргона (помимо его значительной стоимости и дефицитности) не обеспечивает достаточной эффективности и производительности процесса из-за низкого коэффициента теплоотдачи от плазмы к частицам, малой длины плазменной струи и значительного перепада температуры по сечению струи. Это ухудшает плавление частиц напыляемого материала, и, как следствие, снижается качество нанесенных покрытий.

Перспективным направлением в области плазменных покрытий является использование в качестве плазмообразующего газа воздуха или его смеси с другими газами. Применение воздуха позволяет повысить стабильность и длительность непрерывной работы плазмотрона. Одновременно с этим наблюдается стабилизация тока и процесса в целом, что в конечном итоге позволяет получать покрытия более высокого качества.

Плазмотроны типа ПНВ-23, где в качестве плазмообразующего газа используется воздух, разработаны в Ленинградском политехническом институте и внедрены в производственном объединении "Ленавторемонт". Воздушно-плазменным напылением освоено восстановление посадочных отверстий картеров коробки передач автомобилей МАЗ и КраЗ, поворотных цапф автомобиля ЗИЛ-130, оси

коромысла двигателя ЗМЗ-24 и других деталей.

Свойства покрытий зависят от температуры нагрева и скорости полета частиц в момент контакта с подложкой. Более высокие скорости полета частиц порошка и температура его нагрева в струе плазмы обеспечивают более высокие, чем при ранее рассмотренных способах напыления, физико-механические свойства покрытия и более высокую степень его сцепления с поверхностью детали. Кроме того, процесс плазменного напыления обладает высокой производительностью, возможностью использования для покрытий широкой гаммы материалов, большим коэффициентом напыления (до 95 %) и возможностью полной автоматизации процесса.

При плазменном напылении в качестве материалов для покрытий используют порошкообразные сплавы и проволоку. Наиболее часто для напыления используют износостойкие порошковые сплавы на основе никеля или на основе железа с высоким содержанием углерода (табл. 9.4). Такие сплавы обладают высокими технологическими и служебными свойствами. Порошкообразные сплавы на основе никеля марки ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3 и др. обладают такими ценными свойствами, как низкая температура плавления (950 — 1050 °С), хорошая жидкотекучесть, возможность управления твердостью в широком диапазоне HRC 35 — 60, наличие свойств самофлюсования. Однако такие сплавы имеют

Т а б л и ц а 9.4. Порошковые сплавы, применяемые при плазменном напылении

Марка сплава	Состав сплава, %					
	Fe	Ni	Cr	C	B	Si
ПГ-ХН80СР2'	5	Основа	12 — 15	0,3 — 0,6	1,5 — 2,5	1,5 — 3,0
ПГ-ХН80СР3	2	"	13 — 17	0,6 — 1,0	2,5 — 4,0	3,0 — 5,0
СНГН	1 — 3	"	14 — 16	0,5 — 1,0	3,2 — 4,2	3,5 — 5,0
КБХ	Основа	—	2,5	2,5	0,95	—
ФБХ-6-2	"	—	4,0	4,2	1,4	2,5
ПГ-У30Х28Н4С4	"	3,5	28	3,0	—	3,5
ПЖ-5М	"	—	—	0,4	—	1,2

высокую стоимость. К недостаткам сплавов на основе железа следует отнести их более высокую температуру плавления (1250 — 1300 °С) и отсутствие свойств к самофлюсованию.

Плазменным напылением можно наносить защитные тепловые покрытия из керамических материалов (оксид алюминия ГА85 или ГА8, двуоксид циркония ПЦП-90 и пр.) на днище поршня и головку блока цилиндров.

Подготовка поверхности перед напылением не отличается от описанной ранее подготовки в разделе газопламенное напыление.

9.2.5. Детонационное напыление

При данном способе напыления нагрев и транспортирование частиц порошкообразного материала на поверхность детали осуществляются в результате энергии детонации газовой смеси. Схема процесса представлена на рис. 9.12. В камеру ствола подается кислородо-ацетиленовая смесь. Ствол одним концом направлен на обрабатываемую деталь. В другом конце ствола находится напыляемый порошок. Электрическая искра вызывает взрыв газовой смеси, в результате детонации газовой смеси происходит выделение теплоты и образуется ударная волна. Частицы порошка разогреваются в продуктах детонации, получают большую кинетическую энергию и направляются к открытому концу ствола. Напротив него помещают деталь. Частицы по-

рошка имеют большую скорость полета, которая на расстоянии 75 мм от среза ствола достигает 800 м/с. При соударении с поверхностью детали кинетическая энергия частиц трансформируется в тепловую. При этом температура в месте контакта может повышаться до 4000 °С.

После каждого выстрела ствол аппарата продувают азотом для удаления продуктов сгорания. Процесс напыления повторяют с определенной периодичностью. В зависимости от типа установок скорострельность (периодичность повторения цикла) может достигать 10 выстрелов/с. За один цикл напыления можно нанести покрытие толщиной 6 — 10 мкм. Последовательно напыляя слои друг на друга, можно получить покрытие толщиной 1 — 2 мм. При диаметре ствола 25 мм в течение 15 с можно получить покрытие на площади 5 см² толщиной 0,3 мм.

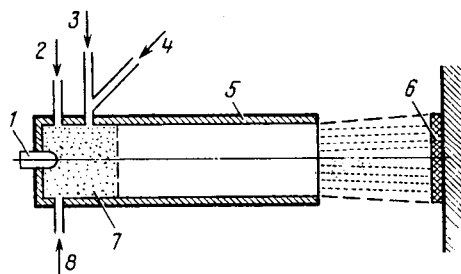


Рис. 9.12. Схема детонационного напыления: 1 — электрическая свеча; 2 — подача кислорода; 3 — продувка азотом; 4 — порошок материала покрытия; 5 — ствол; 6 — напыленный металл; 7 — взрывная камера; 8 — подача ацетилена

Детонационное напыление предназначено в основном для получения износостойкого покрытия, состоящего из карбидов и металлической связи. Высокие температуры и давление, контакт частиц порошка с активной газовой средой, деформация частиц при соударении с поверхностью детали способствуют протеканию различных физико-химических процессов в напыленном слое. Покрытия, полученные детонационным напылением, обладают высокой плотностью и прочностью сцепления с основным металлом. В то же время температура нагрева упрочняемой детали не превышает 200 °С.

На Бийском машиностроительном заводе и Атакском опытном заводе ВНПО "Ремдеталь" серийно выпускают установки "Катунь" и "Днепр-3" для детонационного напыления. Установки предназначены для нанесения покрытий из порошковых материалов на рабочие поверхности деталей машин и аппаратов для восстановления и повышения их износостойкости, коррозионности и жаростойкости. Основные показатели установок приведены в табл. 9.5.

Т а б л и ц а 9.5. Техническая характеристика установок для детонационного напыления

Основные показатели	Модель установки	
	"Катунь"	"Днепр-3"
Скорострельность, выстрел/с	1 — 10	2 — 6
Расход напыляемого порошка, кг/ч:		
окиси алюминия	1,8	—
твердого сплава ВК-15	7,8	—
Толщина покрытия за один выстрел, мкм	5 — 20	5 — 20
Диаметр пятна, мкм	—	20
Площадь покрытия, образующего за 1 выстрел, мм ²	400	—
Расход рабочих газов, м/ч:		
кислорода	10 — 12	2 — 12
пропана (ацетилен)	2 — 3,5	1,88
Потребляемая мощность, Вт	100	300
Уровень шума при работе, дБ	140	140

Оборудование для детонационного напыления представляет собой сложный технический комплекс, состоящий из детонационной установки, звукоизоляционного бокса, газораспределительного щита и дистанционного пульта управления.

К существенным недостаткам детонационного напыления следует отнести в первую очередь высокий уровень шума (до 140 дБ). Кроме того, используемое оборудование относительно сложно и имеет высокую стоимость.

9.2.6. Упрочнение конденсацией металла с ионной бомбардировкой

В основе упрочнения поверхностей деталей конденсацией металла с ионной бомбардировкой лежит распыление вещества при помощи низковольтной дуги постоянного тока в вакууме с контролируемым напуском легирующих газов. Для распыления вещества мишень бомбардируют быстрыми частицами (обычно положительными ионами газа — ионное распыление), в результате чего с поверхности мишени выбиваются атомы, осаждающиеся на расположенные вблизи поверхности.

В наиболее простом случае ионное распыление осуществляют в тлеющем разряде при помощи двойной схемы. В этой схеме мишень из распыляемого металла — катод, на который подается потенциал в несколько киловольт, а держатель подложки — заземленный анод. При наличии ионизирующего газа и при высоком напряжении между электродами возникает автоэлектронная эмиссия с катода, и в межэлектродном пространстве зажигается самостоятельный разряд. В рассмотренном случае в процессе ионного распыления катод выполняет две функции: является источником электронов, что поддерживает процесс существования тлеющего разряда, и источником распыляемого материала, наносимого на деталь.

Т а б л и ц а 9.6. Повышение стойкости режущего инструмента при нанесении износостойкого покрытия (нитрида титана) конденсацией с ионной бомбардировкой

Упрочняемый материал	Геометрические параметры				Обрабатываемый материал	Операция	Режимы резания			Повышение стойкости, раз
	Передний угол γ , град	Задний угол α , град	Главный угол в плече ϕ , град	Радиус при вершине r , мм			Скорость v , м/мин	Подача s , мм/об (мм/зуб)	Глубина t , мм	
ВК6 (неперетачиваемые четырехгранные пластины)	—6	6	45	0,8	Чугун СЧ-21-40	Продольное точение	135 160 80	0,77 0,3 1,5	1,5 1,5 2,0	3,7 1,8 4,3
					Сталь 45		165	0,7	1,5	2,0
ТТ 10 К8Б	—6	6	75	1,2	Чугун СЧ-21-40	Фрезерование	80 157 50 140	0,5 0,2 0,8 0,5	2,0 2,0 2,0 2,0	5,0 3,7 10,5 2,7
					Сталь 45	Продольное точение Фрезерование	50	0,25	2,0	3,3
							56 35 71	0,25 0,4 0,1	2,0 2,0 2,0	5,3 3,3 1,8
Р6 М5 (четырёхгранные пластины)	—10	6	75	0,5	Сталь 45	Продольное точение Фрезерование				
	—10	6	85	0,5						

В качестве катода могут использоваться любые электропроводящие материалы. Для получения химических соединений (нитридов, карбидов) в камеру установки для нанесения покрытий подают легирующий газ. В результате высокой температуры катодного пятна вакуумной дуги эффективно испаряются любые катодные материалы (вольфрам, тантал, молибден, ниобий, графит). Введение в вакуумную камеру легирующего газа и ионизация его в разряде позволяют создать плазменные пучки с регулируемым содержанием различных компонентов.

Ионное состояние вещества вблизи поверхности образца (детали) активизирует реакции взаимодействия, что позволяет получать покрытия с высокими физико-механическими свойствами (сверхтвердые, износостойкие и др.). Регулированием состава и энергии ионного пучка, формируемого из плазменной струи, можно направленно изменять фазовый состав, структуру и свойства покрытий. Ускоренные ионные пучки большой плотности дают возможность осуществлять высокоэффективную начальную очистку поверхно-

сти образца (детали) распылением, обеспечивающим высокую адгезию покрытия.

Одной из наиболее важных областей применения покрытий, получаемых путем конденсации металла с ионной бомбардировкой, является создание износостойких слоев. Нанесением покрытий на основе нитридов титана и молибдена упрочняют инструменты из твердых сплавов, быстрорежущих и инструментальных сталей. При этом значительно повышается их стойкость, предотвращается

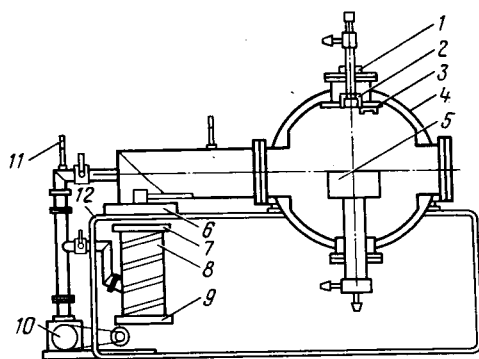


Рис. 9.13. Установка для напыления поверхностей конденсацией материала в вакууме

диффузионный износ и увеличивает стойкость к воздействию кислот (табл. 9.6).

Установка для упрочнения поверхностей деталей конденсацией металла с ионной бомбардировкой (рис. 9.13) состоит из камеры 4, представляющей собой цилиндрический сосуд. Ось камеры расположена горизонтально. На обоих торцах камеры на петлях крепятся крышки. В нижней части камера имеет четыре кронштейна. В кронштейнах крепятся установочные винты, при помощи которых камера выставляется в необходимом положении.

В корпусе камеры и крышки припаяны медные трубки, соединенные с системой водяного охлаждения 12. В верхней части камеры расположен катодный узел, включающий в себя фокусирующую катушку 1, катод 2 и поджигающий электрод 3. Катод представляет собой монолитный цилиндр, на испаряемом торце которого имеется буртик высотой 2 мм, препятствующий уходу катодного пятна при горении дуги на боковую поверхность цилиндра. Вакуумное уплотнение катодного узла осуществляется двумя втулками, резиновым уплотнителем и гайкой. Втулки и уплотни-

тель электрически изолируют катодный узел от корпуса.

Внутри камеры расположена подложка 5, на которую устанавливают упрочняемые детали. Необходимое давление в камере на всех режимах обеспечивается вакуумной системой, включающей в себя высоковакуумный агрегат 8, азотную 6 и водяную 7 ловушки, нагреватель 9, форвакуумный насос 10 и систему измерения вакуума 11 (или 12 измерения водяного охлаждения).

Технические данные установки

Площадь упрочняемой поверхности под одним испарителем, дм^2	2
Скорость осаждения пленки на расстоянии 270 мм от испарителя, мкм/ч	До 40
Рабочее давление в камере, Па	$2,66 \cdot 10^{-3} - 6,65 \cdot 10^{-1}$
Время откачки камеры до давления 1,33 Па (форвакуумным насосом), мин	20 — 30
Время откачки камеры до давления $6,65 \cdot 10^{-3}$ Па (высоковакуумным агрегатом), мин	30 — 45
Напряжение сети переменного тока частотой 50 Гц, В	380/220
Номинальный рабочий ток дуги, А	75 — 180

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ НАРАЩИВАНИЕМ МАТЕРИАЛА

10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО НАРАЩИВАНИЯ МАТЕРИАЛА

Гальванические и химические покрытия применяют в ремонтном производстве для восстановления размеров изношенных поверхностей деталей, повышения их износостойкости, защиты деталей от коррозии, придания поверхностям эстетического внешнего вида, улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей, защиты их от науглероживания при цементации.

Возможность применения тех или иных способов восстановления размеров изношенных поверхностей деталей гальваническими и химическими покрытиями зависит от степени износа деталей автомобилей, поступающих в капитальный ремонт. В связи с тем что при хромировании могут быть наращены покрытия толщиной до 0,3 мм, а при железнении 1,0 — 1,5 мм и более, эти процессы обеспечивают возможность восстановления довольно большой номенклатуры деталей автомобилей практически при любом их износе.

Восстановление деталей гальваническими покрытиями обладает следующими достоинствами в сравнении с другими способами восстановления:

- отсутствием термического воздействия на детали, вызывающего в них нежелательные изменения структуры и механических свойств;

- получением с большой точностью заданной толщины покрытий, что позволяет снизить до минимума припуск на последующую механическую обработку и ее трудоемкость;

- осаждением покрытий с заданны-

ми непостоянными по толщине физико-механическими свойствами;

- одновременным восстановлением большого числа деталей, что снижает трудоемкость и себестоимость ремонта единицы изделия;

- автоматизацией технологического процесса.

Гальванические и химические покрытия классифицируют по назначению, способу получения и характеру защиты. По назначению их делят на покрытия для компенсации износа, защиты, защитно-декоративные и специальные покрытия. Назначение первых — обеспечить возможность повторного использования деталей в результате компенсации износа их рабочих поверхностей. Основная цель защитного покрытия — защита поверхности от атмосферной коррозии. Защитно-декоративные покрытия защищают детали от коррозии и придают им эстетический вид. Специальные покрытия применяют для придания деталям поверхностной твердости, износо- и жаростойкости, отражательной способности, электропроводности, изоляционных и других специальных свойств.

По способу получения металлические покрытия можно разделить на физические, химические и гальванические. Наиболее распространенным способом в ремонтном производстве является гальванический.

По характеру защиты металлические покрытия делят на анодные и катодные. Характер защиты зависит от электрохимической характеристики металла покрытия по отношению к основному металлу детали в условиях эксплуатации среды. Относительная электрохимическая характеристика металлов определяется зна-

чениями их стандартных электродных потенциалов, приведенными в табл. 10.1.

Покрyтия, имеющие по сравнению с металлом детали более отрицательный потенциал, называются анодными. Основной металл электрохимически защищает только анодные покрyтия. В этом случае электрохимический потенциал металла покрyтия электроотрицательнее потенциала покрываемого металла (металла детали). В порах такого покрyтия при наличии влаги между металлом покрyтия и металлом основы возникает замкнутый гальванический элемент, в котором анодом будет металл покрyтия. При этом металл покрyтия, разрушаясь, защищает основной металл детали (рис. 10.1, а).

К анодным покрyтиям можно отнести цинковые покрyтия на стали, никелевые на меди и т. д.

Покрyтия металлами, потенциал которых положительнее потенциала металла детали в условиях эксплуатации, называют катодными. Такие покрyтия защищают детали только механически, и качество защиты зависит в основном от сплошности покрyтия: чем меньше пор, тем оно выше. Это объясняется тем, что при возникновении гальванической пары металл основы становится анодом и при

эксплуатации будет интенсивно растворяться (рис. 10.1, б). К катодным покрyтиям следует отнести медные и никелевые — по стали, золотые и серебряные — по меди.

Электролитическое осаждение металлов в гальванике осуществляется из электролитов — водных растворов солей, кислот и оснований. При растворении в воде молекулы этих веществ диссоциируют на противоположно заряженные частицы: положительные ионы металла Me^+ и водорода H^+ , которые называются катионами, и отрицательные ионы кислотных остатков SO_4^{--} , гидроксильных групп OH^- и кислорода O^{--} , называемые анионами. Такие растворы являются проводниками II рода. Если в электролит поместить металлические пластины, подсоединенные к клеммам источника постоянного или переменного тока, на границе поверхности металлической пластины и электролита протекают электрохимические реакции, т. е. происходит электролиз (рис. 10.2).

В качестве электролитов применяют растворы кислот и солей тех металлов, которые необходимо нанести на деталь. На анодах, помимо рядки отрицательных ионов, протекает процесс растворения металла с переходом его в виде ионов в электролит. Таким образом, сколько из элект-

Т а б л и ц а 10.1. Стандартные электродные потенциалы металлов в водных растворах при 298 °К

Металл	Электрод	Потенциал, В	Металл	Электрод	Потенциал, В	Металл	Электрод	Потенциал, В
Калий	K/K ⁺	—2,92	Цинк	Zn/Zn ²⁺	— 0,76	Висмут	Bi/Bi ³⁺	+ 0,21
Барий	Ba/Ba ²⁺	— 2,90	Железо	Fe/Fe ²⁺	— 0,44	Сурьма	Sb/Sb ³⁺	+ 0,24
Кальций	Ca/Ca ²⁺	— 2,87	"	Fe/Fe ³⁺	—0,037	Медь	Cu/Cu ²⁺	+ 0,34
Натрий	Na/Na ⁺	— 2,71	Кадмий	Cd/Cd ²⁺	— 0,40	"	Cu/Cu ⁺	+ 0,52
Магний	Mg/Mg ²⁺	— 2,36	Индий	Jn/Jn ³⁺	— 0,34	Ртуть	2Hg/Hg ⁺	+ 0,79
Алюминий	Al/Al ³⁺	— 1,66	Кобальт	Co/Co ²⁺	— 0,28	"	Hg/Hg ²⁺	+ 0,85
Титан	Ti/Ti ²⁺	— 1,63	Никель	Ni/Ni ²⁺	— 0,25	Серебро	Ag/Ag ⁺	+ 0,80
"	Ti/Ti ³⁺	— 1,21	Олово	Sn/Sn ²⁺	— 0,14	Палладий	Pd/Pd ²⁺	+ 0,99
Марганец	Mn/Mn ²⁺	— 1,18	"	Sn/Sn ⁴⁺	+0,007	Платина	Pt/Pt ²⁺	+ 1,88
Хром	Cr/Cr ²⁺	— 0,91	Свинец	Pb/Pb ²⁺	— 0,13	Золото	Au/Au ³⁺	+ 1,50
"	Cr/Cr ³⁺	— 0,74	Водород	1/2 H ₂ /H ⁺	0,00	"	Au/Au ⁺	+ 1,69

тролита уходит ионов металла, осаждающаяся на катоде, столько же растворяется с анодов, пополняя электролит, т. е. электролит не обедняется ионами металла.

Количественная связь между прошедшим через границу электрод — электролит электричеством и количеством образующегося и расходуемого вещества определяется законами Фарадея.

Процесс электролитического осаждения металлов подчиняется законам Фарадея. Первый закон Фарадея гласит, что количество вещества, выделенного или растворенного на электродах, прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через электролит:

$$m = cQ = cIt, \quad (10.1)$$

где c — электрохимический эквивалент, $г/(А \cdot ч)$; Q — количество электричества, $А \cdot ч$; I — сила тока, $А$; t — продолжительность электролиза, $ч$.

Коэффициент пропорциональности называется электрохимическим эквивалентом. Он представляет собой массу вещества, выделенного на электроде при прохождении через электролит единицы количества электричества. За единицу количества электричества может быть принят $1 Кл = 1 А \cdot с$. Электрохимический эквивалент принято выражать в $мг/Кл$ (миллиграмм/Кулон) или $г/(А \cdot ч)$. Электрохимические эквиваленты приведены в табл. 10.2.

Согласно второму закону Фарадея, при прохождении через электролит некоторого определенного количества электричества массы выделяющихся на катоде или растворяющихся на аноде веществ пропорциональны их химическим эквивалентам A :

$$m_1/A_1 = m_2/A_2 = \dots = const.$$

Если принять количество электричества $Q = 1F$, то из уравнения (10.1) получим: $m_1 = c_1$; $m_2 = c_2$ и т. д. Тогда $c_1/A_1 = c_2/A_2 = \dots = 1F$.

Следовательно, для выделения на катоде одного грамм-эквивалента

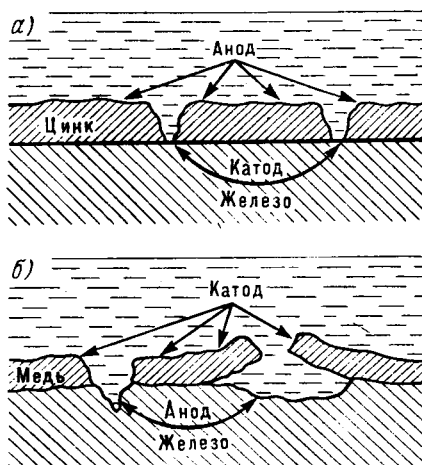


Рис. 10.1. Металлические покрытия, поврежденные коррозией:
а — анодное; б — катодное

любого вещества необходимо пропустить через электролит количество электричества, равное 96487 Кл, или 26,8 $А \cdot ч$.

На катоде помимо осажденного металла выделяется водород или протекают побочные процессы электрохимического восстановления (например, $Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$). По этой причине количество выделенного металла меньше, чем рассчитано по закону Фарадея. Для оценки полезно использованного тока в гальванотехнике принят параметр "выход по току". Он определяется отношением прак-

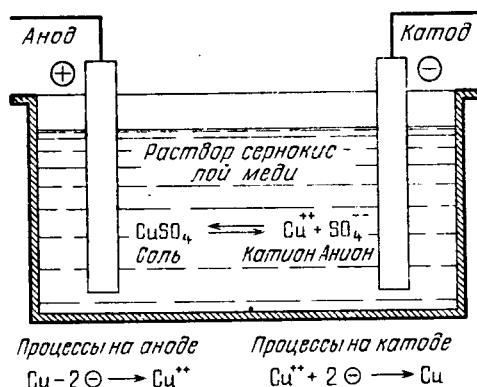


Рис. 10.2. Схема гальванического процесса

Т а б л и ц а 10.2. Электрохимические эквиваленты

Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент		Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент	
		мг/Кл	г / (А · ч)			мг/Кл	г / (А · ч)
Алюминий	3	0,093	0,335	Никель	2	0,304	1,095
Висмут	3	0,720	2,600	Олово	4	0,307	1,107
Водород	1	0,010	0,038	"	2	0,615	2,214
Железо	3	0,193	0,694	Палладий	2	0,553	1,990
"	2	0,289	1,042	Платина	2	1,011	3,640
Золото	3	0,681	2,452	Родий	3	0,356	1,280
"	1	2,044	7,370	Свинец	2	1,074	3,865
Индий	3	0,399	1,429	Серебро	2	1,118	4,025
Кадмий	2	0,582	2,097	Сурьма	3	0,421	1,514
Кислород	2	0,083	0,298	Хлор	1	0,367	1,323
Кобальт	2	0,305	1,099	Хром	6	0,090	0,324
Марганец	2	0,285	1,025	"	3	0,180	0,648
Медь	2	0,330	1,186	Цинк	2	0,339	1,220
"	1	0,659	2,372				

тически выделившегося металла на катоде к теоретически рассчитанному по закону Фарадея, т. е. выход по току — это к. п. д. электрического тока в процентах:

$$\eta = 100 m_n / m_t = 100(m_2 - m_1) / (cIt),$$

где m_n — практически прореагировавшая масса вещества; m_t — теоретическая масса вещества, которая должна была прореагировать в соответствии с законом Фарадея; m_1 и m_2 — масса детали соответственно до и после нанесения покрытия.

Катодные выходы по току для наиболее распространенных гальванических процессов приведены ниже (значения катодных выходов по току, %):

Золочение	90
Кадмирование	85 — 95
Меднение:	
цианидный электролит	40 — 75
кислый	95 — 100
Никелирование	90 — 100
Свинцевание	90 — 100
Серебрение	95 — 100
Хромирование:	
блестящее	8 — 12
твердое	12 — 28
Цинкование:	
цианидный электролит	75 — 95
кислый	95 — 100
цинкатный	85 — 100

В соответствии с законом Фарадея толщина h , мм, осаждаемого металлического покрытия

$$h = D_k c \eta t / (1000 \gamma),$$

где D_k — рекомендованная для данного электролита и его температуры катодная плотность тока, А/дм²; c — электрохимический эквивалент, г / А · ч; η — выход по току, %; t — продолжительность электролиза, ч; γ — плотность металла, г/см³.

Для расчета времени, необходимого для осаждения покрытия заданной толщины h , используют соотношение

$$t = 1000 h \gamma / (D_k c \eta).$$

Сила тока, необходимая для нанесения покрытия на конкретную площадь,

$$I_k = S_k D_k,$$

где S_k — площадь покрытия металлом, дм².

Аналитические зависимости получены из условия равномерности распределения осадка по наращиваемой поверхности. В действительности толщина осадка на различных участках детали не одинакова — на выпуклых поверхностях толщина слоя больше. Свойство электролита обес-

печивать получение равномерных по толщине покрытий характеризуется его рассеивающей способностью. Зависит она от степени равномерности распределения электрических силовых линий, идущих от анода к катоду (рис. 10.3). Для повышения равномерности распределения тока и металла на поверхности деталей применяют дополнительные аноды (рис. 10.4) или аноды, копирующие форму катода, дополнительные катоды или непроводящие экраны, которые могут объединяться в ячейки (рис. 10.5), используют подвески, обеспечивающие рациональное размещение деталей.

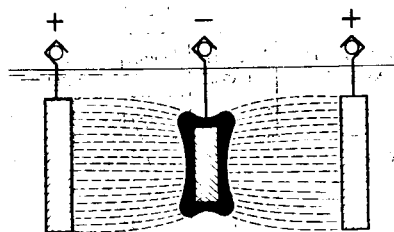


Рис. 10.3. Схема распределения тока на сложнопрофильных деталях

Кроме рассеивающей способности, на качество покрытий оказывает влияние кроющая способность электролита, под которой понимается свойство электролита обеспечивать получение покрытия на углубленных частях деталей, независимо от его толщины. Кроющая способность улучшается с увеличением концентрации основной соли в электролите.

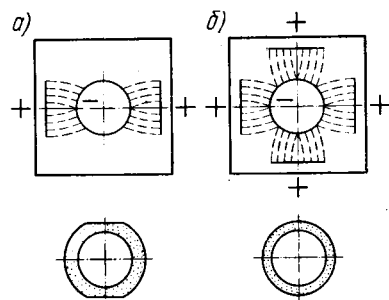


Рис. 10.4. Повышение равномерности толщины покрытия с увеличением числа анодов: а — два анода; б — четыре анода

Наиболее существенно влияет на качество электролитических покрытий поляризация электродов. Поляризацией (перенапряжением) называется разность между потенциалами выделения металла на катоде или растворения металла на аноде и электрода при отсутствии электрического тока (потенциалом равновесия). Она вызывается изменением концентрации ионов в прикатодном слое (концентрационная поляризация) и сопротивлениями, возникающими при протекании химических реакций в процессе электролиза (химическая поляризация).

Электролитическое покрытие образуется в результате одновременного протекания двух процессов: образования центров кристаллизации и их роста. Структура покрытия зависит от того, какой из этих процессов будет преобладающим. Если скорость образования новых центров кристаллизации будет опережать скорость роста образовавшихся кристаллов, то структура осадка будет мелкокристаллической. При преобладающей

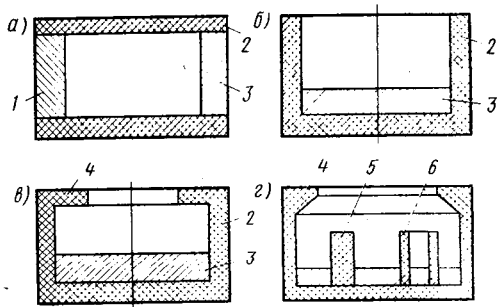


Рис. 10.5. Ячейки для получения равномерных покрытий на плоских деталях: а — двухэлектродная; б — одноэлектродная; а — с выравнивающими козырьками; б — с непроводящими вставками; 1 — анод; 2 — непроводящий экран; 3 — катод; 4 — козырек; 5 — непроводящая вставка; 6 — трубчатая непроводящая вставка

скорости роста кристаллов покрытие получается крупнокристаллическим.

С повышением катодной поляризации увеличивается скорость образования центров кристаллизации, а следовательно, осадок получается более мелкозернистым. Зависит катодная поляризация от состава электролита и режима нанесения покрытия. Для ее изменения к электролиту применяют добавки органических и поверхностно-активных веществ, изменяющих структуру осадков и прочность сцепления их с основным металлом.

На свойство электролитических покрытий очень сильно влияет водород, выделяющийся на катоде одновременно с металлом. Неравномерно распределяясь в осадке, водород вызывает пористость, отслаивание, искажает кристаллическую решетку, создавая внутренние напряжения и делая осадок хрупким. Основная причина выделения водорода на катоде совместно с металлом — низкое перенапряжение водорода. Для обеспечения наибольшего перенапряжения водорода необходимо на определенном уровне поддерживать кислотность электролита, оцениваемую водородным показателем, pH. Водородный показатель pH равен показателю степени дроби, показывающей концентрацию водородных ионов в растворе; если концентрация ионов $[H^+] = 1/10^5$, то $pH = 5$. В нейтральном растворе концентрации ионов водорода $[H^+]$ и гидроксида $[OH^-]$ одинаково равны $1/10^7$, т. е. водородный показатель $pH = 7$. При добавлении в раствор кислоты увеличивается концентрация ионов водорода, при добавлении щелочи увеличивается концентрация ионов гидроксила. Растворы, в которых концентрация $[H^+] > [OH^-]$, являются кислотными ($pH < 7$); при $[H^+] < [OH^-]$ раствор является щелочным ($pH > 7$). Производство концентраций $[H^+]$ и $[OH^-]$ всегда постоянно и равно $1/10^{14}$.

Отмеченные особенности процесса электролиза приводят к тому, что свойства металла, осажденного элек-

тролитически, отличаются от свойств расплавленного металла после его кристаллизации. Этим объясняется повышенная твердость и хрупкость осадков, наличие растягивающих внутренних напряжений, снижение усталостной прочности деталей, работающих при знакопеременных нагрузках. По этой причине при восстановлении деталей гальваническими покрытиями стремятся к получению осадков мелкокристаллической структуры с высокой износостойкостью и прочностью сцепления с основным металлом, с минимальными внутренними напряжениями. Обеспечение этих требований можно достичь только при соблюдении оптимальных технологических процессов подготовки деталей к нанесению покрытий, режимов электролиза и последующей обработки покрытий.

10.2. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ К НАНЕСЕНИЮ ПОКРЫТИЙ

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий предусматривает выполнение трех групп операций: подготовки поверхности деталей к нанесению покрытия, нанесения покрытия и завершающей обработки после покрытия.

Подготовка поверхности основного металла выполняется для придания детали правильной геометрической формы, удаления жировых и окисных загрязнений и уменьшения шероховатости поверхности. Подготовка состоит из следующих операций:

- механическая обработка поверхностей, подлежащих наращиванию;

- очистка деталей от оксидов и промывки их органическими растворителями;

- монтаж деталей на подвесные приспособления и изоляции мест, не подлежащих покрытию;

- обезжиривание (химического или электрохимического);

- промывка в проточной горячей, а затем в холодной воде;

- химическая или электрохимическая обработка;

повторная промывка в проточной воде.

Предварительная механическая обработка осуществляется для устранения следов износа и восстановления правильной геометрической формы. Наиболее часто применяемые способы предварительной механической обработки — шлифование и полирование. Обычно поверхность шлифуют до шероховатости, соответствующей 6 — 8-му классам. В процессе нанесения защитно-декоративных покрытий требуется более тщательная механическая обработка для получения минимальной шероховатости. Обработывая деталь, следует закруглять, где это допустимо, острые кромки, фаски и углы, что позволит избежать образования на них наростов.

Шлифование и полирование перед нанесением покрытия производят с помощью шлифовальных кругов или непрерывной гибкой абразивной ленты. При этом используют шлифовальные круги двух типов: твердые и изготовленные из эластичных материалов. Твердые состоят из зерен абразивного материала размером 250—1200 мкм, скрепленных связкой. Круги из эластичных материалов (войлока, фетра) применяют для тонкого окончательного шлифования перед нанесением защитно-декоративных покрытий. Абразивным материалом служат мелкие зерна (75—120 мкм) корунда, наждака, кварца, которые наклеивают по периферии круга. Цветные металлы шлифуют кругами из мягкого войлока, стальные детали — кругами из жесткого войлока.

Режимы шлифования выбирают так, чтобы исключить прижоги и образование трещин. Обычно окружная скорость круга или ленты составляет для черных металлов 30—35 м/с, для меди и ее сплавов 20—25 м/с, для алюминия 10—20 м/с. При этом применяют обильное охлаждение.

При подготовке мелких деталей к нанесению гальванических и химиче-

ских покрытий используют галтовку, заключающуюся в обкатке деталей совместно с абразивными материалами в колоколах или барабанах. Абразивный материал и режимы обработки при галтовке указаны в табл. 10.3.

Ниже приведена продолжительность процесса галтовки в часах:

Удаление заусенцев	0,25—2,00
" окарины	1—4
Шлифование	4—40
Полирование небольших деталей:	
стальных штамповочных	3—4
" поковок	4—6
латунных и бронзовых	2—4

Для окончательной отделки деталей (перед нанесением защитно-декоративных покрытий) их полируют с использованием очень мелких абразивных материалов (микропорошков), обрабатывают при помощи эластичных кругов или лент с нанесенным слоем полирующей пасты. Абразивные материалы в качестве абразива содержат природный оксид железа (крокус), оксиды хрома и алюминия или другие соединения; связующими веществами служат стеарин, парафин, техническое сало (говяжье, баранье, свиное) и перезин (смесь твердых углеводородов).

Перспективным способом механической обработки деталей перед нанесением покрытий является их виброабразивная обработка. В этом случае детали и абразив помещают в контейнер, которому сообщается колебательное движение (вибрация) с частотой 1500—3000 колебаний в минуту (25—50 Гц) при амплитуде 1—5 мм. Оптимальные значения частоты и амплитуды колебаний составляют соответственно 35—50 Гц и 1—3 мм.

