

ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и технология литейного производства»

ББК 34.61 я73

3-17

УДК 621.74.06(075.8)

Рецензенты: кафедра «Машины и технология литейного производства» Ростовского-на-Дону института сельскохозяйственного машиностроения; Я. Ш. Шморгуи, канд. техн. наук.

Иосиф Борисович Зайгеров
ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Редактор *Л. Н. Базулько*
Мл. редактор *А. П. Берлина*
Худож. редактор *Ю. С. Сергачев*
Техн. редактор *П. В. Фрайман*
Корректор *Н. Б. Назирева*

ИБ № 894

Сдано в набор 14.03.80. Подписано в печать 20.11.80. АТ 13658. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типогр. № 1. Литературная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 23. Уч.-изд. л. 24,84. Тираж 3500 экз. Изд. № 78-181. Зак. 1142. Цена 1 руб.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета БССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли, 220048. Минск, Парковая магистраль, 11. Дом книги.

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства ЦК КП Белоруссии, 220041, Минск, Ленинский пр., 79.



Зайгеров И. Б.

3-17 Оборудование литейных цехов: [Учеб. пособие для вузов по спец. «Машины и технология литейного производства»].— Мн.: Выш. школа, 1980.— 368 с., ил.

В пер.: 1 руб.

В книге излагаются основы совершенствования литейного производства, сведения о программных манипуляторах и транспортной технике литейных цехов. Рассматривается оборудование для подготовки формовочных материалов и смесей, шихтовых материалов и получения жидкого металла, для изготовления форм и стержней, а также оборудование для очистки и обезвреживания пылегазовых выбросов литейного производства.

Учебное пособие предназначается для студентов машиностроительных вузов по специальности «Машины и технология литейного производства» и может использоваться студентами металлургических специальностей, работниками металлургической промышленности и проектных организаций.

3 31012—194
М304(05)—80 74—80 2704020000

ББК 34.61 я73
6П4.1

© Издательство «Вышэйшая школа», 1980.

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением развития народного хозяйства в десятой пятилетке являлось повышение эффективности производства и улучшение качества продукции.

В сфере литейного производства решение этих задач заключается главным образом в использовании высокоэффективных форм организации производства, внедрении новых прогрессивных технологических процессов, создании высокопроизводительных автоматизированных комплексов оборудования, обеспечивающих получение отливок высокого качества.

Вузы страны должны подготовить инженеров-механиков, которым предстоит заниматься конструированием нового технологического оборудования для литейного производства; эксплуатацией, ремонтом и модернизацией существующего оборудования литейных цехов; реконструкцией старых и проектированием новых литейных цехов и заводов; исследованиями в области технологии и машин литейного производства; организацией труда в литейных цехах.

Создание новых видов оборудования — творческий процесс, опирающийся на знание конструктором технологических схем и основ теории машин, используемых в главных технологических потоках литейного производства.

Предметом курса «Оборудование литейных цехов» являются конструкции рабочих машин литейного производства, методы их расчета, а также устройство и работа автоматизированных поточных линий, составленных на основе этих машин.

Механизация литейного производства имеет довольно короткую историю. Первые примитивные литейные машины появились в начале XX в.

Большинство литейных цехов дореволюционной России имело небольшую мощность и работало на ступенчатом режиме. Почти все операции по приготовлению формовочных смесей, изготовлению форм и стержней, шихтовке, плавке, заливке, выбивке и очистке отливок производилось вручную или с помощью простейших ручных машин. Инженеры в литейном производстве работали редко, все дело большей частью находилось в руках мастеров-практиков.

Вместе с тем в дореволюционной России был накоплен определенный опыт по производству ответственного машиностроительного литья. Ученые и мастера-литейщики внесли большой вклад в создание прогрессивных в то время технологических процессов изготовления сложных отливок.

Наиболее передовыми по организации производства и его механизации являлись литейные цехи Люберецкого завода сельскохозяйственных машин и Подольского завода швейных машин, не уступавшие лучшим зарубежным цехам.

Однако по объему производства различных видов литья Россия значительно отставала от развитых капиталистических стран. Общий выпуск литейных цехов к началу 1914 г. составлял около 680 тыс. тонн отливок в год.

Советская власть поставила задачу перевести все народное хозяйство на современную техническую базу. С 1926 г. началась реконструкция существовавших литейных цехов и строительство новых. Проекты этих цехов предусматривали внедрение достижений мировой практики литейного производства, широкое применение комплексной механизации технологических и транспортных операций.

В 1927—1937 гг. были построены и пущены конвейерные литейные цехи Челябинского, Волгоградского и Харьковского тракторных заводов, Горьковского и Московского автомобильных заводов и др. Базой для механизации литейного производства являлся Московский завод «Красная Пресня».

Одновременно начинает формироваться советская научная школа по литейным машинам в МВТУ под руководством проф. Н. П. Аксенова. Создается и развивается курс оборудования литейных цехов как специальная дисциплина в машиностроительных вузах страны.

Великая Отечественная война не прервала развития литейного производства. Оно обеспечивало потребности нашей промышленности в литье для военной техники.

После войны восстановление машиностроительных заводов связано с модернизацией и дальнейшей механизацией литейных цехов. Создаются новые типы и конструкции машин. Продолжается и углубляется разработка расчетно-теоретических вопросов по литейному оборудованию, ведутся научные исследования.

Дальнейшее развитие характеризуется ростом уровня механизации и автоматизации литейного производства. В этот период (1950—1975) построено и введено в строй много новых литейных цехов, в которых заложены наиболее прогрессивные технологические решения, комплексно механизированы и автоматизированы все основные технологические потоки (Волжский автомобильный завод, КамАЗ).

Объем производства отливок из чугуна, стали и цветных сплавов к концу 1975 г. превысил 24 млн. тонн в год, что закрепило лидирующее положение нашей страны в мировом выпуске отливок.

За годы последних двух пятилеток литейное машиностроение сформировалось в самостоятельную отрасль, задачами которой является: создание, освоение и дальнейшее совершенствование прогрессивных автоматических машин и линий, организация серийного производства комплектов оборудования с быстросменной оснасткой и с электронными системами управления.

Производством литейного оборудования в нашей стране занято несколько специализированных и вновь построенных заводов, среди которых Новосибирский завод литейных машин и автоматических линий («Сиблитмаш»), завод литейного оборудования «Амурлитмаш», Тираспольский и Павлоградский заводы «Литмаш», завод «Автолитмаш» в г. Ивано-Франковске, завод унифицированных и специальных узлов автоматических линий в г. Пинске и ряд других.

Научными исследованиями и разработкой новых прогрессивных видов литейного оборудования занимаются Всесоюзный научно-исследовательский институт литейного машиностроения, литейной технологии и автоматизации литейного производства (ВНИИЛИТМАШ), научно-исследовательский институт специальных способов литья (НИИСЛ), Всесоюзный проектно-технологический институт литейного производства (ВПТИлитпром), отраслевые научно-исследовательские институты (НИИТавтопром, НИИЛИТавтопром, НИИТракторосельхозмаш и др