При виброшлифовании, очистке деталей и снятии заусенцев в качестве рабочей среды применяют бой абразивных кругов, при виброполировании — порошки оксидов железа, хрома, алюминия, а также мрамор, мел. Детали занимают 30 % вместимости контейнера, абразив — 60 %, остальное пространство остается не-

Т а б л и ц а 10.3. Режимы обработки деталей при галтовке

Обрабатываемый материал	Вид галтовки	Абразивный материал	Компонент раствора	Режим обработки			Шероховатость поверхности, мкм	
				Концентрация компонента, г/л	Частота вращения детали, об/мин	Продолжительность, ч	до обработки	после обработки
Сталь	Сухая	Шлифпорошок зернистостью 3 или 4	—	—	20—60	10—24	40—20	8—5
"	Мокрая (шлифование)	Бой электрокорундовых кругов Т, ВТК размером частиц 5 — 30 мм	Хозяйственное 72 %-ное мыло	2—5	30	2—12	40—5	5—2,5
"	Мокрая (полирование)	Бой фарфора размером частиц 5 — 20 мм	То же	2—5	30	2—12	5—2,5	1,25—0,63
		Стальные шарики диаметром 4—10 мм	"	2—5	30	2—12	—	—
Алюминий и его сплавы, цинковый сплав	То же	То же	"	20—30	30	2—12	5	1,25
Алюминий и его сплавы	Мокрая (шлифование)	Электрокорундовый шлифпорошок	Гашеная известь	500—600	30	2—12	40—5	5—2,5

заполненным. Виброобработку деталей выполняют сухим и мокрым способами.

Для очистки поверхности деталей от ржавчины, окалины, краски, травильного шлама и других загрязнений можно использовать карцевание, при котором дисковым щеткам из проволоки диаметром 0,05—0,3 мм, закрепленным на шпинделе шлифовально-полировального станка или на валу электродвигателя, сообщают вращение с частотой 1200—2500 об/мин. Для карцевания стальных деталей служат стальные щетки, для карцевания цветных деталей — щетки из латунной проволоки, а мягкие металлы обрабатывают волосяными, капроновыми или травяными щетками.

В процессе очистки деталей с поверхностей удаляются продукты коррозии, масляные и другие загрязнения. При монтаже деталей на подвесное приспособление требуется обеспечить надежный контакт в электри-

ческой цепи деталь — подвеска — штанга, убедиться в наличии благоприятных условий для равномерного распределения покрытия по поверхности деталей и для удаления пузырьков водорода, выделяющегося при электролизе.

Поверхности деталей, не подлежащие покрытию, изолируют, т. е. защищают диэлектриком от осаждения на них металла. Изоляция позволяет сохранить геометрические размеры непокрываемых участков, уменьшить производительные потери электрического тока и металла, защищает от коррозии внутренние поверхности. В качестве изоляторов служат съемные футляры, коробки, трубки, шайбы, изготовленные по форме защищаемой поверхности из текстолита, эбонита, винипласта, фарфора и других электроизоляционных материалов. Детали несложной формы удобно изолировать пленочными материалами, которыми плотно обертывают за-

щищаемые места. Лакокрасочные материалы наносят пульверизатором или кистью (в 2 — 3 слоя) с промежуточной сушкой каждого.

Жировые пленки могут быть удалены с поверхностей деталей одним из следующих способов:

механической очисткой кашицеобразным раствором кальцемагниево-венской извести;

обезжириванием органическими растворителями;

химическим обезжириванием;

электрохимическим обезжириванием;

обезжириванием с применением ультразвука.

Следует помнить, что большинство органических растворителей токсичны, ряд из них пожароопасны. После обезжиривания ими на поверхности деталей остается очень тонкая пленка жиров, которая препятствует прочному сцеплению покрытия с основным металлом. Растворяющая способность, кг/(м²·с), различных растворителей приведена ниже:

Фреон Ф-113	4,45
Трихлорэтилен	3,10
Ксилол	2,20
Тетрахлорэтилен	1,70
Бензин	1,30
Уайт-спирит	0,90
Керосин	0,65

Для химического и электрохимического обезжиривания используются

растворы щелочей, причем при электрохимическом обезжиривании концентрации веществ берутся меньшими. При электрохимическом обезжиривании на поверхности деталей, заведываемых на катодную штангу, бурно выделяется водород, который способствует механическому отрыву жировой пленки. Для предохранения поверхностей деталей от наводораживания, увеличивающего хрупкость основного металла, в конце процесса обезжиривания меняют полярность на обратную, и в течение короткого времени (0,2 — 0,25 длительности обработки на катоде) обрабатывают детали на аноде. Этот же эффект достигается и при электрохимическом обезжиривании переменным током.

Составы растворов для химического и электрохимического обезжиривания указаны в табл. 10.4 и 10.5, а режимы их работы приведены ниже:

Режим работы при химическом обезжиривании

Номер раствора. . .	1	2	3
Температура °С	60—80	60—80	50—70
Продолжительность травления, мин	3—10	3—20	2—5
Номер раствора. . .	4	5	6
Температура °С	40—70	70—80	60—80
Продолжительность травления, мин. .	3—10	7—10	5—20

Т а б л и ц а 10.4. Состав растворов для химического обезжиривания

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л					
	1	2	3	4	5	6
Моющее средство Лабомид, Деталин или Импульс	20 — 30	—	—	—	—	—
NaOH	—	5 — 15	20 — 40	8 — 12	—	—
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	—	15 — 35	5 — 15	20 — 50	—	15 — 35
Na ₂ CO ₃	—	15 — 35	—	—	—	15 — 35
Ситанол ДС-10	—	3 — 5	—	—	—	3 — 5
Обезжириватель ДС-10	—	—	3 — 5	—	—	—
Na ₂ SiO ₃	—	—	10 — 30	—	—	—
Натриевое жидкое стекло	—	—	—	25 — 30	—	—
Средство моющее ОСА-1	—	—	—	—	10 — 50	—

Т а б л и ц а 10.5. Состав растворов для электрохимического обезжиривания

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л						
	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Сталь</i>					<i>Медь</i>	
NaOH	20 — 40	5 — 10	—	45 — 55	60 — 70	10 — 15	10 — 15
Na ₂ CO ₃	20 — 40	20 — 40	25 — 30	—	10 — 20	25 — 30	25 — 30
Na ₃ PO ₄	20 — 40	20 — 40	25 — 30	10 — 20	5 — 10	25 — 30	25 — 30
Na ₂ SiO ₃	—	3 — 5	—	15 — 25	—	—	—
NaCN	—	5 — 15	—	—	—	10 — 15	—
Na ₅ P ₃ O ₁₀ · 10H ₂ O	—	—	—	10 — 20	—	—	—
Синтанол ДС-10	—	—	1 — 2	—	—	—	—
Авируль	—	—	—	0,1 — 0,2	—	—	—
Элва	—	—	—	—	0,1—1 (мл/л)	—	—
Трилон Б	—	—	—	—	4 — 6	—	—

Режим работы при электрохимическом обезжиривании

Номер раствора	1	2	3	
Плотность тока, А/дм ² :				
i_k	2—10	2—10	10	
i_a	—	—	—	
Продолжительность травления, мин:				
τ_k	3—10	3—10	10	
τ_a	1 — 3	1 — 3	—	
Номер раствора	4	5	6	7
Плотность тока, А/дм ² :				
i_k	4 — 8	1—1,5	2 — 5	—
i_a	3 — 5	—	—	2 — 3
Продолжительность травления, мин:				
τ_k	4	3,5	4	—
τ_a	1 — 2	—	—	1 — 2

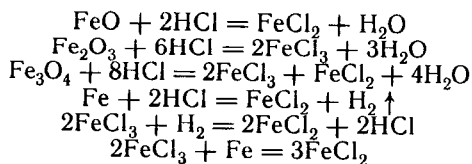
После обезжиривания деталь промывают в горячей, а затем в холодной воде. О хорошем качестве удаления жиров судят по сплошной, без разрывов, пленке воды на обезжиренной поверхности.

Химическая и электрохимическая обработка (травление) применяется для удаления с восстанавливаемых поверхностей деталей оксидных и других пленок, наличие которых препятствует осаждению гальванических покрытий или сильно ослабляет сцепление покрытий с основным металлом.

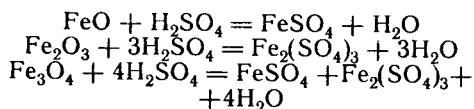
Черные металлы травят в водном растворе серной и соляной кислот или в их смесях. На поверхности детали, погруженной в кислоту, одновременно протекают два процесса: растворение оксидов с образованием солей железа и воды и частичное растворение самого железа с образованием его солей и водорода. Выделяющийся водород действует механически, разрыхляет пленку оксидов железа и отрывает ее от поверхности металла, что способствует ускорению процесса.

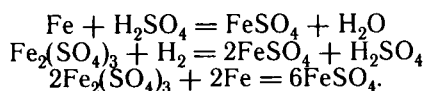
При взаимодействии окисленного железа с разбавленными кислотами могут протекать следующие химические реакции:

при взаимодействии с соляной кислотой и другими элементами раствора:



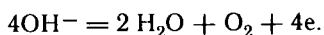
при взаимодействии с серной кислотой и другими элементами раствора:





Электрохимическая обработка — это травление деталей при помощи электрического тока. Осуществляется она как на аноде, так и на катоде. Использование электрического тока значительно ускоряет процесс травления, снижает расход химических препаратов.

При анодном травлении оксиды удаляются в результате электрохимического растворения и их механического отрыва пузырьками кислорода, выделяющегося в результате разряда ионов OH^- :



В процессе анодной обработки одновременно с растворением окислов и получаемых при механической обработке наклепанных поверхностных слоев металла происходит насыщение поверхности кислородом, т. е. образование мономолекулярной пассивной пленки, предохраняющей поверхность от более глубокого окисления, чем на толщину этой пленки, во

время промывки деталей и нахождения в электролите до включения электрического тока. К моменту начала наращивания покрытия пассивная пленка должна быть удалена. Это достигается тем, что в начальный период наращивания процесс ведется при условиях, обеспечивающих преимущественный разряд на катоде ионов водорода, которые и восстанавливают пассивную пленку.

Катоды при анодном травлении изготавливают из свинца.

При катодном травлении на деталях происходит разряд ионов водорода:



Атомы водорода реагируют с оксидами металла и частично их восстанавливают. Выделяющиеся пузырьки водорода разрыхляют оксидную пленку и удаляют ее. Аноды при катодном травлении изготавливают из свинца, сплава свинца с сурьмой (6 — 10 % сурьмы) или кремнистого чугуна (20 — 24 % кремния).

В табл. 10.6 приведены составы растворов для химического и электрохимического травления углеродистых и низколегированных сталей и

Т а б л и ц а 10.6. Состав растворов для химического и электрохимического травления сталей и чугуна

Компоненты раствора	Состав растворов, г/л											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кислота серная	150— 200	175— 200	—	—	—	100— 200	15— 20	—	—	100— 150	—	—
” соляная	—	80— 100	350— 400	—	200— 220	—	35— 40	—	—	—	—	200
Калий йодистый	—	—	—	—	—	0,8— 1,0	—	—	—	—	—	—
Кислота ортофосфорная	—	—	—	50— 60	—	—	—	—	120— 160	—	—	—
Ангидрид хромовый	—	—	—	180— 206	—	—	—	—	—	—	—	—
Натрид едкий	—	—	—	—	—	—	—	93 %	—	—	—	—
Натрий хлористый	—	—	—	—	—	—	—	7 %	—	—	—	—
Синтанол ДС-10 сульфонол НП-3	или 3—5	3—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Катапин	3—5	—	—	—	5—7	8—10	—	—	—	—	—	—
Уротропин	—	40— 50	40— 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Натрия нитрит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—

чугунов. Раствор 1 и 2 применяют для травления чугунов и сталей; вместо ингибитора катапин может быть использован другой, например, ЧМ. Для одновременного обезжиривания и травления вводят синтанол ДС-10 или сульфенол НП-3 в количестве 3—5 г/л.

Раствор 3 применяют для бесшламового травления сталей и ковара, растворы 4 и 5 — для стальных деталей 1-го и 2-го класса точности, раствор 6 — для стальных деталей 1-го и 2-го класса точности, отдельные участки поверхности которых покрыты окалиной. Раствор 7 применяют для углеродистых термообработанных сталей.

Травление деталей осуществляют на аноде. Раствор 8 применяют для чугунного литья; обработку проводят при использовании реверсированного тока (T_x — 5 мин, T_a — 5 мин), начиная с обработки на катоде.

Раствор 9 применяют для обработки чугунного литья, раствор 10 — для катодного травления стальных деталей высокого класса точности, растворы 11 и 12 — для снятия шлама. Погружение осуществляют последовательно сначала в раствор 11 и затем без промывки в раствор 12.

Медь и ее сплавы травят в 10 — 15 %-ном растворе серной кислоты при температуре 50 — 60°С для удаления окислы и после длительного хранения.

Алюминий и его сплавы обрабатывают в кислотах и их смесях или в щелочных растворах (например, травят в растворе едкого натра 50 — 150 г/л при температуре 45 — 80°С в течение 0,5 — 1,5 мин. Часто добавляют в него 0,5 г/л сульфенола).

Режим работы для химического и электролитического травления сталей и чугунов приведен ниже:

Номер раствора.	1	2	3
Температура раствора, °С.	40—80	40—50	15—40
Продолжительность травления, мин.	10—30	10—15	10—15
Номер раствора.	7	8	9
Температура раствора, °С.	60—70	40—48	60—70

Плотность тока, А/дм²:

i_k	—	5—8	—
i_a	7—10	5—8	—
Продолжительность травления, мин*	10—25	10—25	20—60
Номер раствора.	4	5	6
Температура раствора, °С.	80—90	15—30	60—80
Продолжительность травления, мин*	10—60	10—60	5—30
Номер раствора.	10	11	12
Температура раствора, °С.	40—50	15—30	15—30
Плотность тока, А/дм ² :			
i_k	5—10	—	—
i_a	—	—	—
Продолжительность травления, мин*	5—20	1—2	0,2—0,3

* Продолжительность травления дана ориентировочно; ее устанавливают в зависимости от характера и толщины слоя окислов.

10.3. ХРОМИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Важным направлением использования гальванических покрытий при упрочнении и восстановлении деталей автомобилей и другой техники является электролитическое хромирование.

Упрочнению хромированием в процессе изготовления подвергаются 40 — 50 наименований деталей грузовых автомобилей с общей площадью покрытия 0,4 — 0,6 м² и 200 — 300 наименований деталей легковых автомобилей с общей площадью покрытий хрома 1,8 — 2,2 м². Еще большее число деталей может быть восстановлено хромированием. По грузовым автомобилям число деталей составляет 60 — 80 шт., площадь покрытия — 0,8—1,5 м²; по легковым соответственно 300—350 шт. и 2,3—2,6 м².

В результате хромирования наблюдается значительное повышение (в несколько раз) износостойкости следующих деталей:

Цилиндры двигателей	2—14
Поршневые кольца	2—4
Толкатели	1,5—3
Стержни клапанов	3—4
Кулачки и шейки распределительно-го вала	3—4

Поршневые пальцы	1,1 — 2,7
Шейки коленчатого вала	3 — 6
Посадочные места под шариковые и роликовые подшипники	15 — 20
Шипы крестовин карданных валов	2 — 4
Пальцы гидроамортизаторов автомо- билей и гусеничных машин	7 — 10

Электролитический хром — твердый, хрупкий металл, серебристо-стального цвета с синеватым оттенком, обладающим высокой износостойкостью и жаростойкостью. Гладкий хром имеет плохую смачиваемость. Электролитические осадки хрома характеризуются высокими внутренними напряжениями и значительной пористостью.

Существует износостойкое и защитно-декоративное хромирование. Износостойкое хромирование применяют для восстановления изношенной поверхности деталей и покрытия инструмента для повышения их сопротивления износу. Защитно-декоративное хромирование применяют для защиты изделий от коррозии и придания им красивого внешнего вида. Как антикоррозионное и декоративное покрытие хром используется обычно с подслоем меди и никеля.

Внешний вид, структура и механические свойства электролитического хрома изменяются в очень широких пределах в зависимости от условий электролиза, состава и температуры электролита, плотности тока. При неизменном составе электролита можно, изменяя плотность тока и температуру, получить три различных вида осадков: блестящий, молочный и матовый (серый) (рис. 10.6).

Блестящие осадки получают при температуре 329 — 331 К и средних плотностях тока — 35 — 70 А/дм². Они обладают твердостью порядка 7500 — 9000 МПа, широко разветвленной сеткой трещин и большой хрупкостью; рекомендуются для наращивания изношенных поверхностей деталей при удельных нагрузках, не превышающих при сухом трении 2,5 МПа и смазке 40 — 55 МПа.

Из блестящего осадка износостойкого хрома анодным травлением

можно получить пористый хром, который используется для деталей, работающих в условиях недостатка смазки. Анодное травление осуществляется в хромовом электролите при плотности тока 30 — 40 А/дм².

Молочные осадки получают при температуре 333 К и выше и сравнительно невысоких плотностях тока — 25 — 35 А/дм². Они характеризуются твердостью 2500 — 7500 МПа, хорошей смачиваемостью и значительной вязкостью по сравнению с блестящими осадками, отсутствием сетки в тонких слоях, рекомендуются для наращивания деталей, работающих при средних удельных давлениях порядка 8 — 10 МПа, и как антикоррозионное покрытие.

Матовые (серые) осадки хрома получают при высокой плотности тока 70 — 100 А/дм² и сравнительно невысокой температуры 308 — 323 К. Эти осадки характеризуются большой твердостью 12 000 МПа, хрупкостью, наличием густой сетки трещин и низкой износостойкостью (рис. 10.7).

Все виды износостойкого хрома можно получить в одном универсальном электролите состава: хромовый ангидрид CrO_3 250 кг/м³; серная

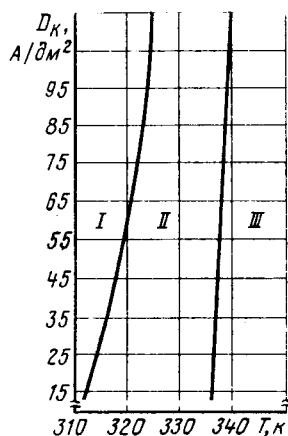


Рис. 10.6. Распределение зон осадков электролитического хрома в зависимости от плотности тока D_k и температуры электролита T :
I — зона серых осадков; II — зона блестящих осадков;
III — зона молочных осадков

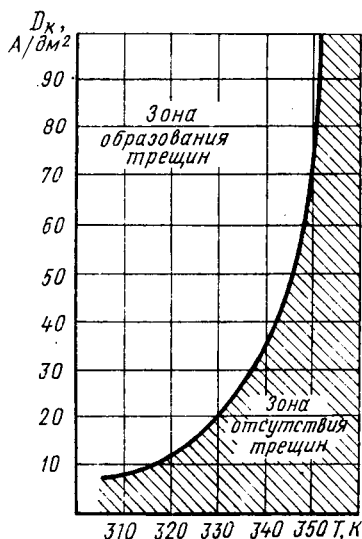


Рис. 10.7. Зона образования трещин в зависимости от плотности D_k тока и температуры электролита T

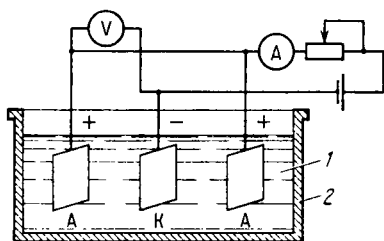


Рис. 10.8. Схема установки для нанесения гальванических покрытий:
1 — электролит; 2 — ванна; А — анод; К — катод

Т а б л и ц а 10.7. Состав электролитов черного хромирования и режим работы

Компоненты электролита	Состав электролита, г/л	
	1	2
Хромовый ангидрид CrO_3	50 — 400	300 — 350
Азотнокислый хром $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	3 — 7	—
Азотнокислый натрий NaNO_3	—	7 — 10
Фтористый алюминий AlF_3	2 — 5	—
Уксуснокислый барий $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	—	5 — 7
Борная кислота H_3BO_3	8 — 20	12 — 15

кислота H_2SO_4 2,5 кг/м³, но режимы не одинаковы.

Для защитно-декоративных осадков хрома режим получения покрытия следующий: плотность тока — 7 — 30 А/дм²; температура электролита — 303 — 318 К. Декоративный хром наносят на подслои меди, никеля.

Схема установки для хромирования деталей показана на рис. 10.8. В отличие от меднения, никелирования, железнения, цинкования, применяемых при ремонте, при хромировании аноды изготовляют из свинца, т. е. труднорастворимого металла. Электролит представляет собой раствор двух сильных кислот — хромовой и серной, которые растворили бы аноды, если бы они были изготовлены из металлического хрома.

Процесс электролитического хромирования характеризуется очень малым выходом по току в стационарных ваннах — 13 — 15 %. Причиной является состав электролита (хромовая кислота и серная), при котором электрический ток расходуется в основном на разрядку на катоде-детали ионов водорода, а сам процесс хромирования является побочным процессом.

Кроме универсального электролита, существует целый ряд других составов электролитов — саморегулирующийся, тетрахроматный и др.

Саморегулирующийся электролит обладает свойством автоматического поддержания постоянства отношения количества хромового ангидрида к аниону SO_4^{2-} , в результате чего отпадает необходимость в его частых корректировках. Применяется следующий состав электролита, кг/м³: хромовый ангидрид CrO_3 — 200 — 300; сульфат стронция SrSO_4 — 6,5 — 8,5; кремнефторид калия K_2SiF_6 — 18 — 20.

Режим хромирования: плотность тока — 50 — 100 А/дм², температура — 323 — 343 К. Наряду с автоматическим корректированием состава, использование саморегулирующегося электролита позволяет повысить

износостойкость покрытия и производительность процесса в результате более высокого выхода хрома по току (18 — 20 %), расширить зону получения блестящих осадков, повысить рассеивающую способность электролита.

Тетрахроматный электролит позволяет вести процесс при комнатной температуре. Состав электролита (кг/м³): хромовый ангидрид CrO₃ — 350 — 400; серная кислота H₂SO₄ — 2,0 — 2,5; едкий натр NaOH — 40 — 60; сахар или глюкоза — 1 — 3. Режим хромирования: плотность тока — 60 — 80 А/дм²; температура — 291 — 295 К; выход хрома по току — 28 — 30 %.

Хром, полученный из тетрахроматного электролита, не имеет пор, обладает низкой твердостью и хорошо прирабатывается.

Для деталей, поверхность которых должна обладать низким коэффициентом отражения света, применяется черное хромирование. В связи с низкой коррозионной стойкостью черного хрома на детали предварительно наносят слой никеля или хрома требуемой толщины, после чего помещают их в электролит для черного хромирования. Используемые для этой цели электролиты не должны содержать серной кислоты. Рекомендованный состав электролита приведен в табл. 10.7.

Режим работы черного хромирования

Номер раствора	1	2
Плотность тока i_k , А/дм ² ..	15 — 30	20 — 75

Черное хромирование в отличие от оксидных покрытий и черного никеля термостойко до температуры 500 °С, устойчиво в вакууме, имеет относительно высокую твердость и высокую износостойкость. Однако для работы на трение покрытие черным хромом мало пригодно. В отечественной практике наибольшее распространение получил электролит 2.

10.4. ЖЕЛЕЗНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Впервые электролитическое покрытие железом было осуществлено в 1869 г. русскими учеными Б. С. Якоби и Е. И. Клейном.

Практическое применение твердых железных покрытий для восстановления автомобильных деталей было осуществлено также впервые в России проф. М. П. Мелковым в 1955 — 1956 гг., который предложил способ получения покрытия в горячих растворах хлористого железа с применением растворимых стальных анодов при высокой плотности тока.

К настоящему времени для восстановления деталей разработано и исследовано большое число горячих электролитов различного состава. Среди них выделяют три основные группы: хлористые, сернокислые и смешанные, каждая из которых определяется видом аниона соли железа. Проведенные рядом авторов исследования показали, что сернокислые и смешанные электролиты значительно уступают хлористым по ряду показателей. Поэтому в практике ремонтного производства наиболее широко используют хлористые электролиты, в состав которых входят хлористое (двухвалентное) железо FeCl₂ · 4H₂O и соляная кислота HCl. Применение их обеспечивает получение плотных мелкозернистых осадков толщиной до 1,0 — 1,5 мм с высокими механическими свойствами и износостойкостью, близкой к износостойкости закаленной стали. Электролиты допускают применение высоких плотностей тока (20 — 100 А/дм²), причем изменение плотности тока в значительных пределах сопровождается незначительными (1,5 — 2,0 %) колебаниями выхода по току, что позволяет точно определять длительность процесса электролиза и расширяет возможность его автоматизации.

Свойства покрытий зависят от условий протекания процесса, определяемых концентрацией соли железа C_{Me} , плотностью тока D_k , температурой электролита T и его кислотной

Т а б л и ц а 10.8. Составы электролитов для железнения

Компоненты электролита	Состав электролита, кг/м ³		
	1	2	3
Хлористое железо	200—250	600—650	400—450
Соляная кислота	2—3	2,0—2,5	0,6—0,8

стью pH , а также наличием в нем добавок. Увеличение содержания солей кислоты в электролите сопровождается относительно небольшим снижением микротвердости покрытий, однако оказывает существенное влияние на структуру осадков и выход по току, что необходимо учитывать в практике восстановления деталей электролитическим железнением в горячих электролитах.

Составы электролитов для железнения на постоянном токе приведены в табл. 10.8.

Режим работы при железнении на постоянном токе

Номер электролита	1	2	3
Температура, К	333—343	253—263	223—253
Кислотность, pH	1	11,5	1
Плотность тока, А/дм ²	до 40	20—80	10—80
Скорость осаждения, мкм/мин	6,5	3—5	2,2—10

Весьма эффективным и перспективным в ремонтном производстве является использование гальванического холодного железнения с применением нестационарных электрических режимов, обладающего рядом преимуществ по сравнению с железнением в горячих электролитах на постоянном токе, а именно: высокой универсальностью, т. е. возможностью получения осадков железа различной твердости без изменения температуры электролита и его состава; упрощения конструкции ванн из-за отсутствия необходимости подогрева электролита; улучшением условий труда из-за снижения количества ис-

парений с поверхности электролита; низкой стоимостью. При этом в электрических схемах установок применяются переменный ток (рис. 10.9).

При железнении с применением нестационарных электрических режимов импульс анодного тока разрушает прикатодную пленку, богатую вредными включениями (например, гидроокисью железа) и имеющую пониженную концентрацию ионов двухвалентного железа. В связи с этим снижается поляризация электродов и уменьшается количество инородных включений в покрытия, т. е. улучшается его качество. Снижение поляризации электродов позволяет увеличить применяемую плотность тока и таким образом повысить производительность процесса. Применение нестационарных электрических режимов при железнении повышает также равномерность толщины покрытия, так как анодная составляющая тока при растворении металла покрытия снимает его прежде всего с выступающих частей.

Основными факторами, влияющими на свойства осадков железа из холодных хлористых электролитов при использовании асимметричного переменного тока, являются катодная плотность тока и коэффициент асимметрии β .

Асимметричный переменный ток улучшает сцепляемость покрытия с основным металлом, благодаря возможности постепенного повышения твердости осадка железа. Вначале в течение 2—3 мин осаждают слой с невысокой твердостью (1960—2450 МПа), с ненапряженной решеткой, который сцепляется значительно прочнее с основным металлом, чем твердый слой с большими внутренними напряжениями растягивающего типа. Затем твердость постепенно увеличивают, повышая катодно-анодное отношение — коэффициент. Таким образом, изменением катодно-анодного отношения (уменьшением анодной составляющей) можно в одной ванне получить осадки различной твердости.

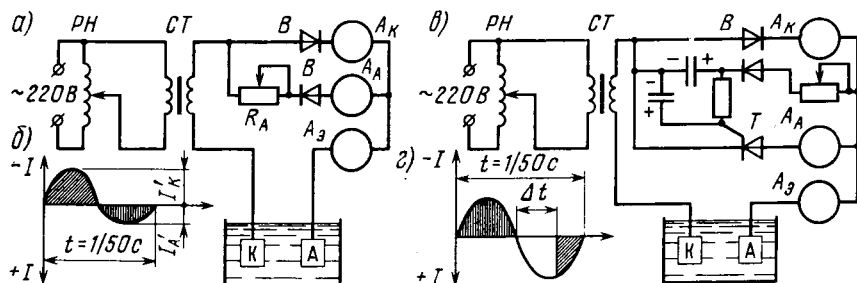


Рис. 10.9. Электрические схемы питания установок для железнения с применением нестационарных электрических режимов и графики изменения катодного и анодного импульсов тока (б и г): а — на асимметричном токе; б — на пульсирующем токе; РН — регулятор напряжения; СТ — сетевой трансформатор; В — вентиль; A_K, A_A, A_3 — амперметры; R_A — реостат анодной составляющей тока; К — катод (деталь); А — анод; Т — тиристор

Коэффициент асимметрии β влияет также на структуру покрытия. Микроструктура железа, осажденного при $\beta = 2$, представляет собой мелкие зерна, микротрещины в осадке отсутствуют. При $\beta = 4$ структура слоя железа мелкозернистая с наличием небольшого количества микротрещин. Появление микротрещин свидетельствует о напряженном состоянии кристаллической решетки электролитического железа, испытывающей напряжение растягивающего типа. В результате этого происходит повышение твердости. При $\beta = 6$ микроструктура аналогична предыдущей, однако количество трещин заметно увеличивается, а твердость повышается. При $\beta = 8$ — 12 структура приобретает очень мелкозернистый характер с большим числом микротрещин. Твердость при этом достигает 5880 — 6000 МПа. За-

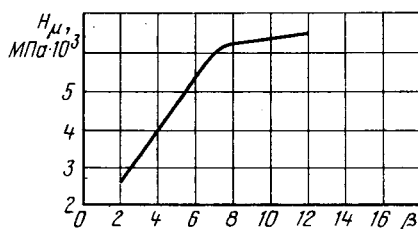


Рис. 10.10. Изменение твердости осадка H_μ железа в зависимости от коэффициента асимметрии β при плотности тока $i_K = 20 \text{ А/дм}^2$

висимость твердости электролитического железа от коэффициента асимметрии β показана на рис. 10.10.

Вторым фактором, влияющим на твердость и износостойкость электролитического железа, является катодная плотность тока, с повышением которой при неизменном коэффициенте асимметрии β твердость осадка возрастает.

Т а б л и ц а 10.9. Различие в свойствах чистых металлов и металлов с гальваническим покрытием

Характеристика образцов	Пределы				Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Сопротивление срез, МПа	Ударная вязкость, КДж/м ²
	пропорциональности, МПа	текущей, МПа	прочности, МПа	выносливости, МПа				
Сталь 45 нормализованная	392,0	409,8	682,0	290,0	22,0	47,5	576,6	917
Сталь 45 нормализованная + твердое электролитическое железо (толщина слоя 0,1 мм)	401,0	415,0	656,0	240,0	18,0	29,0	499,0	903

Состав электролита и режимы электролитического железнения на асимметричном переменном токе приведены ниже:

Состав электролита в килограммах на метр кубический (кг/м³)

Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. . .	400
Соляная кислота HCl	1,5 — 20

Режим работы при железнении на асимметричном переменном токе

Плотность тока i , А/дм ²	20
Выход по току, %	80 — 90
Температура электролита, К	293

Детали, восстановленные электролитическим железнением, представляют собой биметаллы, свойства которых существенно отличаются от свойств металлов (табл. 10.9). Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе номенклатуры деталей, подлежащих восстановлению нанесением гальванических покрытий.

10.5. ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Назначение покрытия. Защитно-декоративные покрытия применяют в ремонтном производстве для защиты деталей от коррозии и придания им эстетического внешнего вида.

Наибольшей стойкостью обладают четырехслойные покрытия, которые получают последовательным нанесением слоев никеля, меди, никеля и хрома. Первый слой никеля толщиной не более 5 мкм обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с деталью. Слой меди толщиной до 30 мкм имеет небольшую пористость и обеспечивает хорошую защиту от проникновения коррозионной среды. Второй слой никеля (20 мкм) придает покрытию красивый внешний вид, а очень тонкий (1 — 2 мкм) полупрозрачный слой хрома защищает его от механических повреждений.

Электролитическое меднение. Медь — мягкий, пластичный, легко полирующийся металл. Плотность

ее — 8,9 г/см³, температура плавления — 1356 К. В химических соединениях медь может быть одно- и двухвалентной. Активно реагирует с азотной, серной и хромовой кислотами. Соляная кислота слабо действует на медь, особенно при нагревании. Щелочи, за исключением аммиака, почти не действуют. Нормальный потенциал меди + 0,34 В. Разность потенциалов меди и железа значительная, поэтому сталь с медным покрытием при его повреждении корродирует быстрее, чем сталь без покрытия. Как самостоятельное покрытие меднение применяется редко.

Электролитическое меднение в ремонтном производстве имеет следующие области применения: восстановление натяга в сопряженных деталях (меднение наружной поверхности вкладышей подшипников коленчатого вала); восстановление размеров деталей (меднение втулок по наружной поверхности с последующим их обжатием); улучшение плавности зацепления и облегчение приработки (меднение червяков, зубьев шестерен); защита поверхностей деталей и инструмента, не подлежащих цементации; получение промежуточного слоя при защитно-декоративных покрытиях стальных и цинковых деталей.

На ремонтных предприятиях широко применяют сернокислые холодные электролиты, состоящие из водного раствора медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (200 — 250 кг/м³) и серной кислоты H_2SO_4 (50 — 75 кг/м³). Покрытие наносят при помощи растворимых медных анодов при режиме: плотность тока — 2 — 4 А/дм², температура электролита — 291 — 293 К, выход по току равен 98 — 100 %.

Недостаток этих электролитов — невозможность непосредственно покрывать медью железо, цинк и их сплавы. При погружении последних в кислый электролит на их поверхности контактно выделяется медь, которая плохо сцеплена с основой и обладает большой пористостью. Поэтому при меднении стальных деталей предва-

рительно наносят на них тонкий под-
слой никеля или меди в пирофосфор-
ном или цианистом электролитах.

Толщина медных покрытий зави-
сит от их назначения. Так, толщина
для придания притирочных свойств
поверхностям деталей, а также для
шестерней и других зубчатых соеди-
нений равна 18 — 24 мкм (до 30 мкм),
для защиты деталей от науглерожива-
ния при цементации — 48—60 мкм,
в качестве подслоя при никелирова-
нии и хромировании — 6 — 20 мкм.

**Электролитическое никелирова-
ние.** По физическим и химическим
свойствам никель близок к железу.
Никель химически стоек против ат-
мосферного воздуха, щелочей и орга-
нических кислот. В серной и соляной
кислотах он растворяется медленно,
а в азотной — быстро. Никелевые по-
крытия хорошо полируются до зер-
кального блеска и приобретают кра-
сивый декоративный вид. При введе-
нии в электролит блескообразовате-
лей удастся получить блестящие по-
крытия без полировки. Тонкие (до 25
мкм) никелевые покрытия обладают
пористостью, которая уменьшается с
увеличением толщины слоя.

По отношению к железу никель
имеет менее электроотрицательный
потенциал, т. е. является катодным
покрытием. Поэтому стальные изде-
лия защищают никелем от коррозии
только тогда, когда в покрытии нет
пористости и не покрытых никелем
мест на поверхности детали. Толщи-
на слоя никеля, при которой покры-
тие становится практически беспори-
стым, — 25 — 30 мкм. Процесс нике-
лирования осуществляется при ком-
натной температуре электролита,
плотности тока — 1 А/дм² и выходе
по току — 90 — 95 %.

Состав электролита: серноокислый
никель NiSO₄ — 140 кг/м³; серноокис-
лый натрий Na₂SO₄ — 50 кг/м³; бор-
ная кислота H₃BO₃ — 25 кг/м³; хло-
ристый натрий NaCl — 5 кг/м³; сер-
ноокислый магний MgSO₄ — 10 кг/м³.

Никелирование алюминия и его
сплавов требует предварительной
подготовки поверхности, включаю-

щей в себя травление и осветление в
15 — 20 %-ном растворе азотной кис-
лоты для удаления примесей и леги-
рующих добавок железа, марганца,
меди и других металлов, не раствори-
мых в щелочи. Затем проводят хими-
ческую обработку в растворе соста-
ва:

Серноокислый цинк (в пересчете на металл), кг/м ³	25 — 30
Едкий натр (каустик), кг/м ³	120 — 140

Режим обработки:

Температура, °С	15 — 20
Время, с	30 — 40

Цинкатная обработка обеспечи-
вает высокую прочность сцепления
никеля с алюминием и его сплава-
ми.

Существует электролит для пря-
мого никелирования алюминия без
какой-либо специальной подготовки.
Травление выполняют в щелочи, а ос-
ветление — в азотной кислоте, затем
загружают с выдержкой 1 — 2 мин
без тока в электролит следующего со-
става, кг/м³:

Серноокислый никель	200
Борная кислота	25
Фтористый натрий	2
Пиросульфат калия	2

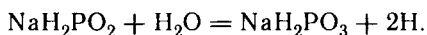
Режим прямого никелирования:

Температура, °С	50
Кислотность, pH	4,5 — 5,4
Катодная плотность тока, А/дм ² ..	1 — 1,5
Выход металла по току	90 %

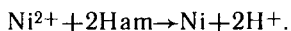
Никелевые покрытия можно полу-
чить также химическим путем. При
химическом никелировании можно
получить более равномерные осадки
на деталях сложной конфигурации.
Эти покрытия обладают повышенной
твердостью и износостойкостью, име-
ют небольшую пористость и достаточ-
но высокие декоративные свойства.
Однако химическое никелирование
дороже электролитического.

В основе процесса химического ни-
келирования лежит реакция взаимо-
действия гипофосфита натрия с иона-
ми никеля. В водном растворе гипо-
фосфит натрия подвергается гидро-

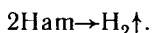
лизу с образованием фосфита натрия и атомарного водорода:



Атомарный водород, адсорбированный на поверхности покрываемого металла, восстанавливает ионы никеля:



Одновременно атомарный водород взаимодействует с атомами H_2PO_2^- и H_2PO_3^- , восстанавливая фосфор, который включается в образуемое никелевое покрытие. При химическом никелировании всегда выделяется водород:



Химическое никелирование проводят в растворе следующего состава, кг/м³: хлорид никеля — 45; хлорид аммония — 50; гипофосфит натрия — 20 %, цитрат натрия — 45. Кислотность раствора — 5,5; температура — 78 — 82 °С, производительность процесса — 15 — 20 мкм/ч.

После нанесения покрытия проводятся двукратная промывка деталей в проточной воде и их термическая обработка при температуре 400 °С с течением 1 ч. При этом образуется соединение Ni_3P , обладающее высокой твердостью; покрытие приобретает мелкозернистую структуру и повышенную сцепляемость с основным металлом.

Цинкование. Покрытие цинка применяют для защиты изделий из черных металлов (листов, труб, проволоки, деталей станков, автомобилей, тракторов, приборов, крепежных изделий) от коррозии. В ремонтном производстве их используют для защиты от коррозии крепежных деталей. Основные преимущества электролитического метода цинкования:

высокая степень чистоты цинка, зависящая главным образом от чистоты анодов и реактивов, применяемых для составления ванн;

высокая химическая стойкость

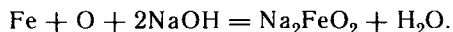
цинковых покрытий, полученных электролизом, обусловленная чистой осадкой;

малый расход цинка, обусловленный возможностью точного регулирования количества цинка и толщины покрытия;

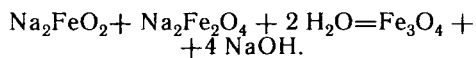
хорошие механические свойства покрытия (эластичность, сцепляемость с основой), достаточно высокая стойкость против коррозии в условиях тропического климата.

При цинковании наиболее распространены сернокислые электролиты следующего состава, кг/м³: сернокислый цинк — 200 — 250, сернокислый аммоний — 20 — 30, сернокислый натрий — 50 — 100 и декстрин — 8 — 12. Покрытие наносят в специальных вращающихся барабанах или колодках при комнатной температуре электролита и плотности тока 3 — 5 А/дм². Выход по току составляет 92 %, толщина слоя — 3 — 40 мкм.

Оксидирование. Оксидирование черных металлов применяют для защиты их от коррозии, а также для придания поверхности красивой окраски. Для получения оксидной пленки на поверхности стали применяют химическую обработку изделий в щелочных или кислых растворах: электрохимическую обработку изделий на аноде, проводимую в щелочи или хромовой кислоте, термическую обработку при относительно высокой температуре. Наиболее распространено химическое оксидирование в горячих растворах едкого натра с добавкой окислителей. В процессе оксидирования сталь растворяется с образованием соли Na_2FeO_2 :



При большом содержании окислителя Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} , и Na_2FeO_2 переходит в $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$. Эти две соли взаимодействуют между собой:



При этом на поверхности детали образуется оксидная пленка толщиной 0,6 — 1,5 мкм, которая имеет высокую прочность и надежно защищает металл от коррозии. Оксидированию подвергают нормали и некоторые детали арматуры кузова.

Оксидирование выполняют в растворе следующего состава, кг/м³: едкий натр — 700 — 800 с добавкой в качестве окислителей 200 — 250 азотнокислого натрия и 50 — 70 азотистокислого натрия при температуре раствора 140 — 145 °С с выдержкой 40 — 50 мин. После такой обработки детали промывают в воде и, для того чтобы закрыть поры в покрытии, пропитывают в машинном масле при температуре 110 — 115 °С.

Фосфатирование. Фосфатирование называется химический процесс создания на поверхности деталей защитных пленок толщиной от 8 до 40 мкм, состоящих из нерастворимых солей фосфора, марганца и железа. Защитная способность фосфатных пленок выше, чем оксидных, получаемых при щелочном оксидировании стали. Фосфатные покрытия применяют для защиты от коррозии, в качестве грунта при окраске деталей кузова, для уменьшения трения и улучшения прирабатываемости деталей.

Для получения фосфатных покрытий используют препарат Мажеф, который представляет собой смесь однозамещенных солей ортофосфорной кислоты, железа и марганца: $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Mn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MnHPO_4 и имеет следующий химический состав, %: 2,4 — 2,5 Fe; 14 Mn; 46 — 52 фосфатов (в пересчете на P_2O_5), 1,0 SO_4^{2-} , следы CaO , Cl^- и 1 — 2 воды.

Наиболее эффективно процесс фосфатирования протекает в растворе с концентрацией препарата Мажеф 30 — 33 кг/м³ при температуре 96 — 98 °С. Продолжительность — 30 — 50 мин.

Для повышения производительности и уменьшения температуры работан процесс ускоренного фосфатирования с использованием ванны следующего химического состава,

кг/м³: препарат Мажеф — 30 — 40; $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 50 — 65; NaF 2 — 5. Температура — 45 — 65 °С, продолжительность процесса — 8 — 15 мин.

10.6. ВНЕВАННЫЕ И БЕЗВАННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Научно-технический прогресс, успехи науки и практики в области гальванотехники нашли отражение в ремонтном производстве. В частности, стали более широко использоваться гальванические процессы восстановления деталей вневанными методами.

Струйные и проточные способы хромирования деталей характеризуются принудительной циркуляцией электролита, что обеспечивает повышение производительности процесса в 3,5 — 4 раза по сравнению с обычным хромированием, высокую равномерность покрытия по всей поверхности и толщину его до 1 мм на сторону, позволяя наращивать детали "в размер" без последующей механической обработки, снижать насыщенность осадка и основного металла водородом, существенно улучшить качество электролитических слоев. Помимо перечисленных достоинств, проточное и струйное железнение, проточные и струйные методы нанесения хрома, благодаря интенсивному обновлению электролита, удалению газообразных продуктов электролиза из анодно-катодного пространства, а также равномерному распределению тока повышенной плотности, способствуют получению мелкодисперсной структуры, осадков с повышенной твердостью, снижению в них остаточных напряжений. В связи с этим усталостная прочность деталей, восстановленных струйным и проточным хромированием по сравнению с деталями без покрытий, снижается только на 4 — 5 %.

При восстановлении крупногабаритных деталей сложной конфигурации (блоки цилиндров, корпуса корабельных передач и задних мостов, колен-

чатые валы и др.) возникают трудности. Они связаны с изоляцией мест, не подлежащих покрытию (площадь их поверхности в десятки раз превышает покрываемую площадь), сложной конфигурацией подвесных устройств, необходимостью иметь ванны больших размеров, быстрым загрязнением электролитов и др.

Для восстановления таких дефектов деталей, как, например, восстановление размеров отверстий под подшипники в корпусах и корпусных деталях, применяют вневаннный способ. Сущность вневанного способа нанесения гальванических покрытий заключается в том, что при помощи специальных прижимных приспособлений из восстанавливаемых поверхностей детали образуется электролитическая ячейка, в которую заливают электролит. По центру образовавшейся вместимости помещается анод. Восстанавливаемая деталь и анод подключаются к соответствующим

клеммам источника тока. Данный способ является весьма эффективным при восстановлении отверстий в корпусных деталях или внутренних поверхностях других деталей.

Для восстановления гальваническим способом изношенных посадочных отверстий в гнездах под подшипники качения картер коробки передач устанавливают на стол (рис. 10.11) и создают ячейки на том отверстии, которое подлежит восстановлению. Для этого текстолитовый диск с резиновой прокладкой прижимаем к внутренним поверхностям коробки передач и устанавливаем планку с эбонитовой втулкой под анод, которая крепится к картеру двумя винтами, входящими в резьбовые отверстия крепления крышки подшипника. Анод устанавливают по центру восстанавливаемого отверстия, в которое заливают электролит. После окончания процесса железнения электролит резиновой грушей отсасывают из ячейки, извлекают анод и снимают планку. Картер переустанавливают для восстановления противоположного отверстия.

К безваннным способам гальванического осаждения металлов относятся: струйный, в проточном электролите и электропитанием. Все они позволяют местно наносить покрытия на деталь без погружения их в ванну и особенно эффективны для крупногабаритных деталей.

При струйном способе нанесения гальванических покрытий восстанавливаемая деталь присоединяется к отрицательному полюсу источника тока. На нее через специальную насадку, присоединенную к положительному полюсу — аноду, непрерывно подается струя электролита, который в течение всего процесса заполняет сохраняемый постоянным промежуток между деталью и анодом. Постоянный ток, пропускаемый от генератора через анод и деталь, замыкается в единую цепь электролитом (рис. 10.12). Для равномерного покрытия всей восстанавливаемой поверхности деталь или насадку не-

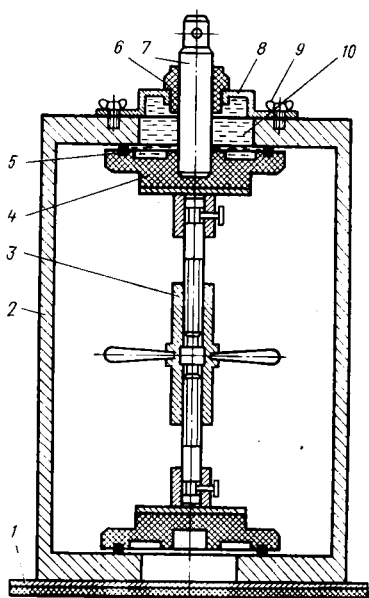


Рис. 10.11. Приспособление для вневанного железнения отверстия под подшипник в картере коробки передач:

1 — стол; 2 — картер; 3 — прижим; 4 — текстолитовый диск; 5 — резиновая прокладка; 6 — эбонитовая втулка; 7 — анод; 8 — планка; 9 — винт; 10 — электролит

обходимо в период нанесения покрытия вращать с частотой вращения 2—6 мин⁻¹.

Преимуществами струйного способа являются:

возможность восстанавливать крупногабаритные детали с использованием постоянного тока малой мощности;

малые габариты установки и возможность ее изготовления в переносном исполнении, что особенно ценно при восстановлении крупных деталей;

эффективная возможность контролировать процесс осаждения во время работы;

относительная легкость нанесения покрытия;

увеличение выхода по току и расширение диапазона получения блестящих осадков;

отсутствие надобности в большом количестве электролита.

Метод струйного нанесения покрытий по своей технологичности дает возможность ввести операцию нанесения покрытия в единую линию технологического процесса с использованием электролитов, применяемых в гальванике.

Проточный способ нанесения гальванических покрытий заключается в том, что в зоне восстанавливаемой поверхности создается местная ванна, через которую насосом прокачивают электролит. Аноды располагают внутри ванны (рис. 10.13).

Наибольшая производительность при проточном осаждении металлов достигается тогда, когда создается турбулентный режим течения электролита, который достигается при скорости протекания электролита более 1 м/с. В этом случае при определенных условиях плотность тока может быть увеличена в 10 раз и более (при железнении до 300—500 А/дм²). Однако при турбулентном режиме возникают серьезные трудности (необходимы тщательная герметизация ячейки, специальный насос и т. д.). Поэтому при железнении внутренних поверхностей деталей в ваннах (на-

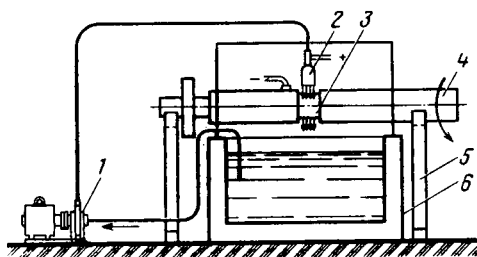


Рис. 10.12. Схема установки для струйного хромирования:

1 — насос; 2 — свинцовый наконечник; 3 — хромлируемая шейка детали; 4 — деталь; 5 — подставка для установки детали; 6 — ванна

пример, отверстий шатунов) для создания турбулентного режима вместо протекания электролита его интенсивно перемешивают перфорированной пластмассовой втулкой. Она расположена между анодом и деталью и вращается с окружной скоростью 1,2—1,5 м/с. Катодная плотность тока достигает 200 А/дм², а скорость осаждения покрытий — 2 мм/ч.

Сущность электролитического натирования заключается в электроосаж-

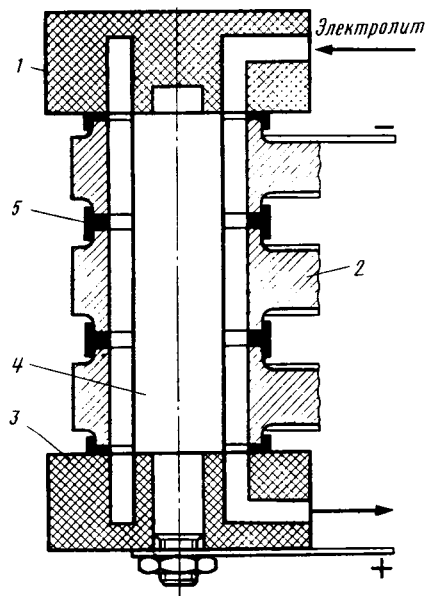


Рис. 10.13. Восстановление нижних головок шатунов железнением в проточном электролите:

1 — верхняя плита; 2 — шатуны; 3 — нижняя плита; 4 — анод; 5 — уплотнительные прокладки

дении металла из микрованны, образующейся в зоне контакта покрываемой детали с анодом, обернутым адсорбирующим материалом, пропитанным электролитом. В качестве материала используются войлок, фетр, сукно и др. Конструктивное исполнение анодных головок представлено на рис. 10.14.

Наиболее удачными являются конструкции анодных головок, приведенные на рис. 10.14, *в* и *г*, поскольку электролиз с анодными головками, показанными на позициях рис. 10.14, *а* и *б*, протекает нестабильно, адсорбирующая ткань заполняется шламом, который проникает в покрытие. Ткань изнашивается быстрее, что часто приводит к замыканию электрической цепи и нарушению процесса.

Процесс с анодными головками, показанный на рис. 10.14, *в*, протекает при скорости потока электролита $0,5 - 1,5$ м/с с одновременным вращением анодной головки с частотой $60 - 100$ мин⁻¹ в зависимости от ее диаметра и межэлектродного зазора $1,1 - 3$ мм. Зазор уменьшается по мере увеличения толщины покрытия.

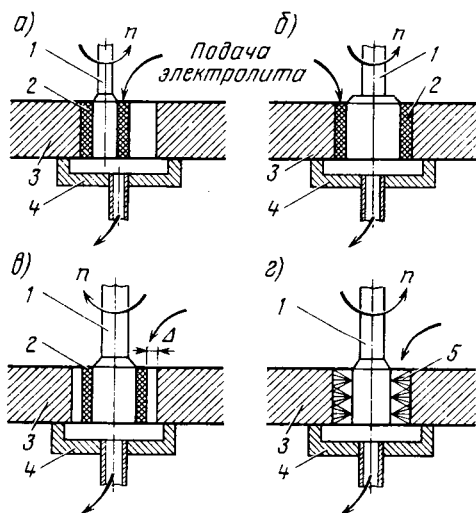


Рис. 10.14. Схема осаждения металла контактным способом:
1 — анодная головка; 2 — тампон; 3 — деталь; 4 — сборник электролита; 5 — щетка; n — частота вращения; Δ — зазор между тампоном и деталью

Минимальное его значение ограничивается толщиной натирающего тампона.

Электролиз с анодными головками, показанный на рис. 10.14, *г*, при восстановлении опор коренных подшипников блока цилиндров ЗИЛ-130 протекает при частоте вращения анода $0,7$ с⁻¹, скорости потока электролита — $1,2 - 2$ мм/с и его расходе — $8,4 - 13,4$ м³/с. Тампон при этом выполнен в виде круглой щетки из капроновых нитей, что обеспечивает механическую активацию поверхности, способствует уменьшению дендритообразования и уплотнению структуры осаждаемого металла.

10.7. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Нанесение гальванических покрытий осуществляется в ваннах, которые делятся на стационарные, колокольные и барабанные.

Стационарные ванны представляют собой прямоугольные или круглые резервуары, сваренные из листовой стали толщиной $4 - 5$ мм. Для защиты стенок ванн от действия электролита и предотвращения загрязнения электролита продуктами растворения стенок внутренние поверхности ванн футеруют. Выбор материала футеровки зависит от состава и температуры рабочего раствора. Используемый в качестве футеровочного материала свинец стоек к концентрированной серной, сернистой, фосфорной, хромовой и холодной плавиковой кислотам, к концентрированной уксусной, шавелевой и винной кислотам (к двум последним — только при отсутствии кислорода), а также к водопроводной не слишком мягкой воде; не стоек к соляной, разбавленной азотной (менее 70 %), уксусной (в присутствии кислорода) кислотам; мало стоек к едким щелочам и сильно растворяется в известковой воде при доступе кислорода. Заметно растворяется в дистиллированной воде в присутствии кислорода.

Из пластических масс для футе-

ровки применяют листовой винипласт. Температурный интервал его применения — 0 — 60 ° С; при температурах ниже нуля его хрупкость возрастает. Листовой винипласт нестойк к действию ароматических и хлорированных углеводородов, кетонов, сложных эфиров и концентрированной азотной кислоты. Менее распространен и на 10 ° С более термостоек полихлорвиниловый пластикат. Он устойчив во всех обычных гальванических электролитах, включая хромовый и травильный (серноокислый) при температурах до 70 ° С и выше, хотя при продолжительной работе и температуре выше 70 ° С заметно корродирует.

Ванны для хромирования футеруют армированным стеклом (рис. 10.15) толщиной 5,5 мм с запрессованной в него проволоочной стальной сеткой.

Стационарные ванны, применяемые для растворов, выделяющих вредные испарения, снабжены двусторонними секционными отсосами с дроссельными заслонками. Подобная конструкция бортовых отсосов обеспечивает достаточно хорошие санитарно-гигиенические условия труда. Количество вытяжных секций принимают из следующего расчета: одна секция на 0,7 — 0,8 м длины ванны. Иногда для улучшения эффективности отсоса воздуха применяют опрокинутые бортовые отсосы.

Ванны, потребляющие электрический ток, устанавливают на опорных изоляторах, а остальные — на подставках из железа. Ванны с паровым нагревом снабжают змеевиками или барботерами из труб. Последние располагают либо на дне ванны, либо у вертикальной стенки ее нерабочей стороны. Расположение змеевиков у стенки ванны предпочтительнее, так как оно упрощает очистку ванны. В кислых электролитах змеевик изготавливают из титана, свинца или оцинкованной стальной трубы. В качестве барботеров применяют также змеевики из пластмассы. Ванну для хромирования нагревают при помощи

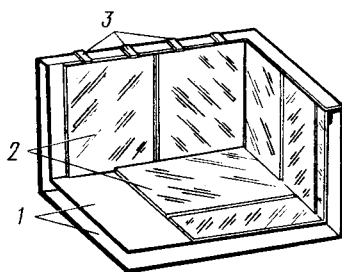


Рис. 10.15. Футеровка хромировочной ванны армированным стеклом:

1 — хромировочная ванна (с водяной рубашкой); 2 — листы армированного стекла; 3 — скобки, крепящие верхние края вертикально стоящих листов стекла

пароводяной рубашки, образуемой между двумя ваннами, вставленными одна в другую.

Основные размеры и параметры стационарных ванн указаны в табл. 10.10. Для заवेशивания деталей в ванне и подвода к ним электрического тока используют подвесочные приспособления (рис. 10.16).

Колокольные ванны применяют для нанесения покрытий на мелких деталях. Характеристики колокольных ванн приведены в табл. 10.11. Эти ванны изготавливают из изолирующих материалов: эбонита, винипласта

Т а б л и ц а 10.10. Основные параметры и размеры стационарных ванн (по нормам НИИхиммаша)

Но- мер ванны	Рабочий объем, л		Внутренние размеры ванн, м		
	для хромирования и других процессов с перемешиванием электролита	для всех остальных процессов	Длина	Ширина	Высота
1	60	80	500	400	500
2	120	150	600	500	600
3	280	330	800	600	800
4	360	420	1000	600	800
5	480	560	1000	800	800
6	580	670	1200	800	800
7	720	840	1500	800	800
8	1080	1200	1500	900	1000
9	1440	1640	2000	900	1000
10	1800	2000	2500	900	1000

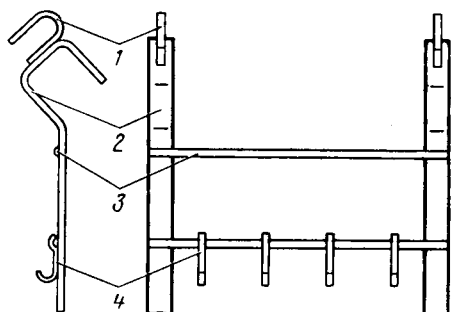


Рис. 10.16. Подвесочное приспособление:
1 — ручка-крючок, приваренная к подвесному крюку;
2 — подвесной крюк; 3 — ручка-перекладина, приваренная между подвесными крюками; 4 — крючки-контакты для подвески деталей

или гуммированной стали (в форме усеченного конуса) и устанавливают на двух чугунных стойках. К одной из них прикрепляют кронштейн, поддерживающий электродвигатель с червячным редуктором, который связан с колоколом посредством зубчатых колес. Ток подводят к деталям (катоде) металлическими щетками, трущимися о медное кольцо, укрепленное в дне колокола. Отсюда ток передается к покрываемым деталям через медные болты, проходящие через дно колокола и соединяющиеся с внутренними контактными пластинами. Часто практикуется также подача тока к деталям сверху при помощи гибкого провода с грузом, контактирующим с деталями. Анод представляет собой горизонтально или наклонно расположенную пластину, опускаемую в колокол на вертикальном стержне. Для придания колоколу необходимого наклона и для удобства разгрузки стационарных колокольных ванн имеется специальное приспособление из зубчатого сегмента с червячным зацеплением. Большие колокола при разгрузке наклоняют при помощи поворотного колеса или штурвала. При этом детали вместе с электролитом попадают на сетку; электролит стекает в специальную ванну, откуда снова поступает в колокол (рис. 10.17).

Ванны для никелирования и медне-

Т а б л и ц а 10.11. Техническая характеристика колокольных ванн

Показатели	Ванны	
	Переносная	Стационарная
Мощность электродвигателя, кВт	0,10	0,25
	0,15	0,35
	0,15	0,50
Диаметр колокола, мм:		
	нижний	
	190	450
	250	500
	300	600
	верхний	
	160	300
	175	350
	200	400
Глубина колокола, мм	190	450
	260	500
	300	600
Объем, л:		
	колокола	
	5	50
	10	70
	15	120
электролита на одну загрузку	3	35—40
	5	35—40
	8	60—70
одной загрузки	0,75—1	10
	1—1,5	15
	1,5—2	15—18
Сила тока, необходимая на загрузку, А	3—10	20—30
	5—15	25—40
	10—20	50—75
Напряжение, В	6—8	10—12
	6—8	10—12
	6—8	10—12
Частота вращения ванны, об/мин	5—15	5—15
	5—15	5—10
	5—15	5—10

ния оборудуют змеевиками для нагрева электролита паром.

Основными достоинствами колокольных ванн являются возможность наблюдения за процессом нанесения покрытия, возможность обработки весьма мелких деталей, а также простота загрузки и выгрузки покрываемых деталей. К недостаткам колокольных ванн относятся: потери электролита, связанные с переливанием; значительная продолжитель-

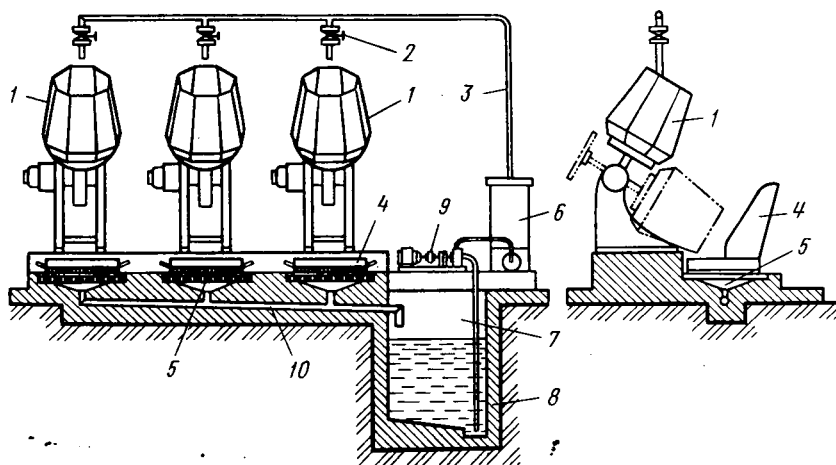


Рис. 10.17. Схема установки из трех колоколов с непрерывной фильтрацией электролита:
1 — корпус колокола; 2 — кран; 3 — распределительная труба; 4 — ящик для разгрузки деталей; 5 — люк для стока электролита; 6 — фильтр; 7 — колодец для сбора электролита; 8 — засасывающая трубка; 9 — насос; 10 — магистральная труба для стока электролита

ность процесса покрытия из-за сравнительно низкой силы тока (она лимитируется поверхностью анода); невозможность получения покрытий достаточной толщины.

Барабанные ванны изготавливают из винипласта, текстолита, органического стекла, целлулоида и других непроводящих материалов. Барабан погружают в ванну с электролитом и извлекают из нее специальным подъемником. Во время работы барабан вращается вокруг горизонтальной оси от электродвигателя через редуктор, установленный на кронштейне с наружной стороны ванны. Анодные пластины подвешивают на штанги, расположенные в ванне снаружи барабана.

Барабан можно разделить на две-три секции и одновременно осуществлять покрытие различных деталей. Барабаны больших размеров опускают и поднимают при помощи тельфера.

Применяют установки, в которых механизированы не только процесс покрытия изделий, но и последующая их промывка. В таких установках ванна с барабаном снабжена специальным перекидным устройством и рядом с ней установлена ванна для промывки. Из барабана детали вы-

гружают на сетку, установленную на ванне. Характеристика ванн с барабанами приведена в табл. 10.12.

Преимущества барабанных ванн по сравнению с колокольными: большая скорость нанесения покрытий, постоянство состава электролита и меньшие потери его, возможность одновременно обрабатывать различные изделия, не смешивая их. К недостаткам барабанов следует отнести их сравнительную недолговечность. Кроме того, барабанные ванны необходимо регулярно очищать от застрявших деталей.

Восстановление деталей проточным железнением осуществляется на передвижной установке 0113-009 "Ремдеталь", которая состоит из ванны для приготовления электролита, устройства для его фильтрации и перекачивания. Устройство для фильтрации представляет собой центрифугу.

Техническая характеристика установки 0113-009 "Ремдеталь"

Производительность устройства для очистки электролита, $\text{дм}^3/\text{ч}$	18
Время приготовления порции электролита, ч, не более ...	28
Вместимость ванны для электролита, м ³	0,5

Т а б л и ц а 10.12. Техническая характеристика ванн с барабанами

Параметры	Барабан частичного погружения (на 1/3 диаметра)		Перекидной барабан	Барабан полного погружения	
	двухкамерный	трехкамерный		двухкамерный	трехкамерный
Ванна:					
длина, мм	550	550	900	970	1300
ширина, мм	600	600	800	550	620
глубина, мм	700	700	800	800	800
Объем электролита, л	150	150	400	250	550
Барабан:					
диаметр, мм	230	300	500	270	360
длина, мм	450	450	600	730	1000
форма	Шестигранный	Круглый	Круглый	Шестигранный	
Объем деталей в одной загрузке, л	5	9	25	20	50
Масса загрузки деталей, кг	12	20	40	30	60
Частота вращения барабана, об/мин	10 — 15	10 — 15	8 — 10	8 — 15	5 — 10
Мощность двигателя, кВт	0,15	0,15	0,5	0,15	0,25
Сила тока, А	30 — 240	50 — 75	100 — 150	80 — 200	100 — 250
Напряжение, В	6 — 10	10 — 12	10 — 12	8 — 12	8 — 12

Способ нагрева электролита паровой
 Температура нагрева электролита, К не менее 343
 Установленная мощность, кВт 12,8
 Габаритные размеры, мм:
 установки 3500×2800×1800
 устройства для фильтрации электролита 940×900×585
 Масса, кг:
 установки 750
 устройства для фильтрации электролита 160

Для восстановления деталей электролитическим натиранием выпускается установка 0113-006 "Ремдеталь". Она представляет собой станок, состоящий из стола и консоли, на которой закреплен прижим механизма подъема анодной головки и привода ее во вращение. Многопозиционная анодная головка выполнена в виде крестовины и снабжена фиксатором для закрепления нижнего анода соосно отверстию восстанавливаемой детали. В головке имеются анододержатели со специальными для каждого технологического перехода анодами. Для смены анодов головку поворачивают относительно горизонтальной оси. Таким образом, все тех-

нологические переходы выполняются раздельными анодами на одном рабочем месте, что позволяет получать прочносцепляющиеся осадки с основным металлом. Установка может работать в автоматическом режиме.

Техническая характеристика установки 0113-006 "Ремдеталь"

Производительность (при толщине наращиваемого слоя 1 мм), м²/ч .. 0,1
 Скорость наращивания металла, мм/ч не менее 1,2
 Размер восстанавливаемых отверстий, мм:
 диаметр 40 — 160
 высота 100 — 200
 Установленная мощность, кВт 19,8
 Вместимость ванны для электролита, л 100

Для снижения себестоимости восстановления деталей электрохимическим наращиванием, улучшения качества покрытий и облегчения условий труда важное значение имеют разработка и внедрение в ремонтное производство автоматизации электролитических процессов. В процессе электролиза выход металла по току и

качество покрытия существенно изменяются в зависимости от колебания температуры электролита, плотности тока и кислотности.

Автоматическое поддержание температуры электролита в заданных пределах достигается в результате применения различного рода терморегуляторов. Схема автоматического регулирования температуры электролита в ваннах с пароподогревом показана на рис. 10.18. При включении рубильника замыкается цепь *ABCD* и срабатывает магнитный пускатель, пропуская ток через катушки магнита.

Магнит открывает паровой кран, в результате чего пар поступает в систему подогрева ванны. Подогрев продолжается до тех пор, пока стрелка манометрического термометра, регистрирующего температуру электролита, не передвинется по шкале до заданного деления. После этого замыкаются контакты термометра и ток, проходя по цепи *AEMH* через катушки промежуточного реле *K₁*, размыкает контакты промежуточного реле *K₂*, разрывая цепь *ABCD*. Паровой кран закрывается, и подогрев прекращается. При снижении температуры электролита ниже заданной стрелка термометра размыкает цепь *AEMH*, в результате чего паровой кран снова открывается для подачи пара в систему подогрева ванны.

Для автоматического регулирования катодной плотности тока используется установка, схема которой показана на рис. 10.19. Изменение плотности тока улавливается датчиками, размещенными в разных концах ванны, и преобразуется при помощи гальванометра в сигналы, которые действуют на блок управления источника постоянного тока. В результате срабатывает контактная система высокочувствительного потенциометра, которая включает реверсивный двигатель, вращающий траверсу регулятора напряжения до тех пор, пока на катоде не восстановится заданная плотность тока.

Кислотность электролита регули-

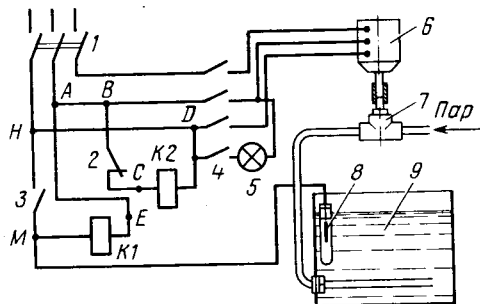


Рис. 10.18. Схема автоматического регулирования температуры электролита: 1 — рубильник; 2 — контакты промежуточного реле; 3 — контакты термометра; 4 — контакты магнитного пускателя; 5 — сигнальная лампа; 6 — магнит; 7 — паровой кран; 8 — датчик термометра; 9 — ванна; *K₁*, *K₂* — катушки промежуточного реле

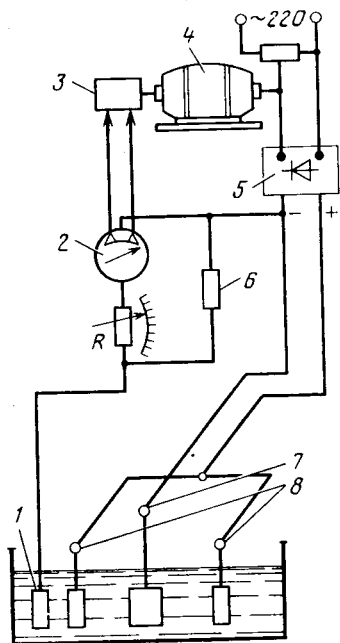


Рис. 10.19. Схема установки автоматического регулирования плотности тока: 1 — датчик; 2 — гальванометр; 3 — блок управления; 4 — двигатель; 5 — селеновый выпрямитель; 6 — шунт; 7 — катод; 8 — анод

руют при помощи *pH*-метра (рис. 10.20). Датчиком является сосуд из органического стекла, внутри которого смонтированы стеклянный электрод, каломельный полуэлемент и компенсатор температуры. Электродвижущая сила датчика изменяется

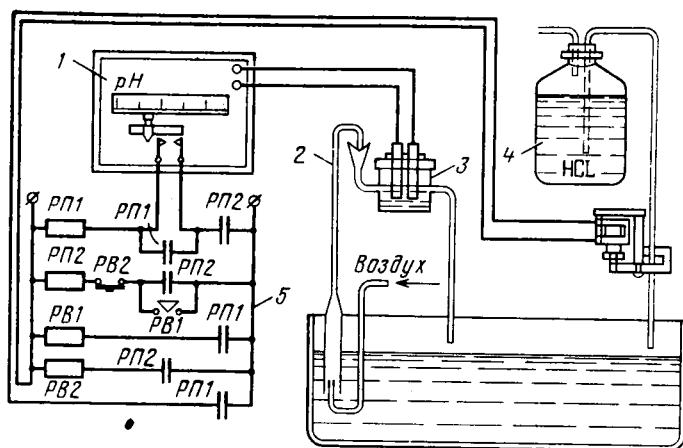


Рис. 10.20. Схема автоматического регулирования кислотности (pH) электролита: 1 — pH-метр; 2 — аэролифт; 3 — датчик; 4 — бутылка с кислотой; 5 — автоматический регулятор

в зависимости от кислотности электролита. Аэролифт обеспечивает непрерывную циркуляцию электролита через датчик. Скорость циркуляции составляет 250 мл/мин. Регулирующий pH-метр сконструирован на основе электронного потенциометра, применяемого в схемах автоматического измерения и регулирования температуры. Измерительная часть pH-метра собрана по обычной потенциометрической схеме. Подвижной контакт потенциометра устанавливают на шкале pH-метра в соответствии с заданной кислотностью. Если кислотность pH электролита выше

заданной, то связанный с кареткой указатель pH замыкает контакт. При этом включается соленоид, открывающий зажим на трубке бутылки с подкисленной водой. Когда кислотность придет в норму, стрелка отойдет от контакта, и цепь автоматически отключается.

В Кишиневском сельскохозяйственном институте разработана установка для комплексного управления параметрами электрохимического процесса с целью получения заданных физико-механических свойств покрытий. Схема автоматического управления электролизом (по Ю. Н. Петрову) приведена на рис. 10.21.

Специально разработанную программу, учитывающую согласование параметров электролиза и свойств покрытия, закладывают в блок-схему. Электроды 1 гальванической ванны питаются от источника постоянного тока 2. На источник тока в зависимости от заданного режима воздействуют программный регулятор плотности тока 11, реверс 4 и блок реле времени 3. Термозлементы 5 под действием регулятора 6 обеспечивают необходимый температурный режим ванны. Устройство для перемешивания электролита поддерживает постоянство температуры по всему объему ванны. Регулятор кислотности 8 следит за постоянством кислотности,

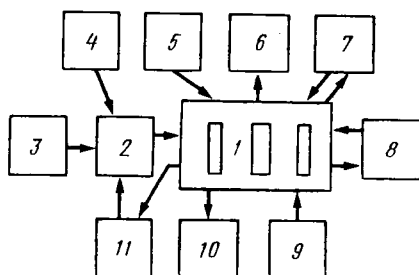


Рис. 10.21. Структурная схема автоматического управления процессом электролиза: 1 — ванна с электродами; 2 — источник тока; 3 — реле времени; 4 — реверс; 5 — термозлемент; 6 — регулятор температуры; 7 — тепловое реле; 8 — регулятор кислотности; 9 — устройство для перемешивания электролита; 10 — регистрирующий прибор; 11 — регулятор плотности тока

а реле 7 — за уровнем электролита в ванне. Прибор 10 регулирует и записывает толщину покрытия.

10.8. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Восстановление деталей автомобилей гальваническими покрытиями имеет ряд характерных особенностей, заключающихся в отсутствии температурного воздействия на деталь, значительных по трудоемкости подготовительных операций, необходимости строгого выдерживания режимов электролиза и др. Рассмотрим особенности технологии на примере восстановления нижней головки шатуна.

В зависимости от сочетаний дефектов и применяемых способов их устранения шатуны можно восстанавливать по нескольким маршрутам, показанным на рис. 10.22.

Восстановление нижней головки шатуна железнением осуществляют в такой последовательности: предварительная механическая обработка, электрохимическая обработка, нанесение покрытия требуемой толщины, механическая обработка до номинального размера.

Вид предварительной механической обработки зависит от износа отверстия нижней головки шатуна. При износе более 0,1 мм выполняется шлифование "как чисто" на внутришлифовальном станке 3А228. Режим шлифования: частота вращения детали — 70 мин⁻¹; подача — 0,02 мм/дв.х; число проходов — 15; глубина обработки — 0,13 — 0,15 мм.

Если износ не превышает 0,1 мм, нижние головки шатунов перед железнением хонингуют на вертикально-хонинговальном станке 3Г-833 специальными головками с алмазными брусками АСМ 40/28. Режим хонингования: частота вращения шпинделя станка — 160 мин⁻¹, подача — 0,02 мм, число двойных ходов — 10; глубина обработки — 0,02 мм.

После предварительной механической обработки шатуны монтируют на подвесочное приспособление и обезжиривают в течение 3 — 5 мин в растворе следующего состава, г/л: углекислый натрий — 25 — 30; едкий натр — 30 — 50; тринатрий фосфат — 10 — 15; жидкое стекло — 5 — 10. Температура раствора — 50 — 70 °С; плотность тока 5 — 10 А/дм². После обезжиривания детали промывают в горячей (70 — 75 °С), а затем в холодной воде.

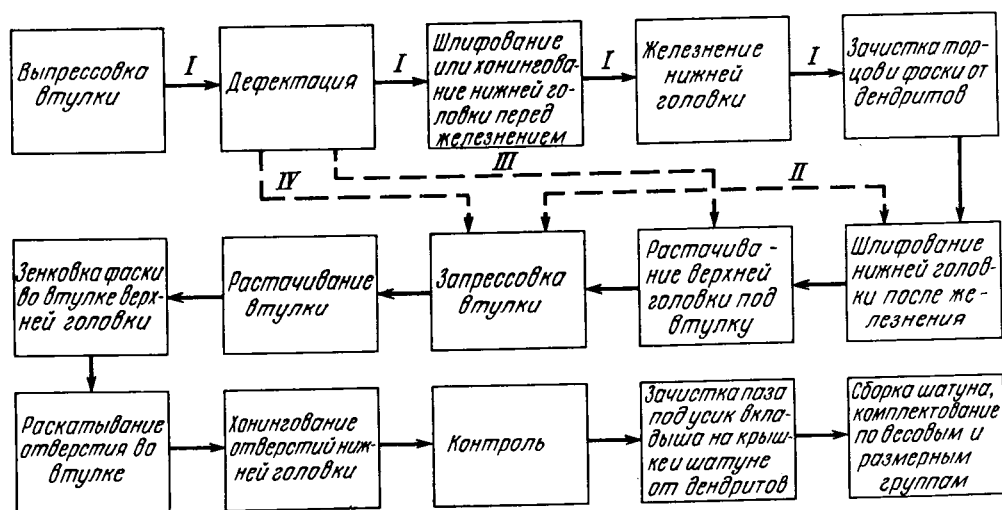


Рис. 10.22. Схема маршрутов I — IV технологического процесса восстановления шатунов

Электрохимическая обработка заключается в анодном травлении в течение 0,5 — 1 мин при температуре 18 — 25 °С и плотности тока 70 — 80 А/дм² в растворе, содержащем следующие компоненты, г/л: серную кислоту — 360 — 400 и сернокислое железо — 20 — 30.

Для железнения нижних головок шатунов используют следующий электролит, г/л: двухлористое железо — 200 — 250; хлористый марганец — 30 — 50; соляную кислоту — 1,0 — 1,5. Температура электролита — 65 — 80 °С; плотность тока — 15 — 20 А/дм². Продолжительность процесса зависит от износа. Шатуны загружают в ванну и прогревают без тока в течение 0,5 — 1,0 мин. Затем включают электрический ток и в течение 5 — 10 мин наносят покрытие при плотности тока 2 — 3 А/дм², после чего в продолжение 15 — 20 мин повышают плотность тока до требуемого значения и наносят покрытие необходимой толщины.

После железнения шатуны промывают в горячей воде и пассивируют в течение 1 — 2 мин в следующем растворе, г/л: азотнокислый натрий — 50 и технический уротропин — 30. Температура раствора — 60 — 70 °С. Затем шатуны опять промывают в горячей воде.

Для удаления дендритов на вертикально-сверлильном станке 2А135 шлифовальным кругом проводят зачистку торцов, а фрезой — зачистку фасок шатуна. Шлифование и хонингование отверстия нижней головки шатуна после нанесения покрытия выполняют на том же оборудовании при тех же режимах, что и предварительную обработку.

10.9. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Восстановление изношенных деталей гальваническим и химическим наращиванием материала, обладая рядом преимуществ в сравнении с другими способами восстановления, требует

решения ряда вопросов по исключению вредного воздействия технологических процессов на окружающую среду. Прежде всего это касается обезвреживания сточных вод на участках восстановления деталей гальваническими и химическими покрытиями.

В гальванических цехах образуются две группы сточных вод: отработанные концентрированные растворы, сбрасываемые периодически из основных ванн, и постоянно поступающие после промывки изделий сточные воды. Отработанные растворы сбрасываются в специальные емкости для обезвреживания и затем — в соответствующую сеть канализации гальванического цеха.

По содержанию загрязнений сточные воды гальванических цехов делятся на три группы:

кисотно-щелочные воды, содержащие кислоты (серную, соляную, азотную, фтористоводородную), щелочи, ионы тяжелых металлов (меди, железа, цинка, никеля, кадмия, олова, свинца) и их соли, блескообразователи, рН стока от 1 до 10;

цианосодержащие воды, в состав которых входят свободный циан, комплексные цианистые соединения цинка, кадмия, меди, различные соли, блескообразователи; рН стока обычно больше 7;

хромсодержащие воды, в состав которых входят хроматы, трехвалентный хром, железо, медь, никель, цинк, кислоты; рН стока может изменяться от 1 до 7.

Основными способами очистки являются реагентный и ионообменный.

Реагентные способы очистки сточных вод основаны на реакциях нейтрализации, окисления, восстановления, коагуляции, осаждения, в результате которых токсичные соединения разрушаются с образованием малотоксичных соединений, которые в большинстве случаев выпадают в осадок. Эти способы применяют при высоких концентрациях по основному компоненту (от 50 — 70 до 200 — 1000 мг/л); они очень надежны при

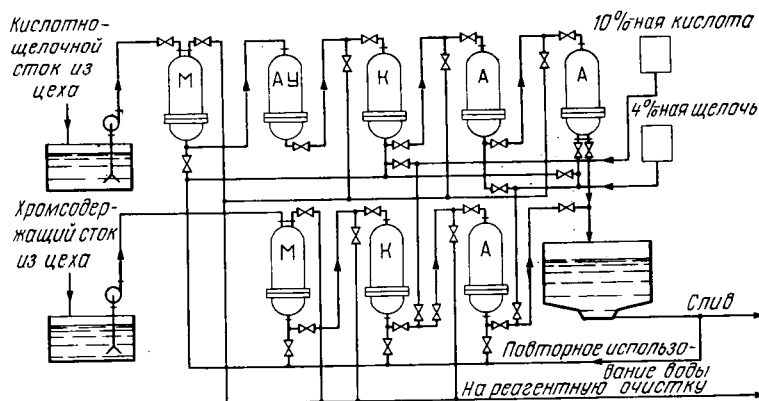


Рис. 10.23. Принципиальная схема очистки стоков методом ионного обмена: М — механический фильтр; АУ — фильтр с активированным углем; К — катионитовый фильтр; А — анионитовый фильтр

очистке от токсичных соединений при сложном составе примесей.

Цианистые соединения обезвреживают, окисляя циан до цианатов активным хлором в щелочной среде при $pH=10\div 11$. В качестве окислителей применяют гипохлорит натрия ($NaOCl$) или кальция, жидкий хлор или хлорную известь. Возможно использование также озона, перманганата калия и сернокислого железа.

Обезвреживание хрома реагентным методом осуществляется восстановлением шестивалентного хрома до трехвалентного при помощи бисульфита, сульфита или железного купороса с последующим осаждением гидроокиси хрома щелочью или гашеной известью.

При небольших количествах сточных вод, содержащих шестивалентный хром, можно использовать метод восстановления на металлической стружке. Достоинством метода является простота установок и минимальный расход металла. Установка представляет собой ванну, заполненную обезжиренной стальной стружкой. При фильтровании сточной воды через стружку шестивалентный хром восстанавливается до трехвалентного. pH стоков должна быть не выше 2,0 — 2,5. Дальнейшая очистка сто-

ков осуществляется совместно с кислотно-щелочным стоком.

Очистка кислотно-щелочных стоков реагентными методами заключается в доведении pH до 8,5—9 для нейтрализации стоков и осаждения гидроокисей металлов. Нейтрализация кислотно-щелочных стоков может происходить автоматически при их смешении, а также в результате добавки предварительно обработанных цианистых и хромосодержащих вод. Из нейтрализованных растворов происходит осаждение гидроокисей металлов.

Метод ионного обмена применяют при доочистке стоков с небольшим количеством загрязнений от солей хрома и примесей тяжелых металлов. Очищенную воду можно использовать в оборотном цикле. Метод ионного обмена (рис. 10.23) основан на последовательном выделении из стока катионов и анионов на ионитовых фильтрах. Промышленные стоки должны быть предварительно очищены от механических примесей, масла и органических и комплексных соединений. При фильтрации через катионитовый фильтр из раствора извлекаются все катионы, при фильтрации через анионитовый фильтр удаляют-ся анионы.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

11.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В ремонтном производстве нашли широкое применение полимерные материалы и синтетические клеи. Их достоинства в том, что они обладают значительной прочностью, хорошей химической стойкостью, износостойкостью и высокими антифрикционными свойствами. Недостаток — малая усталостная прочность и низкая тепловая стойкость отдельных материалов. Полимерные материалы применяют для заделки в деталях вмятин, трещин, пробоин, раковин, для изготовления быстроизнашиваемых деталей или отдельных частей.

Различают термореактивные и термопластические материалы.

Термореактивные полимерные материалы (реактопласты) характеризуются тем, что при переходе под действием тепла в пластическое состояние подвергаются необратимым процессам, т. е. их нельзя после отверж-

дения снова расплавить для вторичного использования.

Термопластические полимерные материалы (термопласты) характеризуются тем, что при повторном нагревании могут вновь подвергаться формированию.

Наиболее часто встречающиеся в ремонтном производстве полимерные материалы и синтетические клеи представлены в табл. 11.1.

Из термореактивных пластмасс наибольшее распространение получили эпоксидные смолы ЭД-16 и ЭД-20 в различных композициях путем добавок к смоле отвердителей, пластификаторов, наполнителей, красителей и других компонентов. Область применения эпоксидных смол при ремонте деталей и узлов приведена в табл. 11.2.

Из полиамидов (например капрона) изготавливают методом литья под давлением втулки, рессорные подшипниковые втулки, оси и другие детали.

Таблица 11.1. Применение полимерных материалов и синтетических клеев

Материал	Область применения
Капроновая смола (первичный капрон)	Ремонт валиков, втулок, вкладышей подшипников, изготовление шестерен, шкивов и т. д.
Полиамид ПП-610	То же
” 68	”
Полиэтилен низкого давления (НД)	Нанесение покрытий, изготовление защитных деталей (пробки, заглушки)
Полиэтилен высокого давления (ВД)	То же
Полиамид ПП-610	Ремонт деталей с повышенными механическими свойствами
Фенилон С-2	Ремонт шеек валов, кулачковых валов, нанесение тонкослойных покрытий, ремонт вкладышей подшипников
Полистирол	Изготовление деталей, работающих при температуре до 338 К

Материал	Область применения
Полиформальдегид	Использование в качестве заменителя сталей и цветных металлов при ремонте и изготовлении деталей
Волокнит АГ-4	Изготовление крыльчаток шестерен и деталей, работающих при температуре от 213 до 473 К
Текстолит	Изготовление прокладок шестерен, ремонт направляющих
Эластомер ГЭН-150(В)	Ремонт неподвижных соединений деталей и узлов сельскохозяйственной техники
Эпоксидная смола ЭД-16	Ремонт трещин и пробоин в корпусных деталях, ремонт посадочных мест под подшипники, клеесварные соединения, стабилизация и ремонт резьбовых соединений деталей и узлов
Герметик "Эластосил 137-83"	Герметизация и уплотнение соединений деталей и узлов
Герметик "Эластосил 1.101 В"	То же
Синтетический клей БФ-52Т	Приклеивание фрикционных накладок ведомых дисков
Клей ВС-10Т	То же
Клей БФ-2	Склеивание металлов и полимерных материалов
Клей БФ-4	То же
Клей 88Н	"
Клей ВК-2	Клеесварные, клеезаклепочные и клеерезьбовые соединения

Т а б л и ц а 11.2. Область применения эпоксидных смол при ремонте автомобилей

Составы на основе эпоксидных смол, части по массе	Область применения	Примеры
ЭД-6 (100)	Склеивание металлических деталей, ремонт неподвижных сопряжений и резьбовых соединений; устранение небольших трещин до 2 мм	Ремонт неподвижного сопряжения шарикоподшипник — гнездо шарикоподшипника коробки передач, шарикоподшипник — вал, шпилька — корпус, трещина в корпусе карбюратора и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (15), железный порошок (160), полиэтиленполиамин (8)	Устранение трещин; ремонт резьбовых соединений и рабочих поверхностей корпусных деталей, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания	Трещина водяной рубашки блока цилиндров двигателя; трещина водяной рубашки головки блока цилиндров; изношенные рабочие поверхности корпуса гидравлического насоса и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9)	То же	То же
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), алюминиевый порошок (25), полиэтиленполиамин	"	"
ЭД-6 (100), дибутилфталат (15), железный порошок (160), полиэтиленполиамин (8), стеклоткань или техническая бязь 3 — 4 слоя	Устранение пробоин в корпусных деталях, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания	Пробоины в блоке цилиндров, корпусе коробки передач и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9), стеклоткань или техническая бязь 3 — 4 слоя	То же	То же

Составы на основе эпоксидных смол, части по массе	Область применения	Примеры
ЭД-6 (100), полиэтиленполиамин (9), капроновая смола (порошок) (90)	Нанесение на изношенные поверхности подшипников скольжения в качестве антифрикционного состава	Подшипники скольжения, работающие при температуре не выше 120 °С, давлении не более 10 МПа и скорости скольжения не выше 4 м/с
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), слюдяная мука (80), полиэтиленполиамин (9)	Шпаклевание сварных швов; выравнивание вмятин на облицовке тракторов и автомобилей	Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, корпуса задних мостов, облицовки тракторов и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9)	То же	Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, задних передач, задних мостов, облицовки тракторов и т. д.

11.2. НАНЕСЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

В современном ремонтном производстве наиболее часто используют спеченные антифрикционные материалы и покрытия, полученные методами порошковой металлургии и методами металлизации.

Целесообразность применения спеченных антифрикционных покрытий определяется в основном тремя факторами: низкой себестоимостью изготовления, эффективностью в эксплуатации и сравнительной простотой метода и оборудования для его осуществления. Кроме того, спеченные антифрикционные покрытия обладают свойствами самосмазывания узла трения.

Применение спеченных порошковых материалов для восстановления изношенных деталей обеспечивает следующие преимущества:

экономия металлов в результате применения ресурсосберегающей технологии, получения точных размеров, т. е. сокращение отходов производства, а также массы детали за счет пористости нанесенного слоя;

значительное сокращение парка металлорежущего оборудования ввиду отсутствия необходимости в механической обработке нанесенного слоя;

использование отходов — переработка стружки в порошковую массу; автоматизация и высокая культура производства, сопровождающие использование методов порошковой металлургии;

значительное повышение ресурса узлов благодаря эффекту самосмазывания пористых антифрикционных покрытий.

Существует следующая классификация спеченных антифрикционных материалов: на основе железных порошков; на основе цветных металлов; из тугоплавких износостойких материалов и их соединений; металлографитовые композиции; металлопластмассовые материалы; самосмазывающие композиции с использованием металлических, керамических и металлокерамических порошков. Эта классификация не полностью охватывает все многообразие антифрикционных материалов и покрытий. Более удачной является классификация, которая изображена на рис. 11.1.

Композиционные материалы на основе порошков, как правило, изотропны. Для получения высокопрочных покрытий целесообразно применять наполнители с большой удельной поверхностью (обычно размеры частиц порошка наполнителя составляют 1 — 5 мкм). Из органических наполнителей наиболее распространенной является древесная мука, а из

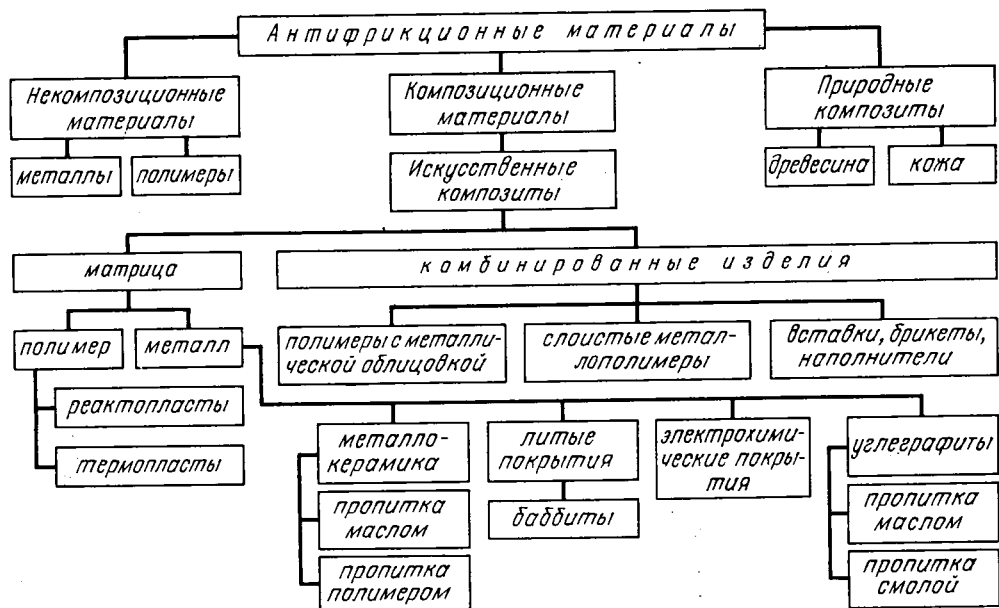


Рис. 11.1. Классификация антифрикционных материалов

неорганических — мел, каолин, тальк, слюда и др.

В особую группу могут быть выделены элементы, добавляемые для получения эффекта самосмазывания. Для таких антифрикционных материалов широкое применение получили твердые смазки, имеющие ламинарную структуру. Для изготовления подшипников скольжения узлов трения вакуумных установок используют металлокерамику из высокооловянистой бронзы с пропиткой 50 %-ной водной суспензией фторопласта.

Для нанесения антифрикционных покрытий на детали, работающие в условиях ограниченной смазки при высоких температурах, применяют самосмазывающийся материал — амальгопласт, формируемый на основе теплоустойчивых полимеров и растворов твердых смазок в жидких поверхностно-активных металлах.

Стремление к снижению расходов при ремонте привело к использованию прессованной древесины в качестве подшипников, работающих без смазки в абразивной среде. Подшипник изготавливают по следующей тех-

нологии: термообработка маслом заготовок из прессованной древесины при температуре 105 — 120 °С; естественная свободная пропитка маслом после прессования и сушки готовых подшипников; принудительная пропитка маслом прессованной древесины в вакууме.

Исследованиями установлено, что коэффициент трения таких подшипников по стали находится в пределах 0,003 — 0,09 (температура трущейся пары не должна превышать 90 °С, так как окисление масла, происходящее при более высоких температурах, приводит к резкому снижению триботехнических (износостойких) свойств прессованной древесины).

Широкое распространение получили также материалы, в которые в качестве твердых смазок вводится фтористое соединение металла, позволяющее образовывать устойчивую стабильную разделительную пленку (фториды обладают высокой химической и термической стабильностью). Такие материалы нужны при восстановлении изношенных деталей, работающих в условиях сухого трения при повышенных температурах.

Для значительного повышения антифрикционных свойств деталей после их восстановления рекомендует-ся нанесение тонкого металлофторопластового слоя. Такие покрытия можно получать двумя методами: припеканием пористого покрытия с последующим заполнением пор фторопластом или припеканием шихты из металлических порошков и фторопласта. При первом методе покрывают основу слоем меди, наносят на омедненный слой дозированный слой бронзы размером 0,07 — 0,5 мм и припекают его, пропитывают пористый слой фторопластовой суспензией с наполнителем из дисульфида молибдена. По второму методу покрывают поверхность основы бронзовым слоем толщиной 0,1 мм, на который затем наносят шихту из порошков меди, олова и фторопласта, напрессовывают слой и припекают его. Второй метод широко применяют при ремонте деталей насосов типа НШ.

В последнее время находят применение композиционные антифрикционные материалы на основе древесины с полимерными наполнителями, что способствует значительному повышению ее триботехнических свойств. Например, древесина, модифицированная фенолформальдегидной смолой и пропитанная маслом СУ, успешно работает в узлах трения при скоростях скольжения 0,8 — 1,4 м/с и нагрузках 1,5 — 2,0 МПа.

Всесоюзным объединением "Союзуглерод" разработан новый антифрикционный материал на основе фторопласта с наполнителем из графитовых волокон и комплекса твердых смазок. Износостойкость этого материала в 3 — 5 раз превосходит износостойкость применяемых графитопластовых материалов. Он может быть рекомендован для восстановления изношенных подшипников скольжения, работающих при нагрузке 4,2 МПа и скорости скольжения до 1,5 м/с.

Одним из наиболее распространенных способов нанесения антифрикционных покрытий является га-

зопламенное напыление. Высококачественное покрытие получают при вихревом напылении порошков, при котором, к сожалению, происходит большой расход порошков. Для повышения износостойкости на полимерные покрытия наносят тонкий слой металла. Износостойкость такого покрытия на 40 — 80 % выше обычного полимерного.

При нанесении антифрикционных покрытий на изношенную поверхность детали методом спекания сохраняются многие полезные свойства порошковых композиций, которые зачастую теряются при доведении композиций до температуры плавления. Существует несколько способов припекания — электроконтактный, магнитно-импульсный, металлизирование и др. Припекание используется для восстановления и упрочнения таких деталей машин, как посадочные места валов, шестерни гидронасосов и т. п.

Напыление — распространенный способ нанесения покрытий на детали различной конфигурации. Методы напыления могут использоваться для нанесения металлокерамических покрытий, а также для получения многослойных антифрикционных покрытий.

В современном ремонтном производстве все чаще применяются двухслойные (металл-полимер) покрытия, наносимые вакуумной металлизацией. Как показывает опыт нанесения таких покрытий на посадочные места валов, рычагов, валов шестерен и крыльчаток водяных насосов, износостойкость восстановленных деталей повышается на 40 — 80 % по сравнению с износостойкостью новых деталей.

Представляет интерес метод спекания антифрикционных поверхностей на изношенных деталях в контейнерах с плавким затвором. Применение этого метода позволяет получать антифрикционное покрытие наиболее простым способом, так как спекание проводится в любой печи и при этом вокруг детали создается необходимая защитная газовая среда.

Применяется также метод нанесения антифрикционных полимерных покрытий вибровихревым способом, включая создание тонкодисперсных порошковых композиций, обезжиривание поверхности детали, ее нагрев и нанесение псевдосжиженного слоя порошка.

11.3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Требования надежной и безотказной работы агрегатов и машин связаны с обеспечением высокой степени их герметичности.

Одним из существенных недостатков литых деталей, а также сварных и паяных швов является наличие в них пор и трещин, т. е. отсутствие герметичности. Доработка деталей механической разделкой, подваркой и перепайкой мест разгерметизации не всегда приводит к положительным результатам. Анаэробные герметики (АГ), используемые для этих целей, позволяют устранить указанные недостатки.

Анаэробные составы представляют собой полимеризационно-способные смолы акрилового ряда, которые, находясь в контакте с атмосферным кислородом, сохраняют подвижное состояние. Попадая в зазор, поры и т. п., они отверждаются и образуют прочный полимер после прекращения доступа кислорода. Номенклатура марок и свойства анаэробных герметиков, рекомендуемых для исследования при ремонте машин и механизмов, приведены в табл. 11.3.

Скорость полимеризации зависит от контактируемого материала. По признаку влияния на скорость отверждения герметика материалы делятся на 3 группы:

активные — медь и ее сплавы, кобальт, марганец, никель, железо (контакт с ними ускоряет полимеризацию герметика);

нормальные — алюминий и его сплавы, углеродистые стали, золото, серебро, цинк (их поверхность реактивна);

пассивные — имеющие покрытия, в том числе гальванические (кадмированные, анодированные, оксидированные, хромированные, частично оцинкованные); сплавы содержащие титан; нержавеющие стали, пластмассы.

Время отверждения на активных поверхностях исчисляется минутами, на нормальных — часами, на пассивных — до нескольких суток. Использование специальных активаторов КС и КВ позволяет сократить процесс полимеризации анаэробных уплотняющих покрытий на неактивных поверхностях до 3 — 6 ч.

Скорость отверждения и время достижения максимальной прочности находятся в прямой зависимости от температуры отверждения. На качество уплотнения влияет также чистота и шероховатость поверхности, зазор, площадь герметизирующей поверхности, технология сборки и т. п.

Анаэробные составы обладают следующими свойствами: высокой химической стойкостью к агрессивным средам, бензо- и маслопродуктам; водозащитными свойствами, предупреждающими коррозию в зоне контакта; высокой механической прочностью, достаточной эластичностью и стойкостью в условиях вибрации; термостойкостью; способностью низковязких составов затекать в любые зазоры, большим диапазоном прочностных и вязкостных свойств; высокой мобильностью и простотой применения в условиях изготовления, эксплуатации и ремонта изделий.

Указанные свойства анаэробных составов позволяют во многих случаях отказаться от традиционных технологий ремонта машин и механизмов и перейти к принципиально новым методам ремонта. Одним из таких методов является применение анаэробных герметиков для стопорения и герметизации резьбовых соединений.

В процессе эксплуатации резьбовые соединения испытывают знакопеременные нагрузки, воздействие высокой температуры, коррозионной

Т а б л и ц а 11.3. Физико-механические свойства анаэробных герметиков

Марка анаэробного состава	Область применения	Заполняемый зазор, мм	Время набора прочности, ч	Предел прочности на сдвиг, МПа	Момент отвинчивания, Н·м	Интервал рабочих температур, °С
Анатерм-IV	Устранение микропор и микротрещин, уплотнение и герметизация цилиндрических соединений	До 0,07	5	Не менее 3	—	—60 ÷ +250
Унигерм-7	Уплотнение, контровка и фиксация неразъемных цилиндрических и резьбовых соединений	До 0,15	3	17 — 22	20	—60 ÷ +150
Унигерм-2Н	Пропитка пористого литья, герметизация и фиксация разъемных винтовых соединений	До 0,15	24	1,5—5,5	—	—253 ÷ +200
Анатерм-6	Уплотнение герметизации и фиксации фланцевых, резьбовых и гладких неразъемных соединений	До 0,6	6 — 24	5,0—8,0	—	—60 ÷ +150
Анатерм-117	Фиксация, уплотнение, герметизация изделий, подвергающихся воздействию вибрации и ударных нагрузок	До 0,3	1 — 6	Не менее 17	—	—60 ÷ +300
Унигерм-9	Крепление, стопорение крепежа и сопряженных деталей, имеющих защитные покрытия	0,1—0,3	1 — 6	Не менее 15	Не менее 20	—60 ÷ +150
Анатерм-17	Уплотнение и герметизация соединений, работающих при ударных и вибрационных нагрузках	0,1—0,45	3 — 5	0,5—3,0	—	—60 ÷ +150
Анатерм-8	Уплотнение фланцевых, резьбовых и гладких разъемных соединений	До 0,6	6 — 48	Не более 6,0	—	—60 ÷ +150

и абразивной сред и других факторов, что способствует их быстрому изнашиванию. Напряжения затяжки резьбовых соединений, созданное при сборке, со временем снижается под действием нагрузок и внешних условий, в результате чего нарушается нормальная работа машин.

Применяют различные способы фиксации и стопорения резьбовых соединений: при помощи контргаек, пружинных и замковых шайб, проволоки, кернения и расклепывания, приварки и пайки. Однако не все способы стопорения достаточно надежны, в ходе эксплуатации машин они требуют периодической подтяжки, на что затрачивается много времени.

В зарубежном и отечественном автомобилестроении анаэробные материалы впервые нашли широкое применение именно для стопорения резьбовых соединений. Это простой, надежный и экономический способ при-

дания соединениям устойчивости к действию вибрации, тряски, ударных нагрузок. В противоположность механическим стопорным устройствам анаэробные герметики заполняют пространство между витками резьбы, благодаря чему возрастает сопротивление трению, предотвращаются наволакивание металла и коррозия, повышается крутящий момент отвинчивания по отношению к моменту затяжки. В результате замены традиционных способов стопорения резьбовых соединений клеевыми производственными затратами снижаются почти на 90 %.

Механизм полимеризации анаэробных герметиков в резьбовых соединениях можно представить следующим образом. При завинчивании резьбового элемента с предварительно нанесенным на него жидким герметиком происходит удаление воздуха из объема, заключенного между

сопрягаемыми резьбовыми поверхностями и заполнение его герметиком, который, затвердевая, образует прочное соединение. Использование анаэробных материалов позволяет не только восстановить и предохранить резьбовые соединения от самоотвинчивания в процессе эксплуатации, но и обеспечить хорошую герметичность и работоспособность.

Технологический процесс стопорения резьбовых соединений анаэробными материалами состоит в следующем: сопрягаемые резьбовые поверхности тщательно очищают от ржавчины, старой краски, окалины и других эксплуатационных загрязнений, обезжиривают стандартными средствами, наносят герметик на 3 — 4 нити резьбы болта или шпильки. Материал наносят капельницей флакона или кистью.

На прочность соединения оказывают влияние такие факторы, как зазор, качество обезжиривания, предварительная затяжка, условия эксплуатации, марка анаэробного материала и др. Так, например, для герметика Ан-IV максимально заполняемый зазор — 0,07 мм, а для Уг-8 — 0,45. С увеличением момента затяжки возрастает и момент отвинчивания. Например, если гайка затянута с моментом 30 — 40 Н·м, отворачивающий момент увеличивается до 90 — 120 Н·м (герметики Ан-6 и Уг-1), что исключает возможность самоотвинчивания резьбового соединения.

Анаэробные материалы нашли широкое применение при герметизации отливок, сварных и паяных швов.

Типовой технологический процесс местной герметизации включает следующие операции:

- проверить отливку на герметичность по чертежу и отметить места, подлежащие герметизации;

- высушить детали для удаления влаги;

- обезжирить отливки ацетоном или растворителем, облив ими места, подлежащие герметизации, или тщательно протерев их жесткой кистью или щеткой. Во избежание закупорки

дефектов не допускается выполнять обезжиривание ветошью;

- обезжиренные поверхности просушить при комнатной температуре в течение 20 — 30 мин;

- на подготовленную поверхность нанести герметики кистью или из флакона;

- выдержать детали на воздухе 16 — 24 ч;

- удалить герметик с поверхности ветошью;

- проверить на герметичность.

Технологический процесс герметизации сварных и паяных швов аналогичен процессу местной герметизации отливок.

При герметизации пор литья так же, как и для устранения дефектов сварных и паяных соединений, применяют маловязкие с хорошей пропитывающей способностью анаэробные герметики-антипоры (АН-I, АН-IV, УГ-4ПР, ДН-1, ДН-2) вместо бакелитового лака ЛБС-1. При помощи анаэробных материалов можно герметизировать поры сварных швов, благодаря своему смачивающему и капиллярному действию они проникают в невидимые полости и тончайшие поры и, структурируясь в анаэробных условиях, отвердевают, предотвращая утечку газов и жидкостей.

Одной из перспективных областей применения анаэробных герметиков является уплотнение паяных трубных соединений в радиаторах, воздушных кондиционерах, холодильниках и др. Жидкий материал наносят кистью на неостывшие места пайки, в результате ускоряется его проникновение в тончайшие поры и отверждение. К сожалению, в нашей отечественной технологической практике этот способ применения не нашел.

Эффективность "залечивания" пор анаэробными герметиками и его перспективность дополнительно подтверждаются тем фактором, что при условии применения строго дозированного количества герметика, исключая попадание его на поверхности деталей, последние могут подвергаться последующей сварке и

пайке не только без деструкции герметика, но и с его термическим доотверждением.

При эксплуатации транспортных средств, технологического оборудования мастерских и гаражей возможно появление пробоев металлических трубопроводов, возникающих при случайных механических ударах, в результате коррозии или других факторов.

В данном случае процесс ремонта и герметизации с применением анаэробных материалов осуществляют следующим образом: предварительно зачищенное поврежденное место трубопровода обматывают по наружной поверхности латунной сеткой с размером ячеек 20 — 30 мкм, пропитанной АГ. Ячейки сетки и ее эластичность позволяют удержать слой АГ на поверхности трубы благодаря действию сил поверхностного натяжения и капиллярного эффекта при любом пространственном положении трубопровода. Многослойная обмотка сеткой дает возможность получить объемное распределение АГ в намотанном слое. Для прекращения доступа воздуха АГ снаружи обматывают липкой эластичной полихлорвиниловой лентой (изолентой).

Микротрещины в горизонтальной плоскости можно герметизировать методом полива антипором АН-IV. Для этого клейкой лентой вдоль микротрещины делают бортик высотой 3 — 5 мм, наливают слой антипора толщиной 1 — 2 мм и дают выдержку 24 ч при температуре 20 °С. Увеличив температуру, можно сократить время "залечивания" микротрещин.

Преимущества таких технологий герметизации состоят в том, что для их осуществления не требуются оборудование, оснастка или арматура, и потому они могут быть реализованы в любых дорожных или полевых условиях для труб всевозможных размеров. Зона уплотнения после окончания процесса отверждения отличается достаточной прочностью и коррозионной стойкостью.

Анаэробные герметизирующие ма-

териалы применяют для уплотнения фланцевых соединений вместо твердых прокладок. Известно, что качество уплотнения твердой прокладкой зависит от давления сжатия в сопряжении фланец — прокладка и состояния поверхности сопрягаемых деталей. Свойство анаэробного материала затекать во все впадины соединяемых поверхностей позволяет устранить такие дефекты, как царапины, риски, вмятины, которые не могут быть заполнены традиционными твердыми прокладками.

Анаэробные герметизирующие материалы можно применять как самостоятельно, так и в сочетании с традиционной твердой прокладкой. Для уплотнения фланцевых соединений наиболее предпочтительны "эластичные" анаэробные герметизирующие материалы АН-6К, АН-8К. Такие материалы более устойчивы к действию температурных и вибрационных нагрузок. Существуют примеры применения герметика АН-8К в соединениях паропровода. Вместо паронитовых прокладок используют металлическую прокладку с гарантированным зазором для герметика 0,2 — 0,3 мм. При включении-выключении пара возникают температурные удлинения трубопроводов, которые воспринимаются таким металлополимерным уплотнением, сохраняя хорошую герметичность стыков.

Герметизацию винтов крепления полюсных башмаков с катушками обмотки возбуждения к корпусу стартера грузового автомобиля выполняют при помощи нитрошпатлевки НЦ-008. При испытаниях стартера на герметичность, проведенных сразу после сборки, когда отверждение шпатлевки не закончилось и она еще сохраняет свою эластичность, количество негерметичных соединений винт — полюсный башмак невелико, а при эксплуатации автомобилей количество случаев нарушения герметичности в этих соединениях увеличивается из-за появления трещин в отвердевшей шпатлевке. В условиях воздействия вибраций и знакопеременных нагрузок,

особенно при отрицательных температурах, процесс стеклования и разрушения нитрошпатлевки усиливается. Для этих целей рекомендован высоковязкий АГ для стопорения резьбовых соединений. Его применение позволяет в 1,5 раза увеличить момент отвинчивания резьбового соединения. Испытания на герметичность показали, что разгерметизация не наблюдалась при повышении давления до 0,5 МПа, в то время как по техническим условиям для стартера данное резьбовое соединение должно сохранить герметичность при 0,02 МПа.

11.4. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Клеевые соединения имеют ряд преимуществ перед механическими способами соединения материалов.

Они обладают способностью соединять разнородные материалы, не влияют на структурное состояние и изменение свойств соединяемых материалов, обеспечивают герметичность соединения, невысокую стоимость ремонта и простоту технологического процесса.

Свойства клеев в основном определяются полимерными связующими. В состав клея входят пластификаторы, наполнители, растворители, отвердители и т. д.

Для клеев на основе термореактивных материалов характерно отверждение в результате реакции полимеризации или поликонденсации, приводящее к созданию прочных и теплоустойчивых клеевых соединений. В отвержденном виде термореактивное соединение не плавится при нагревании.

Многокомпонентные клеи отверждают, как правило, введением "сшивающего" агента. Однокомпонентные клеи поступают к потребителю в готовом виде. Многокомпонентные изготавливают на месте из составных частей, чаще всего из смолы и отвердителя. Наиболее широко в клеях применяются термореактивные смо-

лы: фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, резорциноформальдегидные. На особом месте — эпоксидные клеи. Они характеризуются следующими свойствами:

- процесс отвердевания происходит без применения давления;

- они обладают хорошей прилипаемостью и возможностью обработки режущим инструментом;

- не требуют специального оборудования и высокой квалификации рабочего;

- обеспечивают хорошее качество ремонта в труднодоступных местах без разборки агрегатов.

Эпоксидный клей состоит из эпоксидной смолы, пластификатора, наполнителей и отвердителя. Эпоксидная смола играет роль связывающего вещества и является основой клеящего состава. Для увеличения ударной вязкости и эластичности эпоксидного клея, а также снижения его хрупкости в клеевой состав вводят пластификатор (например, дибутилфталат). В качестве пластификатора может выступать жидкий тиокол и диметилфталат. Масса пластификатора составляет 10 — 20 % массы эпоксидной смолы. Наполнители придают эпоксидному клею желаемый цвет, требуемую вязкость, повышают прочность сцепления. В качестве наполнителя используется алюминиевый порошок, слюдяная пыль, молотый тальк и др. Для отверждения клея в смесь вводят отвердитель (полиэтиленполиамин, гексаметилендиамин, малеиновый ангидрид и др.).

Подготовка компонентов заключается в приведении их в состояние, пригодное для смешения. Эпоксидную смолу для уменьшения ее вязкости подогревают до температуры 320 — 330 К. Для этого сосуд со смолой погружают в горячую воду и выдерживают его там в течение 10 — 12 мин. Смолу можно подогреть, поставив посуду в печь, нагретую до 370 К. Во избежание выгорания нельзя подогревать эпоксидную смолу на открытом огне.

Пластификатор дибутилфталат

для удаления летучих веществ также подогревают до температуры 333 К. При применении небольшого количества клея (до 0,2 кг) подогрев дибутилфталата не обязателен. Все наполнители должны быть просушены при температуре 100 — 393 К в течение 3 ч.

После того как все компоненты клея рассчитаны, взвешены и подготовлены, в эпоксидную смолу вливают порцию дибутилфталата и перемешивают в течение 3 — 5 мин до получения однородной жидкости. Затем в эту смесь добавляют, перемешивая, небольшими дозами наполнители.

Общая масса одновременно приготовленной эпоксидной пасты при ручном смешивании и при помощи клеемешалки не должна превышать 500 г. Срок технологической пригодности клея с момента введения в него отвердителя при комнатной температуре не должен превышать 30 — 50 мин. По истечении этого времени начинают понижаться клеящие способности, а вязкость увеличивается до такой степени, что клей становится трудно наносимым.

Наиболее употребляемые составы приведены в табл. 11.4. Составы 1 и 2 применяют для восстановления изношенных или коррозионных поверхно-

стей, а составы 3 и 4 — для заделки трещин.

При склеивании необходимо достичь высокой адгезии между клеевой композицией и склеиваемыми поверхностями. Для этой цели соединяемые участки деталей тщательно обрабатывают шпателем, добиваясь хорошего их прилегания. Зачищенные поверхности обезжиривают, очищают от оксидов и пыли, тщательно продувают сжатым воздухом. На подготовленную поверхность наносят один тонкий слой клеевой композиции, затем спустя 1 ч — второй слой, который выдерживают 3 — 5 мин при комнатной температуре. После соединения детали выдерживают в специальном приспособлении при температуре 413 — 433 К в течение 1,5 — 2 ч.

С помощью клея ВС-10Т в ремонтном производстве успешно приклеивают фрикционные накладки к тормозным колодкам (дискам).

11.5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Свойства и состав лакокрасочных покрытий. В процессе эксплуатации автомобиля подвергаются действию солнечной радиации, влаги, низких и высоких температур, агрессивных жидкостей, механических нагрузок, биологическому поражению и т. п. Перечисленные факторы каждый в отдельности и тем более в совокупности вызывают старение и разрушение лакокрасочных покрытий (ЛКП).

Защита при помощи ЛКП является основным способом защиты конструкций от коррозии. Надежность, долговечность и внешний вид ЛКП определяются свойствами лакокрасочного материала, схемой, условиями и режимом формирования каждого слоя покрытия, а также видом и состоянием окрашиваемой поверхности. Основными факторами, определяющими защитный эффект ЛКП, являются взаимодействие влаги с

Т а б л и ц а 11.4. Клеевые составы

Компоненты	Состав, %			
	1	2	3	4
Эпоксидная смола ЭД-5	—	—	100	—
Эпоксидная смола ЭД-6	100	100	—	100
Дибутилфталат	20— 25	15— 20	12— 16	15— 20
Слюда пылевая марки А или Б	—	—	15— 20	—
Алюминиевая пудра	—	20— 30	10— 15	35— 40
ПАК-1	—	—	—	—
Молотый тальк	60— 70	—	—	—
Полиэтиленполиамин	12,0	12,0	12,0	12,0

пленкой покрытия, проницаемость пленки для кислорода воздуха и воды, омическое сопротивление пленки и адгезия с защищаемой поверхностью. В одном слое пленки трудно реализовать все свойства, удовлетворяющие требованиям к покрытию, поэтому ЛКП обычно наносят в несколько слоев. К первому слою предъявляют требования обеспечения высокой адгезии с защищаемой поверхностью, к последующим слоям — минимальной проницаемости для воды, кислорода воздуха и электролитов, максимальной эксплуатационной стойкости, а также специальных и декоративных свойств.

ЛКП, используемые в ремонтном производстве, классифицируют на грунтовки, шпатлевки, лаки и краски. Грунтовки, используемые в качестве первых слоев покрытия, обеспечивают высокую адгезию и обладают хорошими антикоррозионными свойствами. Шпатлевки, предназначенные для выравнивания поверхности, наносят, как правило, на предварительно загрунтованную поверхность. Лаки и краски предназначены для получения верхних слоев ЛКП, которые придают покрытию требуемые эксплуатационные, декоративные или специальные свойства.

Свойства лакокрасочных материалов (ЛКМ) зависят от входящих в них компонентов и в первую очередь от пленкообразователя. Кроме того, ЛКМ могут содержать растворители, пигменты, наполнители, сиккативы, пластификаторы. В качестве пленкообразователей используют растительные масла, смолы, эфиры, целлюлозу. Растворители представляют собой бесцветные жидкие органические соединения и применяются для растворения пленкообразующих веществ.

Пигменты — порошкообразные цветные окислы или соли металлов, нерастворимые в пленкообразователях и растворителях, которые придают ЛКП цвет, укрывистость (непрозрачность), замедляют старение и повышают защитные свойства ЛКП.

Наполнители — мел, гипс, каолин, тальк и другие используются для замены части пигментов в целях удешевления ЛКМ. Сиккативы — окислы свинца, марганца, кобальта — используются для ускорения высыхания масел.

Пластификаторы придают пленке дополнительную эластичность. Все ЛКМ разделены на группы, которые различаются пленкообразователями. В каждой группе ЛКМ классифицируют по назначению: атмосферостойкие — 1, водостойкие — 4, термостойкие — 8, электроизоляционные — 3, грунтовки — 0, шпатлевки — 00.

Таким образом, марка ЛКМ по ГОСТ 9825 — 73 указывает химическую природу пленкообразователя и его назначение, например, ХВ-16 — перхлорвиниловая атмосферная эмаль с регистрационным номером 6, ЭП-0026 — эпоксидная шпатлевка с регистрационным номером 26. При производстве и ремонте автомобилей и двигателей в основном используют атмосферостойкие и электроизоляционные ЛКП. Марка ЛКП устанавливается применительно к данному типу автомобилей, данной части машин, двигателю и т. п. Например, эпоксидные (ЭП) эмали и лаки устойчивы против действия бензина, воды и щелочей и обладают электроизоляционными свойствами, длительной теплостойкостью при температуре до 476 К. Полиакриловые (АК и АС) эмали и лаки обладают высокой свето- и атмосферостойкостью, эластичны, стойки к удару, имеют хорошую адгезию с металлом. Полиуретановые (УР) эмали и лаки обладают высокой водо- и атмосферостойкостью, стойки к действию окислителей, паров кислот, масел, агрессивных жидкостей, обладают хорошей адгезией с разнообразными материалами. Полиуретаны токсичны и при работе с ними требуются индивидуальная защита и хорошая вентиляция.

Основные свойства ЛКМ контролируются специальными методами испытания. К таким методам отно-

ются следующие методы определения: содержания летучих и нелетучих, твердых и пленкообразующих веществ; вязкости; укрывистости; времени и свойств высыхания; цвета и внешнего вида; твердости ЛКП и др.

Нанесение лакокрасочных покрытий. Подготовка поверхности к напылению ЛКП прежде всего заключается в удалении с окрашиваемой поверхности всевозможных загрязнений механическими или химическими способами, которые принципиально не отличаются от рассмотренных выше способов очистки деталей перед дефектацией. Затем поверхность промывают чистой водой и высушивают.

Выбор способа нанесения ЛКМ на поверхность зависит от рецептуры ЛКМ, конструкции окрашиваемой детали или изделия, объема производства, требований по качеству покрытий, техники безопасности. Известны следующие основные способы нанесения ЛКМ на поверхность: распыление, окунание, облив, контактный перенос. Окраска распылением — наиболее распространенный способ нанесения покрытий. Различают следующие способы окраски распылением без наложения электрического поля: пневматический и безвоздушный.

Для нанесения ЛКМ пневматическим способом используются пневматические краскораспылители. Степень диспергирования ЛКМ зависит от скорости истечения воздуха из распылительной головки, скорости истечения ЛКМ, вязкости и поверхностного натяжения ЛКМ. Скорость истечения воздуха примерно 450 м/с, ЛКМ — 0,1 м/с. При правильном выборе основных параметров факел ЛКМ состоит из капель диаметром 6 — 80 мкм. Большинство ЛКМ наносят ручными пневматическими краскораспылителями. Сжатый воздух под давлением 0,5 — 0,6 МПа поступает к распылителям от компрессорной станции. Большой расход растворителей, большие непроизводительные потери ЛКМ, необходимость уда-

ления из зоны окраски паров растворителей и невозможность нанесения покрытия на острые кромки, стенки отверстий и т. п. являются основными недостатками этого распространенного способа нанесения ЛКМ на поверхность.

При более прогрессивном безвоздушном (гидродинамическом) способе распыления диспергирование ЛКМ происходит в результате выхода их из распыляющего устройства под давлением 25 МПа. При этом давление на выходе из сопла падает до атмосферного, что приводит к мгновенному испарению растворителя и распылению ЛКМ. В результате образуется направленный факел капель ЛКМ. Окраска распылением в электрическом поле основана на принципе взаимодействия электрического поля и заряженных капель ЛКМ.

Определение природы лакокрасочных покрытий. Все виды лакокрасочных покрытий необходимо ремонтировать по мере появления разрушений или повреждений. Для ускорения высыхания вновь наносимых медленновысыхающих покрытий (алкидных, эпоксидных, полиуретановых и др.) можно применить местный обогрев.

Автомобили, окрашенные в помещении быстровысыхающими эмалями, нельзя помещать в плохую погоду под открытое небо ранее чем через 12 — 16 ч после практического высыхания, а окрашенные такими эмалями как эпоксидные и полиуретановые — не ранее чем через 48 — 72 ч.

В зависимости от характера и степени разрушений покрытий ремонт может быть частичным или полным. Основными операциями при ремонте являются удаление загрязнений, частичное или полное удаление покрытия, подготовка поверхности к окраске, получение нового лакокрасочного покрытия.

Для качественного проведения ремонта необходимо знать природу ремонтируемых покрытий. Не прибегая к сложному анализу, установить точную природу покрытий трудно. Как

уже ранее было указано, к таким материалам относятся: акриловые, перхлорвиниловые, алкидно-меламиновые, полиуретановые, эпоксидные и пентафталевые.

Для определения природы лакокрасочных покрытий, подлежащих ремонту, необходимо иметь в виду следующее.

1. Если внешние поверхности изделий лакированы, то для этих целей могли быть применены акриловые лаки АС-82, АК-113 и АС-16 или пентафталевый лак ПФ-171.

Ориентировочно природу указанных лаков можно установить следующим образом: ватным или тряпочным тампоном, смоченным в растворителе 645 или Р-5, специальной смывке СД (сп) (ТУ 6-10-1088-71) или АФТ-1, размывают на небольшом участке покрытие, легко протирая его. Акриловые лаковые покрытия быстро размываются и оставляют на тампоне липкую массу. Если же покрытие пентафталевое (ПФ-171), то оно не растворяется, а набухает и сморщивается.

2. Если внешние поверхности изделий окрашены эмалью, то для этих целей могли быть применены акриловые, перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, эпоксидные, пентафталевые, алкидно-меламиновые лакокрасочные материалы.

Для установления природы покрытия необходимо определить, растворяется ли оно, как указано выше. Если покрытие не растворяется, а набухает и сморщивается, то можно полагать, что это покрытие алкидное, алкидно-меламиновое или эпоксидное. Эпоксидно-полиамидное и пентафталевое покрытия чаще всего получают при холодной сушке и поэтому они быстрее и интенсивнее набухают, чем алкидно-меламиновое, которое сушат всегда при повышенной температуре. Если же установлено, что покрытие растворяется, то следует определить, является ли оно акриловым, перхлорвиниловым или нитроцеллюлозным. Для этого с окрашенной поверхности снимают небольшую

часть верхнего слоя покрытия и сжигают его. Перхлорвиниловое покрытие горит медленно коптящим пламенем, причем продукты сгорания выделяют характерный запах хлора; акриловое покрытие горит спокойным ярким пламенем, а нитроцеллюлозное — сгорает мгновенно. Масляные, глифталевые или алкидно-меламиновые покрытия горят медленно.

3. После анализа верхних слоев покрытий определяют тип грунтовки; пленки грунтовок АК-069 и АК-070 легко растворяются в указанных выше смывках в отличие от грунтовок ФЛ-086 и ФЛ-03-Ж, пленки которых набухают и сморщиваются.

Конечно, приведенные методы определения природы лакокрасочных материалов весьма ориентировочны и неполны, но в ряде случаев могут быть использованы для практических целей.

Удаление старого лакокрасочного покрытия на основе быстросыхающих лаков и эмалей (акриловые, перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные) не вызывают особых затруднений. Значительно сложнее удалять необратимые покрытия, например эпоксидные, полиуретановые, алкидные, масляные и т. п.

Для удаления старых разрушенных лакокрасочных покрытий используют смывки, различающиеся между собой по смазывающему действию, горючести и токсичности. Наиболее широко применяют смывки СД (об) и АФТ-1. Смазывающие свойства АФТ-1 значительно выше, чем у СД (об), однако недостатком обеих смывок является горючесть. Негорючие смывки, такие как СЭУ-1, СЭУ-2, обладают хорошим смазывающим действием, но из-за повышенной токсичности (смывки содержат хлорированные углеводы) применение их возможно при строгом соблюдении мер по технике безопасности, предусмотренных для работы с токсичными растворителями. Кроме того, в результате недостаточной стабильности отдельных партий хлорированных углеводов смывки СЭУ-1 и СЭУ-2

могут содержать небольшое количество хлористого водорода. Если такая смывка остается в стыках, швах или в других местах, то она может явиться причиной коррозии.

Перед нанесением смывки СД (об) ее предварительно подогревают до температуры 308 — 313 К в горячей воде и выдерживают до полного растворения хлопьевидного осадка. Нагревать смывку на открытом огне категорически запрещается, так как она может воспламениться. Смывку наносят не сразу на всю поверхность, а последовательно, по участкам не "растущевыванием", а набрызгиванием.

Смывка, нанесенная на покрытие, быстро застывает, превращаясь в кашу. В таком виде ее следует выдерживать в течение 10 — 15 мин. Под действием смывки пленка растворяется, а у необратимых покрытий набухает и сморщивается. После того как покрытие достаточно вспучилось, приступают к его снятию. Удаление покрытия можно облегчить, используя щетинную щетку (с коротким волосом). Щетку смачивают смывкой и протирают ею набухший участок покрытия, отделяя его от поверхности. Очищенную поверхность протирают хлопчатобумажными салфетками, смоченными уайт-спиритом, для удаления остатков покрытия и парафина, содержащегося в смывке. Если на отдельных участках покрытие не отделяется от поверхности, операцию смачивания смывкой повторяют.

Удаление набухшего покрытия металлическими щетками или скребками не допускается; для этих целей могут быть применены шпатели из фанеры, текстолита, органического стекла и т. п. После снятия покрытия с поверхности удаляют продукты коррозии легкой зачисткой наждачной бумагой № 4 или № 5 и тщательно протирают эти места салфеткой, смоченной уайт-спиритом. Особое внимание должно быть обращено на полное удаление со смывтой поверхности следов парафина.

Технология ремонта. В практике эксплуатации возможны следующие изменения покрытий:

1. Наличие на поверхности сероватого налета. Для его удаления всю поверхность промывают 3%-ным водным раствором технического калийного мыла или 1,5%-ным водным раствором ОП-7 или ОП-10, а затем протирают салфетками, смоченными водой и сушат в течение 2 — 2,5 ч. Если имеются масляные пятна, то их удаляют бензином. После сушки поверхность протирают салфетками, смоченными полировочной водой.

2. Меление и выцветание покрытий. Для устранения этого недостатка поверхность промывают, как указано в п. 1, затем ее зачищают наждачным полотном № 5 и удаляют образовавшуюся пыль сухой кистью или обдувают сжатым чистым воздухом, после чего протирают салфетками, смоченными бензином. Краскораспылителем наносят плотный слой перхлорвиниловой или акриловой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К . .	278—285	286—291
Продолжительность сушки, ч	3,0	2,0
Температура сушки, К . .	292—298	299—308
Продолжительность сушки, ч	1,5	1,0

3. Частичное или полное разрушение покрытий. В зависимости от состояния покрытий в этом случае может быть произведен частичный ремонт или полная перекраска. С этой целью всю поверхность протирают сухой салфеткой. Участки лакокрасочного покрытия, плохо сцепленные с металлом, удаляют при помощи деревянного шпателя, края покрытия в местах перехода к оголенному металлу осторожно, чтобы не повредить окисного покрытия, зачищают наждачной бумагой № 5. Для сглаживания отдельных переходов вместо зачистки можно поверхность обрабатывать салфетками, смоченными растворителем Р-5. Затем все покрытие слегка зачищают наждачной бумагой № 4 или № 5 и удаляют образующую пыль сухой кистью или обду-

вают чистым сжатым воздухом. Всю поверхность протирают салфеткой, смоченной бензином, после чего на оголенные участки наносят краскораспылителем грунтовку АК-069 и сушат ее по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К	278—285	286—291
Продолжительность сушки, ч	4,0	2,0
Температура сушки, К	292—298	299—308
Продолжительность сушки, ч	1,5	1,0

После сушки грунтовочного слоя на всю поверхность наносят краскораспылителем первый слой перхлорвиниловой или акриловой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К	278—285	286—291
Продолжительность сушки, ч	4,0	3,0
Температура сушки, К	292—298	299—308
Продолжительность сушки, ч	2,5	2,0

После высыхания первого слоя эмали, имеющиеся на покрытии трещины и неровности зашпатлевывают шпатлевкой ХВ-004 и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К	278—285	286—291
Продолжительность сушки, ч	6	4
Температура сушки, К	292—298	299—308
Продолжительность сушки, ч	3	2

Шпатлевку наносят тонким слоем: если одного слоя недостаточно, то наносят второй слой и сушат по одному из режимов, указанных для первого слоя. После высыхания шпатлевки ее зачищают и удаляют с поверхности образовавшуюся пыль. На зашпатлеванные участки наносят тонкий слой той же эмали, какая была применена для первого слоя, и сушат по указанному выше режиму. Затем на всю поверхность наносят второй слой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К	278—285	286—291
Продолжительность сушки, ч	6	5
Температура сушки, К	292—298	299—308
Продолжительность сушки, ч	4	3

После высыхания грунтовки краскораспылителем наносят два слоя эпоксидно-полиамидной эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К	285—291	292—298	299—308

Продолжительность сушки, ч:

1-го слоя	8	6	5
2-го "	16	12	10

Условия проведения окраски. Надежная защита машин, а также придание им красивого внешнего вида зависит от ряда факторов, среди которых важным является правильное выполнение технологических операций и проведение окраски в условиях, обеспечивающих получение качественных покрытий.

Все малярные и отделочные работы необходимо выполнять в специально оборудованных цехах или малярных мастерских при температуре 285 — 310 К и относительной влажности воздуха 45 — 80%. При температуре выше 310 К и низкой относительной влажности воздуха происходит весьма быстрое улетучивание растворителей (в воздухе при нанесении перхлорвиниловых материалов образуются "нити", и на покрытии получается так называемая "апельсиновая корка" или "шагрень").

Лакокрасочные материалы, применяемые для окраски, должны отвечать требованиям ГОСТ, ТУ, МРТУ. Окраска изделия или конструкции должна осуществляться по заранее составленной развернутой технологической инструкции, утвержденной главным инженером или главным технологом предприятия. При выполнении механических и сборочных работ необходимо соблюдать максимальную осторожность в обращении с окрашенными деталями. В заводской технологии должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия, обеспечивающие сохранность лакокрасочных покрытий.

Чтобы повысить защитные и декоративные свойства термореактивных акриловых, масляно-фенольных, ал-

кидно-меламиновых, пентафталевых и других покрытий, их необходимо сушить при максимально допустимой температуре. Для этих же целей целесообразно сушить при повышенной температуре и эпоксидные лакокрасочные материалы.

При наличии в агрегатах неметаллических деталей (резиновых, поливинилхлоридных, герметиков и др.) температура сушки не должна превышать температуру нагревания, допускаемую для указанных деталей.

Подготовка собранных изделий к окраске. После сборки изделий из предварительно лакированных или загрунтованных одним слоем грунтовки деталей их поверхности, как правило, загрязнены, а головки заклепок незагрунтованы. Прежде чем приступить к дальнейшей окраске, наружные и внутренние поверхности тщательно очищают от загрязнений, для чего их промывают последовательно теплой мыльной водой (3%-ным раствором технического калийного мыла), а затем чистой водой. Промытые поверхности сначала протирают сухими хлопчатобумажными салфетками, потом салфетками, смоченными бензином БР-1 или уайт-спиритом. Аналогичным образом можно обезжиривать перед окраской незагрунтованные и нелакированные ранее изделия. В этом случае для обезжиривания, кроме бензина или уайт-спирита, могут быть применены смеси органических растворителей 645, Р-4, Р-5 и др.

Перед окончательной лакировкой или окраской должны быть удалены все имеющиеся дефекты на покрытиях (потеки, шагрень, шероховатость), а также возможные остатки других материалов (клея, герметики). Для этого поверхности зачищают наждачной бумагой № 3,4 или № 5 с последующей протиркой чистыми салфетками, не оставляющими ворс. В случаях когда наружные поверхности окрашивают эмалями, предварительно грунтуют головки заклепок.

Известные затруднения вызывает получение достаточно гладких по-

крытий при нанесении краскораспылителем быстровысыхающих лаков и эмалей, и, в частности, акриловых и перхлорвиниловых. При нанесении быстровысыхающих лакокрасочных материалов краскораспылителем давление воздуха, поступающего для распыления, должно быть $2,5 \cdot 10^6$ — $3,5 \cdot 10^6$ Па, расстояние от окрашиваемой поверхности до краскораспылителя 250 — 300 мм.

В результате неправильной технологии нанесения лакокрасочных материалов на покрытиях могут возникнуть некоторые дефекты.

Различные оттенки цвета покрытия при применении одного и того же лакокрасочного материала получаются при плохом перемешивании материалов перед нанесением, так как готовые к употреблению лакокрасочные материалы склонны к образованию осадков.

Пузыри в покрытии образуются при сушке лакокрасочных материалов при повышенной температуре без предварительной выдержки на воздухе, при нанесении покрытий на влажную поверхность, при нанесении нового слоя на недостаточно высохший слой, а также при попадании воды в окрасочный материал. Отслаивание покрытий может происходить в результате недостаточного обезжиривания поверхности, плохой очистки воздуха, применяемого для распыления, от масла и воды, пересушки грунта или промежуточного слоя лакокрасочного материала.

Проникновение нижнего слоя лакокрасочного материала через верхний слой может быть вызвано недостаточной сушкой нижнего слоя или наличием в верхнем слое сильнодействующих и медленно улетучивающихся растворителей. Поматовение покрытия может произойти в тех случаях, когда лакокрасочный материал содержит большое количество воды или покрытие высыхает при низкой температуре.

Шагрень образуется на акриловых покрытиях в результате нанесения излишне толстых слоев лака или эма-

ли. Следует иметь в виду, что покрытия акриловыми лакокрасочными материалами склонны к образованию незначительной шагрени после нанесения последующих слоев.

Охрана труда и техника безопасности. Лакокрасочные материалы, применяемые в промышленности для защиты различных изделий, относятся к легковоспламеняющимся и горючим жидкостям.

Окраска изделий должна осуществляться в специально оборудованном помещении при обязательном выполнении правил по технике безопасности и производственной санитарии и соблюдении противопожарных мероприятий.

1. Внутренние поверхности стен подготовительных и окрасочных отделений должны быть оштукатурены и окрашены светлой масляной краской. Санитарно-техническое оборудование (приборы отопления, трубопроводы и пр.) должно иметь гладкую (для удобства очистки) окрашенную поверхность. Полы окрасочных цехов должны быть несгораемыми, ровными и уборка их не должна вызывать затруднений.

2. Все подготовительные работы (доведение лакокрасочных материалов до рабочей вязкости, фильтрация и т. д.) должны выполняться только в раздаточно-подготовительном отделении, оборудованном в соответствии с требованиями по технике безопасности и пожарной безопасности.

3. К рабочему месту лакокрасочные материалы необходимо доставлять в готовом для употребления виде в количестве, не превышающем сменной потребности. Материалы следует хранить в плотно закрытой таре.

4. Хранение пустой тары в рабочих помещениях запрещается; использованные промасленные тряпки и ветошь во избежание самовоспламенения следует складывать в металлические ящики с закрывающимися крышками и в конце смены удалять из помещения.

5. Кисти, щетки, валики и краскораспылители необходимо очищать от остатков лакокрасочных материалов и хранить в закрытых сосудах под вытяжкой или в вентилируемых металлических шкафах.

6. Крупногабаритные и тяжелые изделия несерийного производства в виде исключения и по особому разрешению Главного санитарно-эпидемиологического управления допускается красить в сборочном цехе на месте сборки при соблюдении следующих условий:

- огнестойкости помещения;
- выключении на время окрасочных работ всех видов оборудования, вызывающего образование искр (электрических подъемных устройств, паяльных ламп и др.);

- прветривании цеха во время работы и по окончании ее;

- наличии необходимых средств огнетушения на участке, где проводится окраска;

- снабжении маляров-пульверизаторщиков средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

7. При проведении окрасочных работ в цехе должно одновременно находиться не менее двух человек.

8. Рабочих, производящих окрашивание изделий, следует обеспечивать спецодеждой по установленным нормам.

9. Маляров-пульверизаторщиков, работающих в зоне образования лакокрасочного тумана, для защиты органов дыхания следует снабжать масками с подачей очищенного в специальном фильтре и подогретого (в зимний период) воздуха или респираторами, обеспечивающими защиту от тумана и паров растворителей.

10. При выполнении малярных работ, связанных с сильным загрязнением рук, рекомендуется пользоваться пастой для защиты рук.

11. При проведении окрасочных работ необходимо соблюдать "Правила и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и промышленной санитарии для окрасочных цехов".

12. При работе с эпоксидными лакокрасочными материалами необходимо соблюдать санитарные правила.

В гальванических цехах при восстановлении изношенных деталей машин применяют кислоты, щелочи и вещества, оказывающие вредное действие на организм человека. Поэтому обязательным условием при работе с ними является строгое соблюдение требований по охране труда:

своевременное удаление из цеха паров, газов избыточной влажности и пыли путем создания общей и местной приточно-вытяжной вентиляции;

применение в цехе парового или водяного отопления и поддержание температуры в помещении в пределах 228 — 291 К;

обеспечение достаточной площади цеха и его высоты, которая должна быть не менее 5 м; пол помещения должен быть выложен метлахской плиткой, а стены на высоту 1,5 — 2 м от пола — керамической плиткой;

для работы с вредными электролитами необходимо одевать исправную спецодежду и спецобувь (резиновые перчатки, сапоги, фартук и очки).

Приточный воздух должен подаваться не ниже 2,5 — 3 м от пола равномерно через воздухораспределители, которые обеспечивают подвижность его со скоростью не более 0,3 м/с. Вытяжная вентиляция должна выключаться не менее чем за 15 мин после окончания работы. Все ванны с раствором, которые выделяют вредные вещества, после окончания работы следует закрывать специальными крышками.

Необходимо систематически очищать каналы и бортовые отсосы от различных загрязнений, засоряющих вентиляционную систему, не реже одного раза в 6 мес проводить анализ воздуха на содержание ядовитых газов, паров и пыли.

При операциях фильтрации, переливания и корректировки электролитов необходимо пользоваться защитными очками для предохранения глаз от попадания брызг. Во время

приготовления кислых электролитов следует лить кислоту в воду, а не наоборот. При засыпке сухих химикатов в ванны необходимо надевать противопыльные респираторы. Соли и кислоты в электролит следует добавлять мелкими порциями. При переливании электролита следует выключать ток и оберегать себя от попадания брызг раствора на тело и одежду.

При работе необходимо применять резиновую обувь, перчатки и фартуки. В помещении должны устанавливаться фонтанчики с водой для обмывки кожных покровов, на которые может случайно попасть электролит.

Сточные воды после мойки деталей следует пропускать через очистные сооружения.

При работе с полимерными материалами воздух может загрязняться парами или пылью, обладающими повышенной ядовитостью, поэтому помещение должно иметь вытяжную и приточную вентиляцию, а рабочие места — местную вентиляцию. Полимерные материалы должны храниться в минимальном количестве при хорошей вентиляции складов. Рабочее место следует оборудовать вытяжной вентиляцией. Размещение, приготовление и транспортирование полимерных материалов и составов должны быть по возможности механизированы и изолированы от основного производства.

Подтеки и излишки пластмасс с изделий необходимо снимать в полиэтиленовых перчатках на бязевой основе бумагой, затем ветошью, смоченной в растворителе. В качестве растворителей нельзя применять бензол, толуол, четыреххлористый углерод и другие токсичные растворители.

При нанесении пластмассы на изделие кистями, шпателями или лопатками их надо снабжать защитными металлическими экранами или из плотного картона, обеспечивающего защиту рук рабочего. Руки следует мыть не только во время перерывов и после окончания работы, но и немедленно после случайного загрязнения полимерными материалами.

12.1. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Механическая обработка деталей при ремонте является не только способом восстановления, как, например при ремонте под ремонтный размер, но и необходимой стадией предварительной обработки для придания детали правильной геометрической формы, снятия дефектного слоя, специальной подготовки поверхности под нанесение различного рода покрытий, а также как окончательная стадия обработки восстанавливаемых деталей. Длительное время операциям механической обработки деталей до номинальных размеров при восстановлении уделялось гораздо меньше внимания, чем операциям нанесения покрытий на изношенную поверхность. При этом методы, приемы и режимы обработки деталей переносились из области изготовления в область восстановления. В то же время, механическая обработка в условиях ремонтного производства имеет ряд специфических особенностей — отсутствие или износ первичных технологических баз, нестабильность физико-механических свойств, например твердости по поверхности восстанавливаемых деталей и припусков на обработку, значительная твердость и хрупкость большинства видов покрытий, широкая номенклатура обрабатываемых деталей.

Точность обработки деталей во многом зависит от правильного выбора установочных баз и применяемых приспособлений. При восстановлении деталей желательно использовать те же базы, что и при их изготовлении. Однако ввиду их повреждения или уничтожения это условие выполнить нельзя. В этом случае установоч-

ные базы исправляют или выбирают новые. При выборе новых установочных баз необходимо исходить из условия обеспечения требований технических условий по точности, положению осей и поверхностей детали в узле, качеству обработки. Выбранные базы должны гарантировать надежное крепление и минимальные деформации детали. В качестве установочных баз следует использовать поверхности, которые изготовлены с повышенной точностью и в процессе работы были подвергнуты минимальному износу и деформации. Целесообразно в качестве технологических баз принимать поверхности больших размеров, что обеспечивает точность базирования и закрепления вторичной заготовки в приспособлении. У деталей, не подвергающихся полной обработке, установочными базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые не обрабатываются, что обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.

В случае если у вторичной заготовки обработке подвергаются все поверхности в качестве технологических баз для первой операции целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками, чтобы при дальнейшей обработке восстанавливаемой детали исключить возможность появления на них "чернот". База для первой операции должна выбираться с учетом обеспечения наилучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве технологических баз.

При выборе баз для чистовой обработки необходимо учитывать, что наибольшая точность обработки дости-

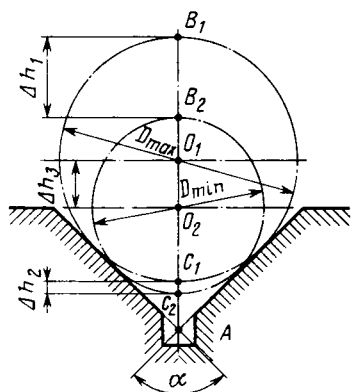


Рис. 12.1. Влияние угла призмы на точность установки

гается при соблюдении принципа единства баз, т. е. при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же базовых поверхностей. Кроме того, целесообразно соблюдать также принцип совмещения баз, согласно которому в качестве базовых поверхностей используют конструкторские и измерительные базы. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю. Базы для финишной обработки должны обладать наибольшей точностью размеров и геометрической формы, а также наименьшей шероховатостью. Они не должны деформироваться в процессе механической обработки.

Необходимо отметить, что при ремонте автомобилей используются не только детали с номинальными размерами, но и детали, имеющие допустимый износ, величина которого назначается исходя из условия возмож-

ности расширения той или иной посадки сопряжения. При этом не учитываются погрешности базирования и возможного отклонения в заданной точности обработки. Использование деталей с допустимым износом расширяет начальные посадки сопряжений в результате увеличения допусков сопрягаемых деталей, что вызывает повышение погрешности базирования и, как следствие этого, снижение точности обработки.

Выбор технологических баз при различных видах механической обработки рассмотрим на ряде примеров.

При восстановлении фрезерованием шпоночных пазов под увеличенный размер шпонок, а также при фрезеровании шлицев после наплавки и токарной обработки базирование ряда деталей осуществляется на призму по цилиндрической поверхности шейки вала с допустимым износом. Известно, что погрешность базирования при установке на призму цилиндрической поверхности зависит от допуска на диаметр цилиндра, угла призмы и положения конструкторской базы. Погрешность базирования Δ_b на призме может быть найдена при рассмотрении положения двух валов из партии деталей с допустимым износом диаметров D_{max} и D_{min} (рис. 12.1). Расстояния между верхними образующими валов Δh_1 , нижними образующими Δh_2 и осями валов Δh_3 являются погрешностями базирования соответствующих размеров h_1 , h_2 и h_3 при установках по схемам, приведенным на рис. 12.2, а, б, в и в табл. 12.1, где даны значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3 для различных углов призмы:

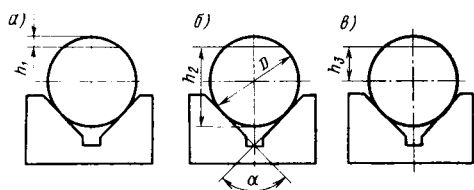


Рис. 12.2. Варианты расположения конструкторской базы при установке деталей на призму

$$\Delta_{b1} = \Delta h_1 = \delta_D 1 + \sin \frac{\alpha}{2} / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_1 \delta_D;$$

$$\Delta_{b2} = \Delta h_2 = \delta_D 1 - \sin \frac{\alpha}{2} / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_2 \delta_D;$$

$$\Delta_{b3} = \Delta h_3 = \delta_D 1 / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_3 \delta_D;$$

где δ_D — допуск на диаметр вала ($\delta_D = D_{max} - D_{min}$).

Из приведенных зависимостей следует, что с расширением допуска, т. е. с увеличением допустимого износа, погрешность базирования возрастает.

При установке деталей в приспособлениях по изношенному цилиндрическому отверстию на жесткую оправку (например, при обработке отверстий в ступицах колес при восстановлении их способом дополнительных деталей) погрешность базирования также возрастает в результате увеличения зазора между базовым отверстием и оправкой. В этом случае погрешность базирования

$$\Delta_6 = S_{\max} = S_{\min} + \delta_A + \delta_B,$$

где $S_{\max}$, $S_{\min}$ — соответственно максимальный и минимальный зазоры между отверстиями детали и оправки; δ_A — допуск на диаметр отверстия; δ_B — допуск на диаметр оправки.

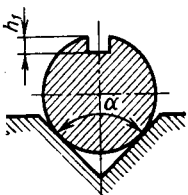
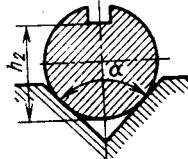
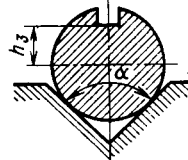
Точность обработки δ_d при рассматриваемых условиях снижается, что видно из следующей зависимости:

$$\delta_d = \delta_{np} + \sqrt{\Delta_3^2 + \Delta_y^2},$$

где δ_{np} — допуск на неточность изготовления установочных элементов приспособления, влияющий на качество обработки детали; Δ_3 — сумма погрешностей, зависящая от принятого метода обработки (экономическая точность); Δ_y — погрешность установки; $\Delta_y = \Delta_6 + \Delta_3$ (Δ_3 — погрешность закрепления).

Большое число различных валов, крестовин дифференциала, а также других деталей обрабатывают в центрах. При износе центровых гнезд просадка центров возрастает, что увеличивает погрешность Δl базирования в осевом направлении, так как $\Delta l = \Delta_c$, где Δ_c — значение просадки центров. Износ центров имеет существенное значение особенно там, где необходимо выдерживать линейные размеры шеек валов, не говоря уже о том, что во всех случаях обработка деталей с предварительно невосстановленными центрами недопустима, так как приводит к браку изделий. При использовании плавающего центра погрешность базирования равна нулю.

Т а б л и ц а 12.1. Значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3

Эскиз	Коэффициент	Значение коэффициента для угла призмы, град			
		60	90	120	180
	k_1	1,5	1,21	1,08	1,0
	k_2	0,5	0,21	0,0	0
	k_3	1,0	0,7	0,58	0,5

При восстановлении отверстий под наружные кольца подшипников качения в картерах коробок передач и редукторах установка последних осуществляется на плоскость и два пальца. Погрешность базирования в этом случае возникает из-за смещения детали в направлении продольной и поперечной осей или перекоса в плоскости базирования относительно осей пальцев. Погрешность базирования в направлении осей $\Delta_{61} = \Delta_{62} = S_{\max}$.

Наибольший возможный угол перекоса находится по тангенсу угла

$$\operatorname{tg} \alpha = (S_{1\max} + S_{2\max}) / l,$$

где α — угол, образуемый в результате перекоса осей; $S_{1\max}$, $S_{2\max}$ — максимальные зазоры в сопряжении с первым и вторым пальцами; l — расстояние между центрами базовых отверстий.

Для повышения точности базирования одному из пальцев придают ромбическую форму.

При установке деталей в цанговые патроны влияние допустимых износов не сказывается на погрешности базирования, так как в радиальном направлении она равна нулю.

По всем этим причинам механическую обработку деталей необходимо начинать с исправления базовых поверхностей, а при использовании в качестве баз рабочих поверхностей деталей ориентироваться на неизношенные участки. При исправлении базовых поверхностей можно использовать другие базы, связанные с исправляемой базой жесткими размерами и другими требованиями.

При восстановлении деталей на их изношенные поверхности необходимо нанести определенный слой материала. Толщину наносимого слоя $A_{\text{сл}}$ выбирают с учетом износов деталей и припуска на последующую механическую обработку. Толщину определяют как разность между номинальным размером новой P_n и изношенной детали P_n с учетом припуска на последующую обработку $Z_{\text{пр}}$:

$$A_{\text{сл}} = (P_n - P_n) + Z_{\text{пр}}.$$

Разность $P_n - P_n = \Delta I$ и есть износ детали. Тогда $A_{\text{сл}} = \Delta I + Z_{\text{пр}}$.

Образованный в процессе восстановления припуск есть слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов при восстановлении данного элемента детали. Различают припуски для внешних и внутренних поверхностей восстанавливаемых деталей. В процессе восстановления возможно симметричное и асимметричное образование припуска на обработку.

Погрешности геометрических форм — эллиптичность, гранность, волнистость, выпуклость, вогнутость и т. п. — должны укладываться в поле допуска на размер восстанавливаемого элемента детали, который учитывают при установлении припуска на обработку.

Пространственные отклонения — изогнутость, смещение и увод осей,

непараллельность, перпендикулярность осей и поверхностей, отклонения от взаимного положения элементов детали — не связаны с допуском на размер и их следует учитывать при определении припуска отменно в тех случаях, когда такие погрешности имеются.

Увеличение припуска, компенсирующее все пространственные отклонения, обозначим через $\Sigma \Delta a$. Необходимо учитывать и погрешность установки восстанавливаемой детали при выполняемом переходе $\varepsilon_{\text{ЗВ}}$.

Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска, является его дефектный слой C_d (рис. 12.3). Глубина дефектного слоя, мм, зависящая от способа и режимов восстановления деталей:

Металлизация:	
плазменно-дуговая	0,02—0,05
электродуговая	0,5—1
газовая	0,02—0,05
высокочастотная	0,025—0,05

Наплавка:

электродуговая:

автоматическая под слоем флюса	0,2—0,5
порошковыми проволоками	1,2—2,4
в среде защитных газов	0,4—0,8
в среде водяного пара	0,5—1
электроимпульсная	0,2—0,4
вибродуговая	0,2—0,5
ручная (электродами)	0,5—1
плазменная	0,05—0,1
индукционная	0,15—0,3
газовая	0,25—0,5
электрошлаковая	1—2

Электролитическое осаждение:

хромирование	0,02—0,03
железнение (осталивание)	0,03—0,05
никелирование	0,02—0,03

Нанесение полимерных материалов:

напылением:

газопламенным	0,35—0,7
в электростатическом поле	0,02—0,05
в псевдосжиженном слое	0,02—0,06
литьем под давлением	0,15—0,21
заливкой жидким металлом	1—2,5

Промежуточный припуск, мм, на механическую обработку в процессе восстановления поверхностей деталей при симметричном припуске

$$2Z_B \geq \sigma_a + 2(H_a + C_d) + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{\text{ЗВ}},$$

где σ_a — допуск на размер предшествующего перехода, мм; H_a — наибольшая высота поверхностных микронеровностей, мм.

Промежуточный припуск, мм, на механическую обработку при асимметричном припуске $Z_B \geq \sigma_a + H_a + C_d + \Sigma \Delta a + \epsilon_{zB} / 2$.

В тех случаях, когда поверхностный наросший слой восстанавливаемой детали не является дефектным при симметричном припуске,

$$2Z_B \geq \sigma_a + 2H_a + \Sigma \Delta a + \epsilon_{zB},$$

при асимметричном припуске $Z_B \geq \sigma_a + H_a + \Sigma \Delta a + \epsilon_{zB} / 2$.

Толщина материала, наносимого на симметрично изношенные детали $A_{cl} = \Delta H + 2Z_B$, а для несимметрично изношенных $A_{cl} = \Delta H + Z_B$.

Существующие методы восстановления при постоянных режимах обеспечивают относительно одинаковую толщину покрытия. Так как на восстановление поступают детали с разной степенью износа, то при нанесении на изношенные поверхности одинакового слоя материала припуски на их последующую механическую обработку будут различными.

Минимальные припуски z_{min} , мм, при восстановлении деталей сваркой, наплавкой и металлизацией приведены ниже:

Восстановление деталей сваркой и наплавкой:

ручная наплавка	2 — 3
наплавка над слоем флюса	1
электроконтактная наплавка	0,8 — 1
Металлизация	0,4

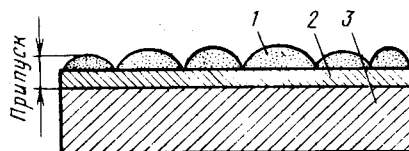


Рис. 12.3. Схема разреза восстанавливаемой детали с образованным на ней припуском и дефектным слоем:

1 — дефектный слой; 2 — качественный слой; 3 — металл восстанавливаемой детали

А минимальные припуски при восстановлении деталей гальванопокрытиями и пластической деформацией приведены в табл. 12.2 и 12.3.

С увеличением припуска возрастает трудоемкость обработки детали резанием. Характер влияния глубины резания t на степень изменения машинного времени обработки T_0 определяется зависимостью $T_0 = f(t)$.

При ремонте деталей под ремонтный размер минимальный припуск

$$z_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + \epsilon_i^2},$$

где Rz_{i-1} — глубина задилов или шероховатость поверхности, соответствующая классу ее чистоты; T_{i-1} — глубина поврежденного слоя; принимается только при наличии цветов побежалости на поверхности детали и может быть принята равной 0,05 мм; P_{i-1} — пространственные отклонения; для вала это биение, для втулки — разностенность; ϵ_i — погрешность установки.

Т а б л и ц а 12.2. Минимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе деталей

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2z = 0,05 + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,072 + 0,9\sqrt{\delta}$
Круглое шлифование в центрах	$2z = 0,07 + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,099 + 0,9\sqrt{\delta}$
Чистовая расточка или внутреннее шлифование	$2z = 0,07 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,099 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\sqrt{\delta}$

Условные обозначения: δ — допуск на выполнение предшествующей операции, мм. Допуск принимают равным допуску на соответствующий диаметр для отверстия A_3 или для вала B_3 ; d — диаметр ремонтируемой поверхности.

Т а б л и ц а 12.3. Минимальный односторонний припуск на механическую обработку, мм, создаваемый при восстановлении детали способом давления

Масса ремонтируемой детали, кг	Припуск на сторону при толщине (высоте), длине или ширине детали, мм										
	до 50	50 — 120	120 — 180	180 — 260	260 — 360	360 — 500	500 — 630	630 — 800	800 — 1000	1000 — 1250	1250 — 1600
<i>Ремонт деталей осаждением, дорнированием, обжатием, вытягиванием</i>											
До 0,25	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	—	—
Свыше 0,25 до 0,63	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	—	—
" 0,63 " 1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	—	—
" 1,60 " 2,50	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	—	—
" 2,50 " 4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	—	—
" 4,00 " 6,30	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1
" 6,30 " 10,00	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
" 10,00 " 16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
" 16,00 " 25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6
" 25,00 " 40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8
" 40,00 " 63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
" 63,00 " 100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5
" 100,00 " 125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8
" 125,00 " 160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1
" 160,00 " 200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5
<i>Ремонт деталей вдавливанием</i>											
До 0,25	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	—
Свыше 0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	0,8	2,1	—	—	—	—	—
" 0,63 " 1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	—	—	—	—
" 1,60 " 2,50	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	—	—	—
" 2,50 " 4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	—	—
" 4,00 " 6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	—
" 6,30 " 10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,8	4,2	4,7	5,4
" 10,00 " 16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	4,9	5,6
" 16,00 " 25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,6	5,1	5,8
" 25,00 " 40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	6,0
" 40,00 " 63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,7	5,1	5,6	6,3
" 63,00 " 100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,2	5,6	6,1	6,8
" 100,00 " 125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,5	5,9	6,4	7,1
" 125,00 " 160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,9	6,3	6,8	7,5
" 160,00 " 200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	6,6	7,0	7,5	8,2

12.2. ОБРАБОТКА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Выбор вида обработки наплавленных поверхностей зависит от их твердости и хрупкости, припуска для уда-

ления дефектного слоя, производительности процессов, требуемой точности. Предварительная обработка деталей после наплавки, как правило, выполняется резцами с пластинами из твердого сплава Т5К10 и Т15К6.

Заточку резцов выполняют с отрицательным передним углом $\gamma=8-10^\circ$, положительным задним углом $\alpha=10-15^\circ$ и главным углом в плане $\varphi=65-75^\circ$. Указанная геометрия резца дает возможность увеличить его износостойкость и прочность в результате улучшения отвода тепла, уменьшения усилия резания и улучшения условий работы режущей кромки.

Значительное влияние на работоспособность резцов и качество наплавленной поверхности оказывает скорость резания. В результате изменения скорости резания можно снизить шероховатость поверхности на 1—2 класса и повысить твердость наплавленного слоя на 15—20 %. При этом глубина наклепа поверхностного слоя будет 120—160 мкм, а глубина распространения остаточных тангенциальных напряжений 150—380 Н/м.

В табл. 12.4 приведены режимы обработки и материалы инструмента для обработки наплавленных поверхностей различной твердости.

Следует отметить, что при обработке наплавленных поверхностей резцами из твердого сплава ТК не всегда удается достичь высокого качества поверхности детали. Так, при электродуговой наплавке порошковой проволокой ГПРН-120 получаемая поверхность имеет макронеровности размером до 1,0—1,5 мм и значительную волнистость. В наплавленном слое вблизи от поверхности имеются раковины, неметаллические включения (флюс, оксиды и т. д.). Из-за специфических условий нанесения и охлаждения наплавленного слоя его твердость неравномерна и колеблется от 34—36 до 46—48 HRC. Применение указанного вида проволоки вызывает значительные трудности из-за низкой обрабатываемости

Т а б л и ц а 12.4. Режимы обработки наплавленных поверхностей

Типовая поверхность	Твердость HRC материала после наплавки	Материал инструмента	Режимы резания			Технологические среды
			скорость, м/с	подача, мм/об	глубина, мм	
Гладкая наружная цилиндрическая	Менее 30—35	Твердые сплавы: Т15К6, Т17К8, ВК60М, СТИМ-3Б	1,5—2,0 2,2—2,8	0,1—0,4 0,1—0,2	2,0—3,0 2,0—3,0	Эмульсол ЭТ-1
	30—45	СТИМ-3Б	1,7	0,2—0,2	1,5—2,5	
	Более 45	ПСТМ, киборит	2,0—2,2	0,2—0,25	1,5—2	Без охлаждения
Прерывистая наружная цилиндрическая	Менее 30—35	Твердый сплав ВК60М	0,7—0,8	0,2—0,4	1,5—2,0	Эмульсол ЭТ-1
	35—45	ПСТМ, киборит	0,8—1,2	0,15—0,2	1,0—1,5	Без охлаждения
Шлицевая, торцевая зубчатых колес	45—62	Киборит	0,7—0,8	0,1—0,15	1,0—1,2	То же
Гладкая внутренняя цилиндрическая	Менее 30—35	Твердые сплавы: Т15К6, Т17К8, ВК60М	1,0—1,5	0,1—0,2	1,5—2,5	Эмульсол ЭТ-1
		СТИМ-3Б	1,5—2,0	0,3—0,4	1,5—3,0	То же

этого материала. Так, при обработке резцами Т15К6 при скорости резания 0,4—0,5 м/с, подаче 0,10—0,12 мм/об и глубине резания до 2,5 мм стойкость резцов не превышала 30 мин. При этом наблюдалось частое разрушение инструмента.

Перспективным является применение в качестве материала инструмента киборита — нового поликристаллического сверхтвердого материала, что, по данным ИСМ АН Украины, позволило существенно увеличить производительность и качество точения. Применение резцов из указанного материала позволило увеличить их стойкость до 120—180 мин при увеличении скорости резания до 1,63—1,83 м/с и подачи до 0,17—0,20 мм/об с прежней глубиной резания.

Для чистовой и отделочной обработки наплавленных покрытий ис-

пользуют шлифование. Как правило, в качестве абразивного материала используют электрокорунд нормальный (Э), белый (ЭБ) и монокорунд (М). При обработке наплавленных поверхностей наибольшей стойкостью обладает абразивный инструмент на бакелитовой и вулканитовой связках.

Детали, восстановленные наплавкой твердыми порошковыми материалами на железной основе, например сормайт, УС-25, ФБХ-6-2, целесообразно обрабатывать шлифованием методом врезания. Наиболее высокие показатели процесса обработки наплавки достигаются при сухом шлифовании. Шлифование без охлаждения жидкостью позволяет вести процесс обработки в условиях разупрочнения обрабатываемого материала в месте контакта круга с восстанавливаемой деталью.

Детали, восстановленные наплавкой сормайтом, целесообразно предварительно обрабатывать шлифовальным кругом из хромистого электрокорунда 34А40СМ16К, а УС-25 и ФБХ-6-2 — шлифовальным кругом из карбида кремния 64С25СМ16К.

Оптимальные значения основных показателей режима черного шлифования: окружная скорость круга, соответствующая наибольшей его стойкости $v_k = 35$ м/с; окружная скорость детали $v_d = 11$ м/мин.

Оптимальные значения скоростей съема металла наплавки, соответствующие минимуму удельной себестоимости:

для сормайта $Q_m = 7$ см³/мин;
 для УС-25 $Q_m = 4$ см³/мин;
 для ФБХ-6-2 $Q_m = 4,5$ см³/мин;
 для ПГ-ХН90СРЗ $Q_m = 3$ см³/мин.

Минутная поперечная подача круга, соответствующая оптимальной скорости съема металла:

$$st_m = Q_m / (\pi DL),$$

где Q_m — оптимальная скорость съема металла наплавки, мм³/мин; D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм; L — длина обрабатываемой поверхности, мм.

Т а б л и ц а 12.5. Минутная поперечная подача st_m

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Частота вращения детали, об/мин	Обрабатываемый материал	Подача st_m , мм/мин, при длине шлифования L_d , мм			
			15	25	35	45
40	95	Сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
50	75	"	3,1	1,85	1,3	1,0
60	65	"	2,6	1,55	1,1	0,87
70	55	"	2,2	1,3	0,96	0,74
80	50	"	1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2 и УС-25	2,2	1,3	1,0	0,74
50	75	То же	1,8	1,0	0,78	0,6
60	65	"	1,5	0,9	0,64	0,5
70	55	"	1,25	0,76	0,54	0,4
80	50	"	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СРЗ	1,6	0,95	0,65	0,55
50	75	То же	1,25	0,75	0,55	0,45
60	65	"	1,05	0,65	0,4	0,35
70	55	"	0,9	0,55	0,4	0,3
80	50	"	0,8	0,45	0,35	0,25

В табл. 12.5 представлены данные минутной поперечной подачи в зависимости от диаметра и ширины шлифования поверхностей, наплавленных различными сплавами.

Шероховатость поверхности можно регулировать, улучшая качество круга, которое при его правке зависит от скорости подачи алмазно-металлического карандаша. Так, при подаче карандаша со скоростью 0,1 мм/об шероховатость поверхности составляет $Ra\ 0,4 - 0,8$, а при скорости 0,2 мм/об — $Ra\ 1,6$. Припуск на окончательную механическую обработку не должен превышать 0,3 мм на сторону.

Чистовую обработку наплавленных поверхностей осуществляют шлифовальным кругом из электрокорунда белого повышенного качества 39А, зернистостью 24 — 40, твердостью СМ2 — С1 с керамической связкой. Для уменьшения шероховатости поверхности и снижения погрешности геометрической формы в конце цикла шлифования предусмотрено выхаживание в течение 0,1 — 0,15 мин. Режимы чистового шлифования наплавленных деталей приведены в табл. 12.6.

В режимах шлифования поверхностей восстановленных контактной наваркой ленты или проволоки особых отличий нет.

12.3. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Чтобы увеличить прочность сцепления газотермических покрытий с основным металлом перед напылением проводят предварительную механическую обработку детали на токарных станках, которая заключается в нарезании рваной резьбы, кольцевых канавок, косой сетчатой накатки поверхности. В данном случае режим обработки и выбор материала инструмента зависят от материала и габаритов детали и от требуемой шероховатости поверхности.

В зависимости от назначения восстанавливаемой детали, требований

Т а б л и ц а 12.6. Режимы чистового шлифования наплавленных деталей

Вид шлифования	Обрабатываемый материал	Твердость НРС	Скорость съема металла, мм ³ /мин	Стоимость круга, мин
Предварительное	Нп-65Г	45—	10 000—	10—
	Нп-30Х	52	12 000	12
	ГСА	42—	8000 —	10 —
		54	10 000	12
Окончательное	Св-08Г	25—	1000—	40 —
	2С	45	1500	50
	Нп-65Г	45—	1000—	40 —
	Нп-30Х	55	1500	50
	ГСА	45—	1000—	40 —
		54	1500	50

П р и м е ч а н и е. Скорость вращения круга составляет 35 м/с. Скорость вращения детали при предварительном шлифовании — 15 — 20 м/мин, при окончательном — 20 — 25 м/мин. Минутная поперечная подача не превышает 0,15 мм/мин.

к шероховатости ее поверхности и точности применяют размерную или безразмерную механическую обработку покрытия. Если разнотолщинность газотермического покрытия превышает допуски, применяют размерную обработку резанием, шлифованием или полировкой. Если необходимо придать напыленной поверхности лишь требуемую степень чистоты, применяют различные виды безразмерной обработки.

Детали с напыленными покрытиями подвергают различным видам механической обработки — точению, шлифованию, сверлению, строганию, хонингованию, а также слесарной опиловке, шабровке, анодно-механической и электроискровой обработке. Механическая обработка металлических покрытий может осуществляться не только в результате съема материала, но и методами пластической деформации — обкаткой роликом, обработкой металлическими щетками, дробью и т. п. Однако своеобразие структуры напыленных покрытий, сложенных из отдельных частиц, обладающих пониженными когезионной прочностью и теплопроводностью и содержащих при напылении на воздухе включения оксидов и нитридов,

требует выбора наиболее целесообразного вида инструмента и использования специальных режимов обработки.

Наиболее часто используют точение и шлифование. Выбор способа и режимов обработки зависит от свойств покрытия и его эксплуатационного назначения.

При токарной обработке покрытий из стали и цветных сплавов (кроме никелевых самодлюсующихся) обычно используют резцы из твердых сплавов ВК2, ВК6, ВК3М, Т15К6 и т. п. При точении плазменных покрытий из тугоплавких оксидов применяют инструмент с механическим креплением четырехгранных твердосплавных пластин марок ВК60М и ВК60М+TiSi или резцовые вставки, оснащенные поликристаллами Эльбор-Р или ПТНБ. Покрытия из самодлюсующихся сплавов успешно обрабатывают резцами из Гексанига-Р и Эльбора-Р.

Исследования режимов точения напыленных покрытий показали целесообразность применения скорости резания в пределах 15—45 м/мин и подачи 0,10—0,15 мм/об при черновой и 0,05—0,08 мм/об при чистовой обточке.

Наиболее распространенным методом механической обработки плазменных покрытий является шлифование. В качестве инструмента в большинстве случаев используют алмазные круги из карбида кремния, реже — корундовые или из эльбора.

При выборе типа алмазных кругов рекомендуют 100—125 %-ную концентрацию алмазного зерна. Высокая концентрация алмаза создает большую поверхность резания, снижает степень нагрева покрытия и обеспечивает более экономичное использование кругов. Обычно используют круги на органической (бакелитовой) или керамической связке.

Достижимая чистота обработки определяется крупностью зерна алмаза. Так, размер зерна АСВ 12 (125—160 мкм) позволяет получить поверхность с показателем шерохо-

ватости $Ra=0,063\div 0,125$ мкм. При крупности зерна АСВ 5 (50—63 мкм) достигается $Ra=0,032\div 0,050$ мкм, при М40 $Ra=0,020\div 0,040$ мкм.

Шлифование должно проводиться с подачей охлаждающей жидкости. Наилучшим вариантом охладителя является вода с добавкой 5 % эмульсола Э-2 при расходе его 0,6—0,85 л/мин. Окружная скорость шлифовального круга — 25—35 м/с; поперечная подача — не более 12,5 мкм за проход; продольная подача не более 2 мм за 1 оборот; окружная скорость вращения или скорость продольного перемещения детали 12—36 м/мин.

Шероховатость поверхности с $Rz=0,04\div 0,08$ мкм можно получить притиранием поверхности после шлифования кругом с зерном АСВ5. Достижимая чистота зависит от крупности применяемых алмазных микропорошков и составляет, например, для покрытия из ВК9 при крупности зерна микропорошка АСМ7 $Rz=0,080\div 0,100$ мкм; при АСМ5 — $Rz=0,04\div 0,08$ мкм; при АСМ2 — $Rz=0,025\div 0,05$ мкм.

Для шлифования покрытий из самодлюсующихся сплавов после термообработки (оплавления) используют круги из зеленого карбида кремния марки КЗ зернистостью М25, М40 и твердостью СМ1 — СТ1, а также из эльбора (ЛПП С10 Л12 100 %-ной концентрации).

Иногда для повышения экономичности процесса используют комбинированную технологию, при которой черновое шлифование проводят алмазными кругами, а чистовое — кругами из карбида кремния.

При сверлении, строгании, фрезеровании или слесарной обработке покрытий технологические приемы должны исключить нагрузку покрытий на растяжение или изгиб. При нарезании резьбы она по возможности должна начинаться в основном металле, для чего покрытие следует раззенковать и снять фаску.

В результате механической обработки в поверхностном слое покрытия возникают пластическая дефор-

мация, наклеп, нагрев, внутренние остаточные напряжения, что приводит к снижению прочности сцепления покрытия с основой (на 15 — 30 %), изменению открытой пористости покрытия (снижение пористости при черновом точении достигает 15 %, при чистовом — 25, при шлифовании — 55 %). В том случае, если необходимо сохранить открытую пористость и достичь высокой чистоты поверхности, может быть использована анодно-механическая обработка.

12.4. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

За последнее время все больше при восстановлении деталей стали занимать электролитические покрытия твердого железа, которые отличаются от других электролитических покрытий недефицитностью применяемых материалов, высокими эксплуатационными свойствами и технико-экономическими показателями.

В то же время механическая обработка деталей, восстанавливаемых твердым железом, представляет определенные трудности, обусловленные специфическими свойствами твердого электролитического железа, которые выражаются его двойственной природой: с одной стороны, это практически чистое железо с содержанием углерода 0,04 — 0,06 %, с другой — высокая твердость, достигающая $H_{\mu} = 5500 — 6500$ МПа и выше. Специфические свойства электролитического железа определяют и своеобразие металла на внешние воздействия при механической обработке, например, температуру и давление.

Механическую обработку твердых железных покрытий выполняют на шлифовальных и в меньшей степени на токарных станках. Особенности физико-механических свойств железных покрытий определяют характер стружкообразования, шероховатость обработанных поверхностей и износ режущего инструмента. Небольшие

припуски на механическую обработку, требуемые при наращивании деталей электролитическим железом, вызывают необходимость применения в процессе обработки небольшие глубины резания $t = 0,15 \div 0,20$ мм и подачи $s = 0,15 \div 0,20$ мм/об.

При обработке на токарных станках коэффициент усадки стружки близок к единице (0,96 — 1,2), что характерно для металлов с повышенной хрупкостью и пониженной вязкостью. Характерной особенностью обработки твердого железа является уменьшение силы резания P_z с увеличением скорости резания и снижением подач. Необходимо отметить, что минимальное значение P_z принимает при переднем угле заточки $\gamma = -2^\circ — 0^\circ$, главным заднем угле $\alpha = 7^\circ — 10^\circ$, углах в плане $\varphi = 35^\circ — 40^\circ$ и $\varphi_1 = 10^\circ$ и радиусе закругления резца при вершине 0,5 — 0,8 мм.

Резцы при обработке твердого железа желательно затачивать на универсально-заточных станках алмазными чашечными кругами АЧК или плоскими кругами АПК. Зернистость алмазных кругов 125/100 — 80/63, органическая связка Б1 (карбид бора, кульверкарбит). В качестве материала для режущего инструмента целесообразно применять Т30К4, Эльбор-Р и Гексалит-Р.

Точение не во всех случаях обеспечивает требования по точности и шероховатости восстановленных твердым железом деталей. Более производительным методом обработки, обеспечивающим высокую точность и малую шероховатость обрабатываемых поверхностей, является шлифование.

Для обработки шлифованием твердого электролитического железа характерна работа абразивных кругов с притуплением. Возрастает округлость граней у зерен. Эта особенность проявляется в росте усилия резания на 40 % (при переходе с абразивных кругов твердости СМ1 на твердость СТ1) при постоянстве условий обработки. С повышением твердости абразивных кругов наблюдается пере-

ход работы круга из области работы с притуплением в область работы круга с налипанием обрабатываемого металла на режущих гранях зерна, чем и объясняется рост шероховатости обрабатываемой поверхности твердого железа Ra . Наиболее рациональным абразивным кругом является круг 33A40CM2K. Для получения поверхностей с шероховатостью $Ra=0,16 \div 0,32$ мкм (также шлифованием) целесообразно применять круги 24A25CM2K.

Поперечная подача $s_{\text{поп}}$ оказывает влияние на внедрение зерен круга в металл. Увеличение контакта круга с деталью способствует возрастанию температурных полей, что снижает качество поверхности. Увеличение поперечной подачи с 0,005 до 0,025 мм вызывает рост температуры в 1,75 раза, интенсивность разупрочнения поверхностных слоев и шероховатость поверхности увеличиваются в 2,9 раза, а режущая способность абразивного круга — в 1,77 раза. При этом повышается нагрузка на абразивное зерно, оно глубже проникает в обрабатываемый материал. Это сопровождается ростом температурных полей в обрабатываемом материале до 400 — 435 °С и разупрочнением поверхностных слоев на 10 — 13 %. Необходимо отметить, что применять при шлифовании продольные подачи свыше 0,012 мм нецелесообразно из-за ухудшения качества поверхностного слоя электролитического покрытия.

В качестве СОЖ при шлифовании твердого железа целесообразно применять 1 %-ный раствор соды в воде, который наибольшим образом понижает температуру в зоне резания.

12.5. ОБРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Одной из важнейших предпосылок высокого качества синтетических покрытий является соответствующая подготовка поверхностей восстанавливаемых деталей. Наиболее важным является влияние шероховато-

сти на прочность покрытия. По мере ее увеличения прочность сцепления увеличивается как следствие увеличения площади контакта между основным металлом и покрытием. В то же время, прочность сцепления заметно снижается, если расплавленный материал из-за малой текучести не способен заполнить углубления шероховатой поверхности.

Поверхности восстанавливаемых деталей подготавливают при помощи токарной обработки или шлифования. Обработку на токарных станках проводят без применения охлаждающей жидкости, чтобы избежать загрязнения детали. При помощи шлифования подготавливают поверхности, имеющие твердость HRC 50 — 60.

Долговечность покрытий в значительной мере зависит от равномерности толщины слоя. На срок службы покрытия тела вращения (с максимальной овальностью 0,01 — 0,03 мм) существенным образом влияют не только подготовка поверхности, но и точность обработки под номинальный размер. Неравномерная толщина слоя является источником внутренних напряжений, в результате которых происходит отслоение покрытий. Это вредное явление наблюдается главным образом у покрытий, нанесенных на стенки отверстий, в тех местах, где диаметр сверления изменяется ступенчато.

Перед обработкой под номинальный размер, выполняемой после нанесения покрытия, для точного центрирования и базирования детали в станке необходимо проверить центровые отверстия и базы, удалить случайные наплывы пластмассы, не повредив металлическую основу. Нанесение покрытий всегда целесообразно выполнять таким образом, чтобы центровые отверстия оставались совершенно чистыми. Если они находятся вблизи покрываемых поверхностей, то их следует прикрывать. С края поверхности, покрытой пластмассовым слоем, который при сборке должен соответствовать точной по-

садке детали, в процессе доводки до номинального размера (вала и отверстия) должна быть снята фаска $30^\circ \times 3$ или $30^\circ \times 5$ мм для предупреждения перекосов при сборке.

Режим обработки резанием термопластов (в том числе покрытий из полиамида) зависит от температуры плавления материала. Параметры заточки режущего инструмента и скорость резания отличаются от условий, характерных для металлов. Общее правило — режущий инструмент должен контактировать с обрабатываемым материалом на возможно меньшей поверхности и возможно меньшее время.

Охлаждение режущего инструмента:

при токарной обработке — только воздушное охлаждение или вообще без охлаждения (чтобы иметь возможность вторичного использования стружки);

при шлифовании — обильная струя охлаждающей эмульсии.

Максимальное сечение стружки ограничивается лишь допустимым усилием резания, которое зависит от подачи и глубины резания, материала заготовки, ее формы, способа закрепления детали и жесткости резца.

Предел прочности при растяжении полиамидов — $60 - 120$ Н/мм², а металлов (от чугунного литья до стальных сплавов) — $120 - 150$ Н/мм². Из этого следует, что определением площади сечения стружки при обработке пластмасс можно пренебречь. При черновом обтачивании необходимо подбирать наибольшее сечение с такой глубиной резания, чтобы до достижения припуска для чистового обтачивания требовалось минимальное число проходов. При значительной глубине резания следует применять малые скорости вращения.

К пластмассовым покрытиям могут быть применены, как правило, те способы и виды обработки, которые используются для металлов. Весьма важным моментом является центрирование детали. Ее необходимо закреплять в старых центровых отвер-

стиях, чтобы толщина покрытия была везде одинаковой.

Наиболее распространенным способом обработки пластмассовых покрытий до номинальных размеров является точение.

Частоту вращения токарного станка следует устанавливать в каждом отдельном случае, согласуясь с формой детали и принимая во внимание скорость резания, необходимую для обработки. Для трех основных групп деталей рекомендуются следующие режимы:

для фасонных, несбалансированных частота вращения станка $n=200 \div 400$ об/мин, скорость резания $v=100 \div 300$ м/мин;

для фасонных, среднесбалансированных $n=400 \div 630$ об/мин, $v=100 \div 400$ м/мин;

для сбалансированных тел вращения $n=630 - 1800$ об/мин, $v=100 \div 800$ м/мин.

Для обработки деталей, относящихся к первым двум группам, целесообразно изготовлять зажимные приспособления, которые помимо центрирования позволяют сбалансировать неравномерное распределение массы и избежать резонансных биений даже при высокой частоте вращения. Нельзя превышать рекомендуемые значения скоростей резания, ибо увеличение скорости резания на 5 % приводит к сокращению срока службы инструмента на 20 — 40 %.

Достаточно хорошее качество поверхности покрытия может быть получено резцами со следующими углами заточки:

главный задний угол $\alpha=10 \div 15^\circ$; вспомогательный задний угол $\alpha_1=6 \div 8^\circ$; передний угол $\gamma=20 \div 30^\circ$; радиус при вершине резца $r=0,5 \div 1$ мм (полированный).

При обработке твердых вязких материалов, при небольшой рабочей подаче и при обработке пластмасс целесообразно переднему углу придавать отрицательное значение на длине 1 мм и режущую кромку полировать. Отрицательный угол усиливает

режущую кромку и вершину резца. При обточке деталей, поверхность которых не является непрерывной, угол наклона всегда должен быть отрицательным, что избавляет вершину резца от ударов. При отрицательном угле режущей кромки создается усилие, направленное не на изгиб, а на сжатие, в результате чего снижается вибрация, обусловленная эластичностью материала. Твердосплавный материал при сжатии выдерживает в 5 раз большую нагрузку, чем при изгибе. Придав отрицательное значение переднему углу, предупреждают разрушение головки резца.

Рекомендуемое сечение резца — 20×20 мм, расстояние между вершиной резца и местом крепления должно находиться в пределах 20 — 50 мм. При большем выносе необходимо увеличить сечение резца; в противном случае даже при обработке пластмассы резец может получить недопустимую вибрацию.

Известны следующие способы крепления обрабатываемых деталей:

токарная обработка детали в поводковом хомуте между двумя центрами обеспечивает наилучшее центрирование. Иначе при обтачивании длинных, пустотелых деталей или деталей с малым диаметром появляется сильная вибрация;

зажим детали в патрон с использованием центра обеспечивает более прочное закрепление детали. Этот способ может быть применен только в том случае, если перед нанесением покрытия была подготовлена база для точной установки детали;

зажим детали лишь в патрон применяют при обработке коротких изделий большого диаметра.

Шероховатость поверхностей, обеспечиваемая точением, зависит от многих факторов. К ним, в частности, относится установка резца относительно оси обрабатываемого изделия, которая изменяет значения углов резания. Эффективность углов резания определяется положением инструмента относительно оси обрабатываемой детали (в зависимости от

того, зажимается ли резец выше или ниже осевой линии).

Передний и задний углы резца изменяются следующим образом;

если резец расположен выше осевой линии, то угол γ будет больше, а угол α меньше;

если резец располагается ниже осевой линии, то меньше будет угол γ и больше угол α .

Чистовое точение под номинальный размер (или тонкое растачивание) необходимо для пластмассовых покрытий. Цель чистовой обработки — обеспечение заданных формы, допусков и шероховатости поверхности. Предъявляемые требования обычно могут быть выполнены только при малых силах резания, т. е. при малых его глубине, подаче и соответствующем радиусе при вершине резца.

На пластмассовых покрытиях нецелесообразно создавать зеркально гладкую поверхность. Обработка поверхностей, совершающих прямолинейные движения, шлифовальной шкуркой строго запрещена, поскольку отделяющиеся абразивные частицы проникают в толщу мягкого (податливого) материала, что при эксплуатации приводит к ускоренному износу поверхности контртела. В результате подбора целесообразного вида обработки пластмассового покрытия имеется возможность повысить способность смазочного вещества удерживаться на поверхности детали, что исключает сухое трение и облегчает приработку валов и подшипников.

Высота шероховатостей $h_{\max}$ уменьшается при увеличении скорости резания. При небольшой скорости резания материал начинает прилипать к резцу, в то время как при значительной скорости резания поверхность плавится, и стружка обламывается.

Шероховатость поверхности в микронах

$$h_{\max} = s^2 / (8r),$$

где s — подача, мм/об; r — радиус при вершине резца, мм.

Шероховатость поверхности растёт с увеличением подачи и уменьшается с увеличением угла резания.

При обработке синтетических покрытий шлифованием необходимо учитывать, что предпочтительными являются круги, изготавливаемые из электрокорунда или карбида кремния на керамической связке с плотностью 3 — 5. Диаметр круга — 300 — 400 мм, ширина — 35 — 60 мм.

Рекомендуемые технологические параметры: скорость круга — 20 — 40 м/с, скорость обрабатываемой поверхности детали — 20 — 30 м/мин, глубина резания — 0,008 — 0,015 мм. Допускается применять малую глубину резания, в противном случае в результате сильного нагрева пластмассовое покрытие может отслоиться от металлической поверхности.

Осевая подача на один оборот детали $s=(0,4—0,8)B$, где B — ширина шлифовального круга.

Тонкое (алмазное) точение значительно более рентабельно, чем шлифование. С его помощью можно обеспечить шероховатость поверхности, отвечающую как монтажным, так и эксплуатационным требованиям. Прибегать к шлифованию допускается в исключительных случаях.

Окончательно обработанные детали подвергают тщательному контролю. С поверхностей резб, отверстий, монтажных поверхностей (например, с поверхностей скольжения, из проточек для масла и консистентного смазочного материала, шпоночных пазов и т. д.) удаляется случайно попавшая пластмасса. Натекий в отверстие для смазочного материала расплав можно удалять сверлением, но так, чтобы не повредить покрытие. При зенковании необходимо следить за тем, чтобы не затронуть металлическую поверхность, поскольку нарушение сплошности может привести к отслоению покрытия. У деталей, имеющих отверстия для смазочного материала, переходящие в плоский сазконакопитель, сплошность покрытия тока не должна быть нарушена.

Смазочные канавки обычно выполняют на детали еще до нанесения покрытия, чтобы после этой операции проводить окончательную (по размеру) обработку, не обнажая металлической поверхности.

Для правки резбь целесообразно использовать метчики и плашки, поскольку при очистке скребком или металлической щеткой резба может быть нарушена.

12.6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

К перспективным способам механической обработки восстанавливаемых деталей следует отнести абразивно-лезвийную обработку, заключающуюся в разупрочнении наплавленного металла. Источником нагрева является специальный абразивный круг, работающий в режиме самозатачивания с дополнительным выделением тепла в контактную зону и расположенный таким образом с учетом режима резания лезвия. Это обеспечивает местный прогрев на глубину, не превышающую глубины резания. Оптимальные условия нагрева соответствуют минимальному теплоотводу в обрабатываемую деталь, и, что особенно важно, тепло нагрева не поступает к передней поверхности резца (рис. 12.4).

В результате смещения круга по его высоте (на $1/3—1/2$ по отношению к поверхности резания резца) удаляется корка наплавленного металла, что позволяет вести резание восстанавливаемых деталей твердосплавным инструментом.

Обрабатывают детали кругами горячего прессования ЭФ МПС с характеристикой: ПП150×20×32, 38А200ВТБ. Резец, оснащенный напайкой пластиной из твердого сплава ВК8, имеет следующие геометрические размеры, главный передний угол $\gamma=0$; главный задний угол $\alpha=8^\circ$; углы в плане $\varphi=\varphi_1=45^\circ$. Скорость резания при обработке составляет 8 м/мин, скорость шлифования —

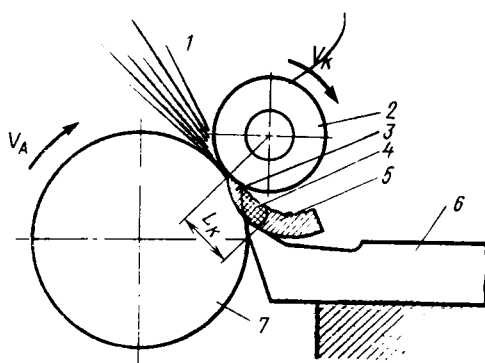


Рис. 12.4. Схема абразивно-лезвийного способа обработки:

1 — металлоабразивный факел; 2 — абразивный "тепловой" силовой круг; 3 — зона сдвиговых деформаций; 4 — нагретая зона; 5 — холодная зона; 6 — резец; 7 — восстанавливаемая деталь; L_k — длина дуги контакта; V_A — скорость круга

47 м/с, диапазон регулирования усилия прижима круга — 10 — 500 Н.

От абразивного круга требуется высокое тепловыделение в зоне контакта с обрабатываемым материалом, т. е. он должен работать аналогично диску трения. С другой стороны, круг должен обеспечивать интенсивный съем металла на глубину ~1,5 мм для удаления корки. Оба эти требования должны выполняться при условии высокой стойкости инструмента.

Производительность при абразивно-лезвийной обработке повышается в результате увеличения скорости резания и подачи, что, в свою очередь, создает ограничения по пластической износостойкости инструмента.

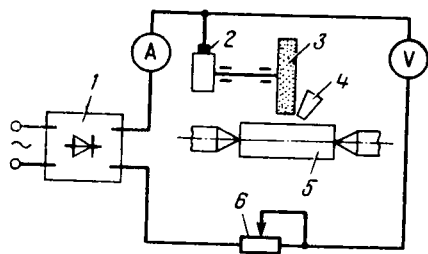


Рис. 12.5. Схема электрохимического шлифования

Производительность при абразивно-лезвийном способе равна:

$$Q_{ал} = Q_l + Q_{ш},$$

где Q_l — съем металла в минуту резцом, г/мин;

$$Q_l = \gamma v s t_l;$$

γ — плотность обрабатываемого металла, г/см³; v — скорость резания, м/мин; s — подача, мм/об; t_l — глубина резания, мм; $Q_{ш}$ — съем металла в минуту абразивным кругом, г/мин;

$$Q_{ш} = \gamma v_d s_o t_{ш};$$

$v_d = v$ — скорость вращения восстанавливаемой детали, м/мин; $s_o = s$ — подача, мм/об; $t_{ш}$ — глубина шлифования, мм.

При восстановлении деталей износоустойчивыми материалами последующая обработка лезвийным инструментом затруднена из-за высокой стойкости покрытия, наличия ударных нагрузок в результате значительной микронеровности покрытия и шлаковых включений в слое.

Способ электрохимического шлифования, схема которого представлена на рис. 12.5, в значительной степени позволяет повысить эффективность обработки восстанавливаемых деталей. Токопроводящий круг 3 при помощи скользящего контакта 2 соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного тока I , а обрабатываемую деталь 5 — с положительным полюсом. В зону обработки подают электролит 4. Силу тока регулируют реостатом 6.

Абразивные или алмазные зерна, выступая из электропроводной связки, создают зазор между связкой и поверхностью обрабатываемой детали. В зазор подают электролит. Под действием электрического тока происходит анодное растворение поверхности детали, а зерна вращающегося круга удаляют продукты растворения. В качестве режущего инструмента применяют абразивные и алмазные круги на токопроводящих связках типа М1, М5, СЭШ-1, СЭШ-2,

Т а б л и ц а 12.7. Режимы обработки твердых покрытий электрохимическим шлифованием

Вид шлифования	Напряжение, В	Плотность тока, А/дм ²	Давление круга, МПа	Скорость съема металла, мм ³ /мин	Расход электролита, л/мин
Предварительное	10 — 12	150 — 200	1,2 — 1,5	800 — 1200	2,0 — 2,5
Окончательное	6 — 8	90 — 12	0,4 — 0,6	200 — 300	—

основными компонентами в которых являются медь, цинк, алюминий.

В качестве рабочей среды используют токопроводящие растворы электролитов, обеспечивающие необходимое качество поверхности, требуемые точность и производительность и не вызывающие коррозии незащищенных частей оборудования. Этим условиям отвечают растворы нейтральных солей с различными добавками ингибиторов для придания им антикоррозионных свойств.

Хорошие результаты дает применение электролита, содержащего 2 — 3 % NaNO_3 и 0,2 — 0,3 % NaNO_2 . Присутствующий в этом электролите нитрит натрия является одновременно и антикоррозионной добавкой. Применяют также другие электролиты, в состав которых наряду с азотнокислым натрием входят сегнетовая соль, сульфиты и фосфаты натрия, олеиновая кислота и другие компоненты. Обработку проводят при окружной скорости круга 20 — 25 м/мин и скорости детали 5 — 6 м/мин.

Эффективность процесса шлифования зависит от плотности тока,

удельного давления круга и состава электролита.

Рекомендуемые режимы для различных видов обработки приведены в табл. 12.7.

Для чернового шлифования крупных деталей, например шеек коленчатых валов автотракторных двигателей, восстановленных наплавкой твердосплавными материалами, разработан способ электроконтактного шлифования чугуном кругом. В качестве рабочей жидкости применяют 5 %-ный раствор эмульсола в воде. Шлифование проводят при оптимальных режимах: напряжении источника постоянного тока 25 В, силе тока 600 — 1500 А прямой полярности, скорости вращения инструмента (чугунного диска) 40 — 50 м/с, детали 0,30 — 0,60 м/с. При соблюдении указанных режимов интенсивность снятия припуска достигает 0,23 — 0,60 см³/с, а зона термического воздействия не превышает 0,1 мм. При обработке электроконтактным методом продолжительность черновой обработки одной шейки вала сокращается в 3 — 5 раз.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ****13.1. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

При выборе наиболее рационального технологического процесса восстановления деталей следует учитывать ряд исходных данных: размеры, форму и точность изготовления детали, ее материал, термическую обработку, условия работы, вид и характер дефекта, производственные возможности ремонтного предприятия и др.

Выбор технологического процесса восстановления деталей существенно зависит от вида дефекта и причины его возникновения. Например, наличие забоины вызывает необходимость ее "разгонки", т. е. снятия концентратора напряжения сглаживанием резких переходов. Разгонку можно выполнить обработкой забоины резанием. Другим примером может служить заделка трещины в стальной детали. Здесь, как правило, необходимо использовать сварку.

При разработке технологии восстановления деталей важно знать, является ли дефект локальным, т. е. затрагивает лишь относительно небольшой объем металла детали или же он носит общий характер.

Характерным примером являются трещины. Трещина может появиться как следствие единичной статической перегрузки или накопившейся усталости. Если трещина появилась вследствие статического (хрупкого) разрушения металла, то дефект охватывает локальный объем металла, т. е. только участок появления трещины. В данном случае для восстановления можно прибегнуть к сварке, заботясь при этом об усилении поврежденного места (наложении уси-

ленного шва, накладки, поверхностный наклеп и т. д.).

Если же трещина появилась в результате усталости материала, то дефект (накопление усталости) затронул, очевидно, большие участки металла и тогда заделка трещины не приведет к восстановлению прочности. Необходимо внимательно изучить условия образования трещины. В частности, очень важно выяснить причину ее появления. Если имеется острый концентратор напряжений, то можно предположить, что усталость в основном накапливается в близких к нему участках металла. Тогда устранение концентрации напряжений и заделка трещины могут восстановить прочность конструкции. Если же острого концентратора нет, то, очевидно, усталость накапливается на больших участках металла. Восстановить деталь в этом случае можно, лишь удалив этот участок целиком.

При выборе оптимального способа восстановления деталей руководствуются тремя категориями: применимости, долговечности и технико-экономическим.

Критерий применимости является технологическим критерием и определяет принципиальную возможность применения различных способов восстановления по отношению к конкретным деталям. При этом должны быть учтены условия работы детали в узле (нельзя восстанавливать детали механизмов управления и детали, воспринимающие при работе большие удельные и динамические нагрузки: коленчатые валы дизельных двигателей, цапфы управляемых колес и т. д. вибродуговой наплавкой); износ (например, если позволя-

ют условия эксплуатации детали, то износ 0,1 — 0,2 мм можно устранять хромированием, 0,2 — 0,8 мм — железнением, 0,3 — 1,0 мм — вибродуговой наплавкой, 1,5 — 4,0 мм — наплавкой под слоем флюса и т. д.); конструктивные особенности; габариты детали (например, крупногабаритные детали наплавляют ручной электродуговой наплавкой, средние — под слоем флюса, мелкие, диаметром менее 50 мм, — вибродуговой). Твердость материала, геометрические размеры, их допуски, точность геометрической формы, шероховатость поверхности должны соответствовать техническим требованиям на восстановление детали.

Критерий применимости того или иного способа восстановления определяется функцией

$$K_n = f_1(M_d; \Phi_d; D_d; H_d; H_n; \sum_{i=1}^m Ti),$$

где M_d — материал детали; Φ_d — форма восстанавливаемой поверхности детали; D_d — диаметр восстанавливаемой поверхности детали; H_d — износ детали; H_n — значение и характер

воспринимаемой деталью нагрузки; $\sum_{i=1}^m Ti$ —

сумма технологических особенностей способа, определяющих область его рационального применения.

По данному критерию выбирают конкурентные способы для последующей оценки их при помощи других критериев.

Критерий долговечности определяет работоспособность восстанавливаемых деталей. Он выражается через коэффициент долговечности, под которым понимается отношение долговечности восстановленной детали к долговечности новой детали данного наименования.

Коэффициент долговечности определяется как функция

$$k_d = f_2(k_n; k_v; k_{сц}),$$

где k_n — коэффициент износостойкости; k_v — коэффициент выносливости; $k_{сц}$ — коэффициент сцепляемости.

Численные значения коэффициентов износостойкости и выносливости могут определяться на основании стендовых и эксплуатационных сравнительных испытаний новых и восстановленных деталей или соответствующих им образцов на специальных установках или стандартных машинах (машинах трения, машинах для испытания на усталость).

Коэффициент сцепляемости

$$k_{сц} = i_o / i_s,$$

где i_o — опытное значение для данной детали прочности сцепления наращенного слоя с основным металлом, кгс/мм²; i_s — эталонные значения прочности сцепления, кгс/мм².

В качестве эталонных могут быть приняты следующие значения прочности сцепления: для наружных стальных поверхностей, воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки, — 50 кгс/мм²; для наружных стальных или чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки, — 20 кгс/мм²; для внутренних посадочных поверхностей под подшипники из стальных, чугунных или из алюминиевых сплавов, не воспринимающих знакопеременные и значительные ударные нагрузки, — 5 кгс/мм²; для наружных или внутренних стальных и чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки слоем, характеризующимся пористостью, при работе сопряжения в условиях обильной смазки — 4 кгс/мм².

Опытное значение прочности сцепления наращенного слоя с основным металлом определяют методом отрыва штифта (предпочтительнее конической формы) от покрытия.

Исходя из специфики рассматриваемого параметра следует иметь в виду, что значения коэффициента сцепляемости не могут быть выше единицы; напротив, численные значения k_n и k_v могут быть больше единицы, так как в принципе можно в результате применения специальных покрытий и упрочняющих операций

обеспечить более высокие значения износостойкости поверхностей и усталостной выносливости восстановленных деталей, чем у новых деталей.

Коэффициент долговечности только в общем случае является функцией трех аргументов, применительно к конкретным деталям он может являться функцией только двух или одного из них. Например, для деталей, не имеющих в процессе эксплуатации усталостных разрушений, нет необходимости вычислять значения коэффициента выносливости (k_n); не имеет также смысла понятие коэффициента сцепляемости ($k_{сц}$) по отношению к способам, не связанным с наращиванием металла (механическая обработка, пластическое деформирование и др.); в некоторых случаях прочность сцепления наросшего слоя с основным металлом заведомо настолько надежна (например, при механизированной наплавке под флюсом), что значение $k_{сц}$ можно априорно принимать равным единице.

В большинстве случаев параметры, характеризующие износостойкость и сцепляемость наросшего слоя и усталостную выносливость восстановленной детали, не имеют явной связи друг с другом. Вместе с тем исчерпание ресурса по какому-либо параметру, характеризующему одним из рассмотренных коэффициентов долговечности, следует принимать равным значению того из коэффициентов (аргументов), который имеет минимальное значение; при этом, если коэффициент сцепляемости $k_{сц}=1$, а другие коэффициенты имеют еще большее значение, то его значение при определении k_d во внимание принимать не следует.

Ориентировочные значения коэффициентов долговечности при различных способах восстановления деталей приведены в табл. 13.1.

Так как ресурс восстановленной детали должен обеспечивать нормативный пробег того агрегата, в конструкцию которого входит деталь (не менее 80 % от нормы для новых автомобилей и агрегатов), численные зна-

чения коэффициента долговечности детали не должны быть ниже 0,8.

Технико-экономический критерий является функцией двух аргументов

$$k_{т.э} = f_3(k_{пр}, \mathcal{E}),$$

где $k_{пр}$ — коэффициент производительности способа; $\mathcal{E}$ — показатель экономичности способа.

Экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса восстановления детали

$$\mathcal{E} = [(C_{нб}^в - C_{ни}^в) - E_n(k_i - k_6)]N_v,$$

где $C_{нб}^в$ — полная себестоимость восстановления по базовому варианту технологического процесса; $C_{ни}^в$ — полная себестоимость восстановления по i -му (внедряемому) технологическому процессу; E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; $E_n=0,15$; k_i и k_6 — соответственно капиталовложения по внедряемому и базовому техпроцессам (затраты на оборудование, приспособления, технологическую оснастку, инструмент, его проектирование, изготовление, монтаж по месту и т. п.); N_v — программа восстановления деталей.

Срок окупаемости от внедрения новой технологии

$$\tau_{ок} = \Delta k / [(C_{нб}^в - C_{ни}^в)N_v],$$

где $\Delta k = k_i - k_6$ — дополнительные капиталовложения.

13.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Технологическим процессом восстановления детали называется часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по последовательному качественному изменению состояния восстанавливаемой детали. Существуют три вида технологических процессов: единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс разрабатывается для восстановления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательностью боль-

Т а б л и ц а 13.1. Ориентировочные значения коэффициентов долговечности k_d

Вид и характер работы сопряжения	Материал сопряженных деталей	k_d при								
		хромировании	железнении	вибродуговой наплавкой	наплавке под флюсом	наплавке в среде углекислого газа	электроконтактом напекания	электроискровым наращиванием	ручной электродуговой наплавке	способе ремонта с разбором
Вал — подшипник скольжения при статической нагрузке (кулачковые валы и т. п.)	Баббит—бронза	1,5—1,8	1,0—1,2	0,9—1,0	0,8—1,1	0,85—0,9	1,1—1,5	—	—	0,95—1,0
		1,1—1,3	1,1—1,2	0,9—1,0	0,85—1,0	0,8—0,85	1,2—1,5	—	—	0,9—1,0
Вал—подшипник скольжения при знакопеременной нагрузке (коленчатые валы)	Баббит—бронза	1,1—1,25	0,95—1,0	0,7—0,8	0,75—0,85	0,8	—	—	—	0,9—1,0
		1,1—1,1	0,85—0,95	0,75—0,8	0,75—0,85	—	—	—	—	0,85—1,0
Вал—втулка	Сталь—бронза	1,2—1,3	1,1—1,2	0,9—1,0	0,8—0,9	0,75—0,9	1,2—1,5	0,7—0,75	—	0,9—1,0
Ось—втулка	Сталь—бронза	1,2—1,3	1,1—1,2	0,9—1,0	0,8—0,9	0,75—0,9	1,3—1,5	0,7—0,75	—	0,9—1,0
Стержни с возвратно-поступательным перемещением — направляющие (клапаны, толкатели)	Серый чугун	2,5—3,0	1,5—2,0	—	—	—	—	—	—	0,95—1,0
Фиксированные стержни—втулки	Чугун—бронза	1,5—1,8	1,0—1,2	—	—	—	—	—	—	—
		1,1—1,3	—	—	—	—	—	—	—	0,9
Цилиндрические поверхности крестовин, карданных валов, сателлитов	Легированная сталь	0,9—1,0	1,1—1,2	0,8—0,9	—	0,7—0,8	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Цилиндрические поверхности деталей, сопряженных с внутренним кольцом подшипника с натягом	Шарикоподшипниковая сталь	1,5—1,8	0,8—1,10	0,8—1,0	0,95—1,0	0,8—0,95	0,8—1,1	1,4—1,5	0,9	0,9—0,95

шинства технологических операций и переходов для восстанавливаемых изделий, имеющих общие конструктивные и технологические признаки.

Групповой технологический процесс предназначен для совместного восстановления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками в конкретных условиях производства. Основой разработки групповых технологических процессов является разбивка восстанавливаемых деталей на классы. Установлено пять классов восстанавливаемых деталей: корпусные детали, круглые стержни, полые цилиндры, диски и некруглые стержни.

Корпусные детали изготавливают в основном из чугуна или алюминиевых сплавов. К ним относятся блоки, картеры, головки, крышки, корпуса, кронштейны. Наиболее распространенными дефектами этих деталей являются: износ внутренних посадочных поверхностей под вкладыши, гильзы и подшипники качения; отклонения в правильности взаимного положения посадочных поверхностей; трещины и отколы; повреждения резьб.

Детали класса "круглые стержни" характеризуются цилиндрической формой при длине, значительно превышающей их диаметр. Материалом для этих деталей чаще всего являются углеродистые или высококачественные легированные стали, а также высокопрочный чугун. Рабочие поверхности зачастую подвергают термической или химико-термической обработке. К этому классу деталей относятся коленчатые и распределительные валы; гладкие и ступенчатые и шлицевые валы; валы с фасонными поверхностями; пустотелые валы, крестовины. Наиболее распространенными дефектами этих деталей являются износ их рабочих поверхностей, деформация, повреждение резьб, шпоночных канавок и др.

Конструкция деталей класса "полые цилиндры" представляет собой несколько концентрично располо-

женных полых цилиндров. В качестве материала для изготовления этих деталей используется модифицированный, ковкий, специальный чугун или углеродистые стали. К деталям этого класса относятся гильзы цилиндров, чашки дифференциала, ступицы колес, фланцы, муфты и т. д. Основным дефектом является износ внутренних цилиндрических рабочих поверхностей.

Диски характеризуются короткими цилиндрическими поверхностями при значительном диаметре. Изготавливают диски из модифицированного чугуна или листовой стали. Представителями деталей этого класса являются разнообразные диски, маховики, тормозные барабаны. Характерные дефекты — износ торцовых или внутренних цилиндрических поверхностей, деформация.

К деталям класса "некруглые стержни" относятся прямые и кривые стержни, поперечное сечение которых не имеет круглой формы и длина более чем вдвое превышает размеры поперечного сечения. Перечень деталей этого класса и материал, из которого они изготовлены, весьма разнообразны. Характерными дефектами являются деформации, трещины, обломы, износы рабочих поверхностей.

Перечень автомобильных деталей различных классов приведен в табл. 13.2. В зависимости от степени детализации технологические процессы делятся на маршрутные, операционные и маршрутно-операционные.

Маршрутный технологический процесс выполняют по документации, в которой указывается только содержание операции, без указания переходов и режимов обработки. Операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки. Маршрутно-операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Т а б л и ц а 13.2. Групповая номенклатура автомобильных деталей

Номер клас- са	Класс деталей	Наименование деталей
I	Корпусные детали	Блок цилиндров, картер сцепления, картер коробки передач, картер ведущего моста, картер главной передачи, головка цилиндров, крышка распределительных шестерен, блок компрессора, картер компрессора, головка компрессора, картер рулевого механизма, корпус масляного насоса, корпус водяного насоса, верхняя крышка коробки передач, корпус насоса гидросилителя рулевого управления, корпус масляного фильтра, кронштейн педалей, кронштейн рессоры, кронштейн передней подвески, корпус вентилятора, крышка масляного насоса
II	Круглые стержни	Коленчатый вал, распределительный вал, шкворень, поворотный кулак, тормозной вал, карданный вал, вилка карданного вала, вал рулевой сошки, ведомый вал коробки передач, ось блока шестерен заднего хода, поршневой палец, крестовина кардана, крестовина дифференциала, полуось, кожух полуоси, клапан двигателя, вал насоса гидросилителя рулевого управления
III	Полые цилиндры	Гильза цилиндра, ступица колеса, чашка дифференциала, картер подшипников ведущей шестерни главной передачи, крышка подшипника ведущего вала коробки передач, фланцы валов коробки передач и заднего моста, тормозной цилиндр, ступица ведомого диска сцепления, муфта подшипника выключения сцепления
IV	Диски	Маховик, тормозной барабан, нажимной диск сцепления, ведомый диск сцепления, диск колеса
V	Некруглые стержни	Шатун, балка передней оси, лонжерон и поперечина рамы, вилка выключения сцепления, тормозная колодка, педали выключения сцепления и тормоза, впускной и выпускной трубопроводы, коромысло клапана, вилка переключения передач, рычаг переключения передач, рычаг нажимного диска сцепления

Исходными данными для разработки технологических процессов восстановления деталей являются: ремонтный чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями стандартов на ремонтную документацию: перечень дефектов детали; основные сведения об условиях работы детали в ремонтируемом узле и видах изнашивания; справочные материалы о технологических методах, при помощи которых возможно устранение дефектов; технологическая документация на восстановление данной детали (при модернизации существующего технологического процесса на данном предприятии); сведения об опыте восстановления деталей данного наименования на передовых предприятиях (при разработке нового технологического процесса); технологический процесс изготовления и рабочий чертеж новой

детали (для технологической приемственности между изготовлением и ремонтом детали); программа выпуска деталей; различные справочные материалы (каталоги технологического оборудования, приспособлений, инструмента, справочники по режимам обработки, технологическому нормированию операций и т. п.).

13.3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

При разработке технологического процесса ремонта детали представляется ремонтный чертеж (прилож. 1) и карта технических требований на дефектацию детали (см. табл. 2.2). Места на детали, подлежащие восстановлению, выполняют на чертеже

утолщенной линией, остальные изображения — сплошной тонкой линией.

На ремонтных чертежах предельные отклонения размеров представляются в виде числовых значений в виде условных обозначений. Допуски на свободные размеры 14-, 15-, 16-квалитетов представляют на ремонтных чертежах с округлением до десятой доли миллиметра.

На ремонтных чертежах изображаются только те виды, размеры и сечения, которые необходимы для проведения восстановления детали или сборочной единицы. На чертеже детали, восстанавливаемой сваркой, наплавкой, нанесением металлопокрытий, рекомендуется выполнять эскиз подготовки соответствующего участка детали к ремонту. При применении сварки, пайки на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материалов, используемых при ремонте, а также номер стандарта на этот материал.

На ремонтных чертежах категорические (ремонтные) и пригоночные размеры, а также размеры детали, ремонтируемой снятием минимально необходимого слоя металла обозначают буквами, а их числовые значения и другие данные указывают на выносных линиях или в таблице, помещенной в правой верхней части чертежа. При этом для ремонтных размеров сохраняется класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Для определения способа ремонта на ремонтных чертежах деталей помещают технологические требования и указания.

Требования, относящиеся к отдельному элементу детали, помещают на ремонтном чертеже рядом с соответствующим элементом или участком детали.

Рекомендуемая последовательность при проектировании технологических процессов восстановления деталей:

1. Анализ технологического процесса изготовления новой детали.

2. Анализ условий работы детали в сопряжении, видов и процессов ее изнашивания.

3. Анализ дефектов детали и выбор возможных технологических методов восстановления, выбор технологических баз для обработки.

4. Разработка предварительного маршрута восстановления, расчленение его на технологические операции.

5. Выбор технологического оборудования, приспособлений, рабочего инструмента, средств контроля и измерений.

6. Обоснование общих и операционных припусков и допусков на обработку.

7. Установление режимов и норм времени выполнения операций.

8. Технико-экономическое обоснование рационального варианта технологического процесса восстановления детали.

9. Разработка технологической документации на восстановление детали.

Базовые поверхности для обработки необходимо выбирать с таким учетом, чтобы при установке и зажиме обрабатываемая деталь не смещалась с положения, приданного ей, и не деформировалась под действием усилий от резания и зажимов. Необходимо помнить, что наибольшей точности при механической обработке можно достигнуть в том случае, если вся обработка детали ведется от одной базы с одной установки. Если на детали сохранилась базовая поверхность, по которой она обрабатывалась при изготовлении, следует при ремонте также базировать по этой поверхности. Поврежденные базовые поверхности необходимо исправить.

Разработка плана операций, входящих в технологический процесс ремонта детали, зависит от вида производства. При единичном и мелкосерийном производстве план операций строится по принципу групповой технологии, при серийном — разрабатываются маршрутные технологические процессы и при массовом — ор-

ганизуется обработка на непрерывных поточных линиях.

Применительно к авторемонтным предприятиям, для которых характерным является серийное производство, разработка плана операций технологического процесса ремонта детали должна быть нацелена на устранение комплекса дефектов, объединенных общим маршрутом. При этом технологический маршрут составляют не простым сложением технологических процессов устранения каждого дефекта в отдельности, а с учетом следующих требований:

одноименные операции по всем дефектам маршрута должны быть объединены;

каждая последующая операция должна обеспечить сохранность качества рабочих поверхностей детали, достигнутого при предыдущих операциях;

вначале должны идти подготовительные операции, затем сварочные, кузнечные, прессовые и в заключение шлифовальные и доводочные.

Технологический процесс восстановления деталей составляют, как правило, по операциям. После назначения баз для обработки, выбора способов устранения дефектов и разработки схемы и порядка выполнения операций составляется маршрутная карта. Для этого по каждой операции предварительно намечается оборудование, приспособления, вспомогательные, режущие и измерительные инструменты.

При выборе оборудования для действующего производства ориентируются на имеющееся в цехе оборудование с учетом фактической загрузки отдельных его групп. При проектировании технологических процессов для вновь создаваемых предприятий возможности технолога ограничены только экономическими соображениями. Выбор оборудования во многом определяется типом производства. Согласно классификации станков по технологическим признакам станочное оборудование делится на следующие виды: станки широкого или об-

щего назначения (универсальные), станки высокой производительности, станки специализированные и специальные.

Станки широкого или общего назначения предназначены для применения в серийном или единичном производстве. Станки высокой производительности имеют ограниченные технологические возможности. Однако, благодаря своей повышенной мощности и жесткости, на них можно вести обработку на более высоких режимах резания и более концентрированными методами. К станкам этого вида относятся: токарные многолезцовые, гидрокопировальные, одно- и многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, круглошлифовальные, работающие методом поперечной подачи, бесцентрово-шлифовальные, барабанно- и карусельно-фрезерные и др. Такие станки предназначены для крупносерийного и массового производства.

Специализированные станки получают на базе станков высокой производительности установкой дополнительных шпинделей и других узлов, при помощи которых они могут быть приспособлены для выполнения конкретных операций при обработке конкретных деталей в условиях массового производства. Специальные станки проектируют и изготавливают по особому заказу и используют для выполнения определенной операции. Проектирование и изготовление станков этой группы обычно обходится дорого. Поэтому они оправдывают себя только в массовом производстве.

Особые группы составляют агрегатные станки, применяемые в серийном и массовом производствах, и станки с числовым программным управлением, применяемые в условиях мелко- и среднесерийного производства. В каждом конкретном случае при выборе модели станка пользуются паспортами станков, а при их отсутствии — каталогами металлорежущего и другого оборудования.

Оборудование выбирают по главному параметру, являющемуся наи-

более показательным для выбираемого оборудования, т. е. в наибольшей степени выявляющему его функциональные значения и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером обрабатываемого на нем изделия.

Выбор вариантов оборудования, характеризующихся степенью механизации и автоматизации, должен выполняться исходя из следующих условий:

приведенные затраты на выполнение технологического процесса должны быть минимальными;

период окупаемости оборудования при его механизации и автоматизации должен быть минимальным.

Годовая потребность в оборудовании определяется из годового объема работ, устанавливаемого статистическим анализом затрат средств и времени на обработку изделия. Годовые приведенные затраты на использование оборудования определяются размерами затрат на его эксплуатацию и изготовление. Затраты на эксплуатацию и изготовление должны характеризовать оборудование, классифицированное по производительности и точности, одного и того же функционального назначения и года освоения производства. Производительность оборудования необходимо определять, анализируя время на обработку изделия заданного качества.

Одна из важнейших задач разработки технологических процессов — установление вида и конструкции приспособления. Приспособление — технологическая оснастка, предназначенная для направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. При выборе оптимального варианта приспособления должны учитываться: технологические требования на восстановление детали — число деталей и сроки их обработки; требования техники безопасности и промышленной санитарии; затраты на изготовление приспособления. В практике со-

временного производства сложились следующие системы приспособлений.

Универсально-сборные приспособления (УСП) komponуют из окончательно обработанных взаимозаменяемых стандартных универсальных элементов. Их используют в качестве специальных обратимых приспособлений кратковременного действия. Они обеспечивают установку и фиксацию различных деталей в пределах габаритных возможностей комплекта УСП.

Специальные сборно-разборные приспособления (СРП) komponуют из стандартных элементов в результате дополнительной их механической обработки и используют как специальные необратимые приспособления долгосрочного действия из обратимых элементов.

Неразборные специальные приспособления (НСП) komponуют с применением стандартных деталей и узлов общего назначения как необратимые приспособления долгосрочного действия из необратимых деталей и узлов. Они состоят из двух частей: унифицированной базовой части и сменной насадки. Приспособления этой системы используют при групповой обработке деталей.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) — наиболее распространенная система в условиях серийного производства. Эти приспособления обеспечивают установку и фиксацию обрабатываемых деталей любых изделий малых и средних габаритов. При этом установка детали связана с необходимостью контроля и ориентации в пространстве. Такие приспособления обеспечивают выполнение широкой номенклатуры операций обработки.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) обеспечивают установку при помощи специальных наладок, фиксацию обрабатываемых деталей малых и средних габаритов и выполнение широкой номенклатуры операций обработки.

Специализированные наладочные

приспособления (СНП) обеспечива-
ют по определенной схеме базирова-
ния при помощи специальных нала-
док и фиксацию родственных по кон-
струкциям деталей для осуществле-
ния типовой операции. Все перечис-
ленные системы приспособлений от-
носятся к категории унифицирован-
ных.

Выбор унифицированного приспо-
собления во многом отличается от вы-
бора обычной оснастки. Обычно эту
работу выполняет конструктор по ос-
настке. Технолог указывает требуе-
мую систему приспособлений.

При выборе приспособлений про-
водится комплекс взаимосвязанных
работ:

1. Анализ конструктивных харак-
теристик обрабатываемой или обра-
батываемых (при групповой обработ-
ке) деталей: габаритных размеров,
материала, точности, конструктив-
ных характеристик обрабатываемых
поверхностей и т. д. Параллельно
анализируют организационные и тех-
нологические условия восстановле-
ния детали (схемы базирования, вид
технологической операции, организа-
ционную форму обработки и т. д.).

2. Группирование технологических
операций для определения наиболее
приемлемой системы приспособле-
ний и повышения коэффициентов и их
использования.

3. Установление принадлежности
выбираемых конструкций приспо-
соблений к определенной системе
приспособлений.

4. Определение или уточнение ис-
ходных требований, предъявляемых
к конструкции приспособления.

5. Отбор конструкций приспособле-
ний, соответствующих принятой
схеме базирования деталей, из имею-
щейся номенклатуры.

6. Выдача технического задания на
разработку и изготовление приспо-
собления.

Группирование технологических
операций, осуществляемое в серий-
ном производстве, проводится с уче-
том обеспечения рациональной за-
грузки каждой конструкции приспо-

собления и на основе анализа объе-
мов выпуска изделий на заданный пе-
риод (партионность и периодичность
запусков, суммарная трудоемкость
сгруппированных на конструкцию
приспособлений технологических
операций). При выборе приспособле-
ний необходимо использовать следу-
ющую документацию:

нормативно-технологическую —
стандарты на приспособления и их
детали, стандарты на термины и оп-
ределения технологической оснаст-
ки;

техническую — альбом типовых
конструкций приспособлений, ката-
логи и паспорта на технологическое
оборудование, инструктивно-методи-
ческие материалы по выбору техно-
логической оснастки.

При технико-экономическом обо-
новании выбора приспособлений рас-
считывают коэффициент загрузки
приспособлений и затраты на осна-
щение операций. Коэффициент за-
грузки приспособлений

$$k_{з.п} = T_k N / F_d,$$

где T_k — штучно-калькуляционное время
выполнения технологической операции, мин; N —
планируемая месячная программа (число по-
второв операции); F_d — действительный ме-
сячный фонд времени, ч.

При выборе типа и конструкции ре-
жущего инструмента следует учиты-
вать характер производства, метод
обработки, тип станка, размер, кон-
фигурацию и материал обрабатывае-
мой детали, требуемое качество по-
верхности, точность обработки. Ха-
рактер производства влияет на вы-
бор режущего инструмента с эконо-
мической точки зрения.

Особое значение имеет выбор ма-
териала режущей части инструмен-
та. С учетом экономической целесо-
образности необходимо применять
новые марки материалов, отличаю-
щиеся повышенной износостойко-
стью. Обеспечивая высокое качество
обрабатываемых поверхностей, они
применяются для чистовой обработ-
ки вместо малопроизводительного и
дорогостоящего шлифования. К та-

ким материалам относятся сверхтвердые материалы.

Лезвийные режущие инструменты, оснащенные поликристаллами сверхтвердых материалов, весьма перспективны. Они позволяют обрабатывать практически все материалы, обеспечивая при этом высокую производительность и размерную стойкость.

Параллельно с выбором режущего

инструмента выбирают вспомогательный инструмент. Лучшим вариантом является такой, при котором вспомогательный инструмент не используется. В этом случае достигаются более короткие технологические размерные цепи и точность обработки повышается. В тех случаях, когда невозможно обойтись без вспомогательного инструмента, предпочтение отдают стандартам и нормализованным вспомогательным инструментам (переходным конусам Морзе, цангам, оправкам для цилиндрических, червячных и шлицевых фрез и т. д.). При отсутствии стандартного инструмента прибегают к специальному.

Измерительный инструмент применяют для межоперационного и окончательного контроля детали. В зависимости от типа производства он может быть стандартным или специальным.

В ремонтном производстве применяют предельные калибры (пробки, скобы, кольца, шаблоны) и универсальные инструменты (микрометры, штангенциркули, индикаторы, нутромеры). Могут быть также спроектированы простейшие контрольные приборы и приспособления.

Выбор универсального измерительного инструмента для контроля внутренних и наружных поверхностей можно по диаграммам, приведенным на рис. 13.1.

Заполнение колонок маршрутной карты, определяющих затраты времени, до разработки операционных карт, не проводится. Краткое содержание операции в маршрутной карте должно отражать полный объем работы. Заканчивается заполнение маршрутной карты после составления всех операционных карт, определения по всем операциям подготовительно-заключительного и штучного времени.

Операционные карты составляют на все операции в последовательности, указанной в маршрутной карте. Операция расчленяется на переходы. Содержание переходов должно быть выражено в повелительном наклоне-

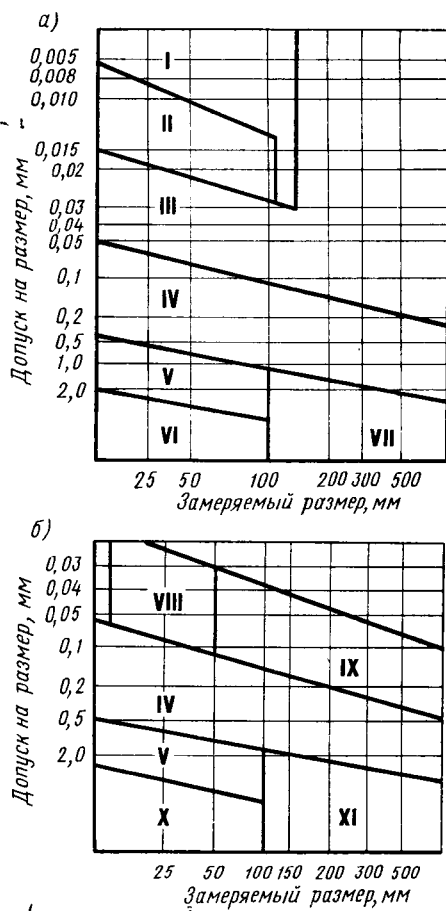


Рис. 13.1. Диаграмма для выбора универсального измерительного инструмента для внутренних (а) и наружных (б) поверхностей: I — оптиметр-миниметр; II — рычажная скоба; III — микрометр с делениями 0,01 мм; IV — штангенциркуль с нониусом 1:5 мм; V — штангенциркуль с нониусом 1:50 мм; VI — пружинный кронциркуль; VII — обыкновенный кронциркуль; VIII — индикатор-нутромер; IX — микрометрический нутромер с делениями 0,01 мм; X — пружинный нутромер; XI — обыкновенный нутромер

нии. В наименовании переходов точно указывается способ установки и крепления детали, проводимая при переходе работа с указанием номера поверхности обработки.

По каждому переходу указывают вспомогательные, режущие, рабочие и измерительные инструменты и их заводской код; расчетные данные, режим обработки и затраты времени по каждому переходу определяют и заносят в операционную карту при техническом нормировании операции. На каждую разрабатываемую операцию составляют карту эскизов технологического процесса, на которой указывают размеры обработки.

13.4. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Оформление технологической документации при разработке процессов восстановления деталей начинается с составления титульного листа.

Для комплектования технологических документов, применяемых при восстановлении деталей, и отражения их состава составляют ведомость технологических документов (ВТД). ВТД следует оформлять по формам 1 и 16 маршрутной карты (МК) по ГОСТ 3.1118—82. Условное обозначение такого документа будет МК/ВТД. Записывают документы в МК/ВТД в их последовательности в технологическом процессе.

Следующий документ технологического процесса — ведомость оснастки (ВО). ВО следует выполнять по формам 1 и 16 МК по ГОСТ 3.1118—82, используя для этого строку, имеющую символ Т. Условное обозначение такого документа будет МК/ВО.

При разработке МК/ВО следует: указывать информацию "Номер цеха, участка, рабочего места, операции" совместно с данными по технологической оснастке;

указывать постоянную информацию, характерную для всего технологического процесса один раз с привязкой к первой операции, например, "Номер цеха", "Номер участка";

проставлять служебный символ Т на первой строке, где указан номер операции, не заполняя эту графу на последующих строках;

оставлять одну свободную строку между операциями для внесения последующих изменений (при необходимости);

указывать данные по технологической оснастке в начале документа без привязки к номеру операции, если она является общей для всей операции, например, средства индивидуальной защиты, средства измерений и т. д.;

указывать количество одновременно применяемой на операции технологической оснастки после наименования и обозначения оснастки, например, Патрон 7108-0025;

записывать информацию о технологической оснастке, общую для нескольких операций, 1 раз в первой операции с указанием в скобках номеров последующих операций перед наименованием оснастки;

для наглядности отделять информацию "Номер цеха, участка, рабочего места и операции" от данных по технологической оснастке разделительной вертикальной линией — при рукописном заполнении и знаком ":" — при машинописном. При этом записывать данные по технологической оснастке для каждой операции рекомендуется с интервалом в 5 или 6 символов от разделительного знака ":".

Основной и обязательный документ комплекта документов на технологический процесс, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций, — маршрутная карта (МК). Выполняют ее по формам 1 и 16 по ГОСТ 3.1118—82.

Информацию по применяемой на операции технологической оснастке следует записывать в такой последовательности:

приспособления; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; слесарно-монтажный инструмент; специальный инструмент, применяе-

мый при выполнении специфических технологических процессов или операций, например при сварке, штамповке и т. д. средства измерений.

Запись информации следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса ее на следующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак ";". Оформление основных надписей в формах МК — по ГОСТ 3.1103—82.

Информацию общего характера, например, общие требования к выполнению технологического процесса, общие требования по безопасности труда и т. п., следует указывать перед первой операцией по всей длине строки. Операции технологического контроля в МК следует записывать в конце технологического процесса.

Для описания технологических операций с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, технологических режимах и

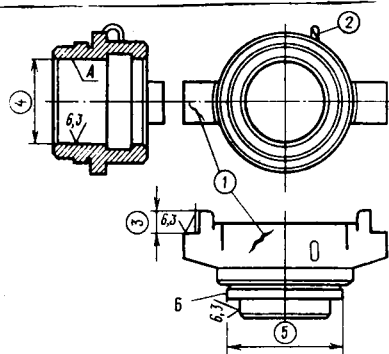
трудозатратах предназначена операционная карта (ОК). ОК следует оформлять по формам 1 и 1б МК по ГОСТ 3.1118—82. Условное обозначение такого документа будет МК/ОК.

В МК/ОК необходимо указывать данные по технологическим режимам. При этом запись данных по технологическим режимам выполняют после записи содержания операции (перехода) и указания данных по технологической оснастке, используя служебный символ (Р).

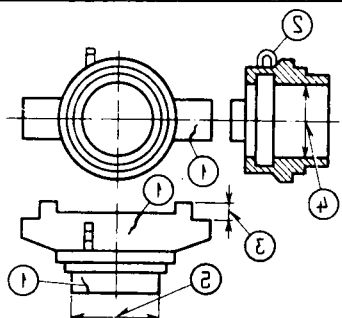
Допускается (при необходимости) простановку данных по технологическим режимам выполнять в тексте содержания операции (перехода).

Для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода восстановления детали, включая контроль и перемещения, составляют карту эскизов (КЭ) — графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы.

КЭ выполняют по формам 7 и 7а по ГОСТ 3.1105—84.

			Условное обозначение размеров	Размеры на рабочем чертеже	Категория ремонтного размера
			3	$15 \pm 0,25$	
			4	$47,4^{+0,15}_{-0,10}$	
			5	$55^{+0,035}_{-0,002}$	

Киевский автомобильно-дорожный институт				КР.06—02.08—21.03.23.92			
Кафедра "Ремонтное производство и материалов"				Ремонт муфты сцепления автомобиля ЗИЛ-130	Лист	Масса	Масшт.
					КР	2,2	1:2
Исполн.	Макаров			Ремонтный чертеж	АА—IV—3		
Руковод.	Иванов						
Н. контр							

		Деталь				
		Муфта выключения сцепления				
		Номер детали				
		130—1602051				
		Материал			Твердость	
Чугун СЧ 15			НВ 163...229			
Позиция на эскизе	Возможные дефекты	Способ установления деф., измер. инструмента	Размеры, мм			Заключение
			по раб. чертежу	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины и обломы любого характера и расположения, кроме трещин и обломов ушка под оттяжную пружину	Осмотр	—	—	—	Браковать
2	Трещины и обломы ушка под оттяжную пружину	"	—	—	—	Ремонтировать наплавкой
3	Износ поверхности лап по высоте	Осмотр, шаблон 16,0 мм	15+ +0,25	16	Более 16	То же
4	Износ отверстия под крышку подшипника первичного вала коробки передач	Пробка пластинчатая 47,9 мм или нутромер индикаторный 35 — 50 мм	47,5	17,9	—	Браковать при размере более 47,9 мм
5	Износ шейки под подшипник выключения сцепления	Скоба или микрометр 50 — 70 мм	55	55	Менее 55	Ремонтировать наплавкой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеев М. В., Воловик Е. Л., Ульянов И. С. Технология ремонта машин и оборудования. — М.: Агропромиздат, 1986. 247 с.

Балабанов А. М., Канарчук В. Е. Справочник технологии мелкосерийных и ремонтных производств. — К.: Выща шк., 1983. 256 с.

Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. — М.: Колос, 1981. 351 с.

Воробьев В. С. Технология машиностроения и ремонт машин. — М.: Высш. шк., 1981. 344 с.

Канарчук В. Е., Чигринiec А. Д. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств. — К.: Выща шк., 1992. 495 с.

Козлов Ю. С. Очистка автомобилей при ремонте. — М.: Транспорт, 1981. 151 с.

Колесник П. А., Шейнин В. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — М.: Транспорт, 1985. 325 с.

Колясинский З. С., Сархoшь-ян Г. Н., Лисковец А. М. Механизация и автоматизация авторемонтного производства. — М.: Транспорт, 1982. 160 с.

Лавринович М. Ф., Шустер-няк М. М. Повышение износостойкости деталей автомобилей. — Минск: Беларусь, 1985. 142 с.

Лудченко А. А., Сoва И. П. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — К.: Выща шк., 1983. 384 с.

Масино М. А., Алексеев В. Н., Мотовилин Г. В. Автомобильные материалы. — М.: Транспорт, 1979. 169 с.

Масино М. А. Организация восстановления автомобильных деталей. — М.: Транспорт, 1981. 176 с.

Маслов Н. Н. Эффективность и качество ремонта автомобилей. — М.: Транспорт, 1981. 304 с.

Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. — К.: Выща шк., 1985. 255 с.

Суханов Б. Н., Борзых И. О., Беда-рев Ю. Ф. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — М.: Транспорт, 1985. 224 с.

Чабанный В. Я., Власенко Н. В., Тимченко В. Н. Технология производства и ремонт дорожно-строительных машин. — К.: Выща шк., 1985. 263 с.

Шадричев В. А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1976. 500 с.

Шелюбский Б. В., Ткаченко В. Г. Техническая эксплуатация дорожных машин: Справочник инженера-механика. — М.: Транспорт, 1986. 296 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Аппарат рентгеновский 52

Б

Биение:

 коленчатого вала 31

 шлицевого вала 33

В

Ванны для нанесения гальванических покрытий:

 барабанные 235

 колокольные 233

 стационарные 232

Ведомость оснастки 289

— технологических документов 289

Вдавливание 111

Вещества поверхностно-активные 9

Виды восстановления деталей давлением 103

— сварочных дуг 137

Волока роликовая 92

Восстановление:

 втулок осадкой 104

 — обжатием 111

 гильз цилиндров пластинированием 95

 дизельных поршневых пальцев 131

 размеров изношенных поверхностей деталей 102

 резьбы электроконтактной приваркой

 проволоки 168

 шестерни ротационным вдавливанием 112

 шлицев вдавливанием 112

Время отверждения 247

Вставка спиральная 91

Выбор процесса очистки 8

— технологических баз 262

— установочных баз 262

Выглаживание 121

Вылет резца 81

Высадка 114

Г

Гамма-дефектоскопия 45

Генераторы ламповые 176

Д

Герметизация микротрещин антипором 250

Герметики анаэробные 247

Гладилка алмазная 122

Глубина дефектного слоя 264

— проникновения вихревых токов 50

Горелка для газопламенного напыления 198

Горелка для аргонно-дуговой сварки 157

Двойникование 100

Действие моющее 8

Детали ремонтные дополнительные 86

Дефекты:

 внутренний 25

 значительный 25

 исправимые 25

 конструктивные 25

 критический 25

 малозначительный 25

 надежный 25

 неисправимые 25

 производственные 25

 эксплуатационные 26

Дефектоскоп:

 магнитный 43

 токовихревой 67

 ультразвуковой 57

Дефектоскопия капиллярная 47

Деформация пластическая 100

Деформирование поверхностное пластическое 119

Диаметр контактирующих поверхностей 89

— обкатки 113

Диспергирование 9

Доводка рабочей поверхности 133

Дуга плазменная 203

— сварочная 136

З

Загрязнения деталей:

 нагары 6

 накипь 6

отложения асфальтосмолистые 6
— дорожно-почвенные 5
— масляно-грязевые 6
продукты коррозии 5
технологические 6
эксплуатационные 5

И

Измерение толщины стенок 66
Износ зубьев по толщине 31
— цилиндра 31
Индикатор вихретоковый дефектоскопический 51
Индукторы для нагрева 177
— с магнитопроводом 178
Инструмент измерительный 288
— лезвийный режущий 288
Искатель с локальной ванной 39

К

Карта:
дефектации 27
маршрутная 289
операционная 288
Клей:
многокомпонентные 251
на основе термореактивных материалов 251
эпоксидные 251
Кольцо центрирующее 98
Контроль:
активный 29
блока цилиндра двигателей 30
зубьев зубчатых колес 31
коленчатых валов 31
радиографический 52
шариковых подшипников 32
шлицевых валов 33
Конусность:
максимальная 31
шеек коленчатого вала 31
Козэффициент:
асимметрии тока 225
восстановления 67
годности 67
долговечности 280
неравномерности износа 78
полезного действия нагрева 136
сменности 67
сцепляемости 279
Кристаллизация металла шва 139
— — — первичная 139
Критерий:

применимости способа восстановления 279
технико-экономический 280

М

Маршрут восстановления 68
Материалы:
дефектоскопические 48
для газопламенного напыления 199
— индукционной наплавки 183
композиционные 244
наплавочные 169
полимерные 242
присадочные 155
сварочные 150, 154
Машина моечная конвейерная 15
Меднение электролитическое 226
Метод ионного обмена 241
Методика расчета оценочного балла 71
Методы контроля загрязненности поверхности:
люминесцентный 7
массовый 7
протирание 7
смачивания 7
Методы контроля неразрушающего:
акустический 33, 34, 37
акустической эмиссии 40
велосимметрический 62
визуально-оптический 33
визуальный 33
вихретоковый 35, 49, 64
импедансный 60
капиллярный 35, 46, 54
люминесцентно-цветной 48
люминесцентный 47
магнитный 33, 41
магнитопорошковый 41, 58
отраженного излучения 39
радиационный 33, 44
радиометрический 44
резонансный 39
рентгеновский 44
теневого 39
ультразвуковой 55
электромагнитный 49
Методы контроля шероховатости поверхности 30
— разделения сред мембранные 21, 23
— структуроскопии деталей 25
Микрофилтрация 22
— поперечная в протоке 23
Мойка деталей 5
— пальцев 132
Мощность эффективная тепловая сварочной дуги 136

Н

- Навивка спиральных вставок 93
- Накатка 113
 - механическая 113
 - электромеханическая 114
- Накатник шариковый жесткого действия 130
- Наклеп (нагартовка) 100
- Намагничивание детали:
 - комбинированное 42
 - продольное 42
 - циркуляционное 42
- Наплавка:
 - вибродуговая 159
 - в огнеупорной среде 184
 - заливкой жидкого присадочного сплава 187
 - индукционная 172
 - монокристаллическим или брикетированным материалом 183
 - центробежная индукционная 185
- Наполнители 253
 - органические 244
- Напряженность намагничивающего поля 43
 - поля рассеяния 42
- Напыление газотермическое:
 - высокочастотное 202
 - газопламенное 195
 - детонационное 205
 - конденсацией с ионной бомбардировкой 207
 - плазменное 202
 - электродуговое 192
- Натяжение поверхностное 9
- Никелирование электролитическое 227
- Ножницы для резки стальных пластин 97
- Номенклатура автомобильных деталей 283

О

- Обезжиривание деталей 19
- Обжatie:
 - механическое 110
 - термопластическое 111
- Обработка:
 - абразивно-лезвийная 275
 - давлением горячая 100
 - дробеструйная 120
 - под ремонтный размер 76
 - токарная 270
 - упрочняющая 75
 - шариками (роликaми) 120
 - электрическая 75
- Овальность:
 - максимальная 31

- шеек коленчатого вала 31
- Окраска:
 - безвоздушная 254
 - пневматическая 254
 - распылением 254
- Оксидирование 228
- Организация рабочих мест 20
- Осадка 102
- Освещенность рабочих мест 21
- Осмoс обратный 22
- Осушитель углекислого газа 152
- Отклонения пространственные 264
- Очистка:
 - гидропескоструйная 17
 - деталей в щелочных растворах 19
 - от консервационных смазок 19
 - — нагара косточковой крошкой 16
 - погружением 15
 - пескоструйная 17
 - поверхности 7
 - резьбовых отверстий ершом 94
 - твердых отложений механическим способом 16
 - термохимическая в щелочном расплаве 17
- Оценка:
 - балльная 71
 - качества покрытий 66

П

- Пенообразование 10
- Пигменты 253
- Пластинирование:
 - износостойкое 87
 - напряженное 88
 - поясное 88
 - продольное 88
 - регулируемое 87
 - свободное 88
 - связанное 89
 - спиральное 88
- Пластификаторы 253
- Плазмoтрон 203
- Плотность тока катодная 224
- Погнутость коленчатого вала 31
- Погрешность:
 - базирования 262
 - геометрических форм 264
- Подача минутная поперечная 268
- Подготовка трещин к сварке 163
- Подогреватель углекислого газа 152
- Показатель щелочности 11

Покрытия:
 гальванические и химические 209
 защитно-декоративные 226
 лакокрасочные 252
 спеченные антифрикционные 244
 электролитические 213
 Поле магнитное пустого индуктора 175
 Полиамиды 242
 Полуавтоматы для сварки и наплавки 157
 Поляризация электродов 213
 Правка:
 горячая 118
 местным наклепом коленчатого вала 119
 наклепом 118
 статическим изгибом 116
 термическая 119
 ударом 118
 холодная 117
 Преобразователь:
 высокочастотный магнитный 176
 излучающий 39
 измерительный (датчик) 29
 частоты статический 176
 электроконтактный предельный 29
 Пресс универсальный гидравлический 124
 Пресс-форма для свертывания пластин в цилиндр механизированная 98
 Приборы:
 контроля механические 28
 оптические 28
 пневматические 28
 электрические 28
 Приварка электроконтактная 166
 Принцип:
 единства баз 262
 совмещения 262
 Припуск:
 минимальный 265
 промежуточный 264
 Приспособления:
 для контроля размеров пластины 97
 — осадки втулок 123
 — полирования наружных фасок пальцев 133
 — ротационного упрочнения деталей 130
 — установки и крепления гильз 81
 — центровки и закрепления гильзы цилиндров 96
 — шлифовки торцов пальцев 132
 неразборные специальные 286
 подвесочное 234
 сборно-разборные 286
 специализированные наладочные 286
 универсально-безналадочные 286

 универсально-наладочные 286
 универсально-сборные 286
 Притирание поверхности 270
 Проверка:
 радиального зазора подшипников 32
 осевого зазора подшипников 32
 Проволока электродная 144
 Профилограф-профилометр 30
 Процесс ремонта типовой технологический 70
 Прочность сцепления 279
 Псевдосплавы для индукционной наплавки 182

Р

Работа очистки 7
 Разгонка 278
 Раздача:
 гидротермическая 107
 с нагревом 106
 холодная 105
 электрогидравлическая 109
 Разделка сквозных трещин 163
 Размеры:
 гильз цилиндров двигателей 80
 нерегламентированный 76
 ремонтный регламентированный 76
 Раскатка роликовая 129
 Растворители органические 12
 Реактопласты 242
 Регулировка винта резца 82
 Режимы:
 восстановления посадочных мест валов электромеханическим накатыванием 116
 наплавки 145, 146, 151
 обработки деталей при галтовке 216
 — наплавленных поверхностей 267
 — твердых покрытий электрохимическим шлифованием 277
 работы при железнении 224
 — — химическом обезжиривании 217
 — — хромировании 222
 — — черном хромировании 223
 — — электрохимическом обезжиривании 218
 раскатки 130
 чистового шлифования наплавленных деталей 269

С

Сварка:
 аргонно-дуговая 152, 156
 в среде защитных газов 148
 — — углекислого газа 148

- взрывом 136
 - газовая 135
 - диффузионная 136
 - индукционная 135
 - контактная 136
 - лазерная 135, 189
 - магнитимпульсная 136
 - механическая 136
 - под слоем флюса 140
 - термическая 135
 - термохимическая 135
 - трением 136
 - трещин способом отжигающих валиков 164
 - ультразвуковая 136
 - холодная 136
 - чугунных деталей 161
 - — горячая 165
 - — холодная 162
 - электродуговая 135
 - электронно-лучевая 135
 - электрошлаковая 135
 - Сиккативы 253
 - Сила сварочного тока 145
 - Скорость:
 - наплавки 145
 - отверждения 247
 - подачи электродной проволоки 145
 - Смолы эпоксидные 242
 - Соединения клеевые 251
 - Сортировка деталей 67
 - Составы:
 - для обезжиривания подшипников 20
 - клеевые 252
 - растворов для химического и электрохимического травления сталей и чугуна 219
 - — химического обезжиривания 217
 - — электрохимического обезжиривания 218
 - флюса для сварки легированных сталей 144
 - электролитов для железнения 224
 - — черного хромирования 222
 - Способы:
 - восстановления деталей технологические 74
 - индукционной наплавки 179
 - мойки и очистки деталей 7
 - нанесения гальванических покрытий безванные 230
 - очистки сточных вод реагентные 240
 - ремонта резьбовых соединений 91
 - удаления загрязнений 8
 - Средства:
 - контроля размеров 28
 - мощные 8
 - синтетические 11
 - растворяюще-эмульгирующие 13
 - ароматические 16
 - предельные 16
 - хлорированные 15
 - Стан волоочильный 92
 - Степень диспергирования 254
 - Схема:
 - автоматического регулирования плотности тока 237
 - — кислотности электролита 238
 - — температуры электролита 237
 - управления процессом электролиза 238
 - гальванического процесса 211
 - двойной правки вала 118
 - моющего процесса 10
 - накачивания и сглаживания деформированной поверхности детали 115
 - обработки цилиндрических поверхностей 121
 - осаждения металла контактным способом 232
 - очистка стоков методом ионного обмена 241
 - путевого датчика 127
 - резки стальной ленты на мерные пластины 96
 - сварки неплавящимся электродом в среде аргона 154
 - установки для сварки в среде углекислого газа 151
 - холодной правки вала 117
 - электрохимического шлифования 276
- Т**
- Твердость приваренного слоя 169
 - Температура:
 - нагрева охватываемой детали 89
 - охлаждения охватываемой детали 90
 - сварочной дуги 136
 - Тестер качества клеевых соединений 62
 - Термопласты 242
 - Технология ремонта:
 - маршрутная 68
 - групповая 69
 - Типы ввертышей 91
 - Токи вихревые 50
 - Толщина втулки минимально допустимая 89
 - Точение:
 - тонкое (алмазное) 275
 - чистовое 274
 - Точность центровки 79
 - Травление деталей 220
 - Трещина 278

У

Уровни очистки деталей:

макроочистка 6

микроочистка 7

очистка активационная 7

Усилие:

высадки полное 115

запрессовки необходимое 89

Установка:

вертыша 91

высоочастотная 175

для вибродуговой наплавки 159

— восстановления деталей типа крестовин 124

— детонационного напыления 206

— мойки мелких деталей во вращающемся барабане 18

— нанесения гальванических покрытий 222

— наплавки толкателей клапанов 188

— напыления поверхностей конденсацией материала в вакууме 207

— очистки деталей косточковой крошкой 17

— струйного хромирования 231

— термопластического обжатия гильз цилиндров 128

моечная струйная 14

наплавочная 147

спиральной вставки 91

Устранение дефектов пайкой 75

Участок:

неполной перекристаллизации 140

нормализации 140

перегрева 140

Ф

Флюсы сварочные 142

Фосфатирование 229

Футеровка хромировочной ванны 233

Х

Характеристики покрытий после выглаживания 123

Хонингование:

антифрикционными брусками 85

плосковершинное 84

цилиндров блока 83

Хромирование:

черное 223

электролитическое 222

Ц

Центровка приспособления 79

Цинкование 228

Ч

Частота вращения наплавляемой детали 145

Число ремонтных размеров 79

Чувствительность прибора дефектоскопическая 45

Ш

Шаг накатки 113

Шагрень 258

Шероховатость поверхности 274

Шихта для индукционной наплавки 181

Шлифование 270

пальцев черновое 132

— чистовое 133

электрохимическое 276

Шпатлевка 257

Щ

Щелочность моющих растворов 10

Э

Эквиваленты электрохимические 212

Электробезопасность 21

Электроды вольфрамовые 154

Электролит саморегулирующийся 222

— тетрахроматный 223

Эмиссия акустическая 40

Эмульгирование 9

Эмульсия 9

Энергоемкость наплавки 174

Эффект близости 174

— кольцевой 174

Эффективность моющих средств 11

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3	4.3. Особенности разработки технологического процесса	79
Глава 1. Мойка и очистка деталей ..	5	Глава 5. Восстановление постановочной дополнительной ремонтной детали	86
1.1. Виды и характер загрязнений деталей	5	5.1. Область применения способа	86
1.2. Моющие средства	8	5.2. Способы крепления дополнительных ремонтных деталей	89
1.3. Оборудование для мойки и очистки	14	5.3. Особенности разработки технологического процесса	90
1.4. Охрана труда и окружающей среды	20	Глава 6. Восстановление деталей пластической деформацией	100
Глава 2. Дефектация и сортировка деталей	24	6.1. Сущность процесса восстановления деталей пластической деформацией	100
2.1. Сущность дефектации и сортировки деталей	24	6.2. Классификация и виды способов восстановления деталей пластической деформацией	101
2.2. Классификация дефектов деталей	24	6.3. Оборудование и оснастка для восстановления деталей пластической деформацией	122
2.3. Методы контроля размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей	27	6.4. Разработки технологического процесса восстановления деталей пластической деформацией	131
2.4. Методы обнаружения скрытых дефектов	33	Глава 7. Восстановление деталей электродуговой сваркой и наплавкой	135
2.5. Оборудование и оснастка для дефектации	51	7.1. Классификация способов сварки	135
2.5.1. Рентгеновский и гамма-методы	51	7.2. Основы электродуговой сварки	136
2.5.2. Капиллярный метод	54	7.3. Сварка и наплавка под слоем флюса	140
2.5.3. Ультразвуковой метод	55	7.4. Сварка и наплавка в защитных газах	148
2.5.4. Магнитопорошковый метод	58	7.5. Вибродуговая наплавка деталей	159
2.5.5. Импедансный метод	60	7.6. Сварка чугуновых деталей	161
2.5.6. Велосимметрический метод	62	Глава 8. Восстановление деталей перспективными способами сварки и наплавки	166
2.5.7. Метод вихревых токов	64	8.1. Электроконтактная приварка металлического слоя	166
2.6. Сортировка деталей по группам годности и по маршрутам восстановления	67	8.2. Индукционная наплавка	172
Глава 3. Классификация способов восстановления деталей	71	8.3. Лазерная сварка и наплавка	189
3.1. Техничко-экономическая целесообразность восстановления деталей	71		
3.2. Способы восстановления деталей	72		
Глава 4. Восстановление деталей обработкой под ремонтный размер	76		
4.1. Область применения способа	76		
4.2. Методика определения значения и числа ремонтных размеров	77		

Глава 9. Восстановление деталей газотермическим напылением	191	11.2. Нанесение синтетических материалов для компенсации износа деталей	244
9.1. Сущность процесса напыления	191	11.3. Восстановление герметичности деталей	247
9.2. Способы газотермического напыления	192	11.4. Соединение деталей с использованием синтетических материалов	251
9.2.1. Электродуговое напыление	192	11.5. Восстановление лакокрасочных покрытий	252
9.2.2. Газопламенное напыление	195	Глава 12. Механическая обработка восстанавливаемых деталей	261
9.2.3. Высокочастотное напыление	202	12.1. Базирование деталей	261
9.2.4. Плазменное напыление	202	12.2. Обработка наплавленных поверхностей	266
9.2.5. Детонационное напыление	205	12.3. Обработка деталей с газотермическими покрытиями	269
9.2.6. Упрочнение конденсацией металла с ионной бомбардировкой	206	12.4. Обработка деталей с гальваническими покрытиями	271
Глава 10. Восстановление деталей гальваническим и химическим наращиванием материала	209	12.5. Обработка синтетических материалов	272
10.1. Классификация и общая характеристика способов гальванического и химического наращивания материала	209	12.6. Перспективные способы механической обработки восстанавливаемых деталей	275
10.2. Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий	214	Глава 13. Проектирование технологических процессов восстановления деталей	278
10.3. Хромирование деталей	220	13.1. Выбор рационального метода восстановления деталей	278
10.4. Железнение деталей	223	13.2. Классификация видов технологических процессов восстановления	280
10.5. Защитно-декоративные покрытия	226	13.3. Исходные данные и последовательность разработки технологических процессов восстановления	287
10.6. Вневаннные и безваннные способы нанесения гальванических покрытий	229	13.4. Порядок оформления технологической документации	289
10.7. Оборудование и оснастка для нанесения покрытий	232	Приложения	291
10.8. Особенности разработки технологических процессов	239	Список литературы	293
10.9. Мероприятия по охране окружающей среды	240	Предметный указатель	294
Глава 11. Восстановление деталей синтетическими материалами	242		
11.1. Характеристика синтетических материалов для восстановления деталей	242		

Учебник

*КАНАРЧУК ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ,
ЧИГРИНЕЦ АНАТОЛИЙ ДМИТРИЕВИЧ,
ГОЛЯК ОЛЕГ ЛЕОНТЬЕВИЧ,
ЩОЦКИЙ ПЕТР МИХАЙЛОВИЧ*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ
ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Предметный указатель составила
Л. В. Васильева

Обложка художника *Г. Л. Федорова*

Технические редакторы *Л. Г. Дягилева, М. А. Шуйская*

Корректор-вычитчик *В. Я. Кинареевская*

Корректор *В. А. Луценко*

ИБ № 4824

Лицензия № 010163 от 04.01.92 г.

Сдано в набор 15.02.94. Подписано в печать
14.04.95. Формат 70×100¹/16. Бум. тип. № 2.
Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл.
печ. л. 24,7. Усл. кр.-отт. 24,7. Уч.-изд. л. 26,36.
Тираж 5000 экз. Заказ 372. С 056.
Изд. № 1-1-1/6 № 6149.
Издательство "ТРАНСПОРТ",
103064, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4
Комитета Российской Федерации по печати,
129041, Москва, Б. Переяславская, 46

Ордена "Знак Почета"

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ТРАНСПОРТ"

Имеется в продаже:

Гурвич И. Б., Сыркин П. Э., Чумак В. И. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1994. — 10 л. — 2500 экз.

Рассмотрены основные термины и определения надежности, показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и методы их определения. Изложены причины нарушения работоспособности автомобильных двигателей и способы обеспечения надежности на стадии проектирования и в производстве. Показано влияние на надежность двигателей режимов их работы, качества эксплуатационных материалов, технического обслуживания и ремонта. Даны рекомендации по повышению надежности в эксплуатации.

Рассчитана на инженерно-технических работников автомобильного транспорта.

**Заказать или приобрести книги
издательства "Транспорт" можно:**

в отделе книжной торговли

103064, Москва, Басманный туп., 6а. Тел. 262-58-63, факс 261-13-22

в магазинах "Транспортная книга":

107078, Москва, Садовая Спасская ул., д. 21. Тел. 262-25-13

191040, С.-Петербург, ул. Пушкинская, д. 20. Тел. 164-98-07

в отделениях издательства "Транспорт":

394621, Воронеж, просп. Революции, д. 18

620013, Екатеринбург, ул. Челюскинцев, д. 11

664000, Иркутск—центр, ул. Марата, д. 62/2

603002, Н. Новгород, ул. Чкалова, д. 9а

630004, Новосибирск, ул. Вокзальная магистраль, д. 12

344031, Ростов—на—Дону, пл. Привокзальная, д. 1/2

443030, Самара, Комсомольская пл., д. 2/3

410071, Саратов, просп. Ленина, д. 8

680000, Хабаровск, ул. Карла Маркса, д. 20

454005, Челябинск, ул. Свободы, д. 102а

672090, Чита, Анохина, д. 59 (а/я 557)

150000, Ярославль, ул. Терешковой, д. 19

Книги наложенным платежом не высылаются

Ордена "Знак Почета"

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ТРАНСПОРТ"

Готовится к изданию:

Моделирование процессов восстановления машин: Учеб. пособие для вузов/В. П. Апсин, Л. В. Дехтеринский, С. Б. Норкин, В. М. Приходько. — 1955. — 20 л. — 2000 экз.

Рассмотрены основные аспекты теории восстановления машин, связанные с построением имитационных математических моделей и решением разного рода оптимизационных задач, связанных со старением и восстановлением автомобилей, их сборки после ремонта и др. Применяемый математический аппарат не выходит за рамки обычного курса высшей математики вуза. Для облегчения пользования пособием отдельная глава посвящена сведениям из теории вероятностей и математической статистики.

Для студентов вузов.

Заказать или приобрести книги издательства "Транспорт" можно:

в отделе книжной торговли

103064, Москва, Басманный туп., 6а. Тел. 262-58-63,
факс 261-13-22

в магазинах "Транспортная книга":

107078, Москва, Садовая Спасская ул., д. 21. Тел. 262-25-13
191040, С.-Петербург, ул. Пушкинская, д. 20. Тел. 164-98-07

в отделениях издательства "Транспорт":

394621, Воронеж, просп. Революции, д. 18
620013, Екатеринбург, ул. Челюскинцев, д. 11
664000, Иркутск—центр, ул. Марата, д. 62/2
603002, Н. Новгород, ул. Чкалова, д. 9а
630004, Новосибирск, ул. Вокзальная магистраль, д. 12
344031, Ростов-на-Дону, пл. Привокзальная, д. 1/2
443030, Самара, Комсомольская пл., д. 2/3
410071, Саратов, просп. Ленина, д. 8
680000, Хабаровск, ул. Карла Маркса, д. 20
454005, Челябинск, ул. Свободы, д. 102а
672090, Чита, Анохина, д. 59 (а/я 557)
150000, Ярославль, ул. Терешковой, д. 19

Книги наложенным платежом не высылаются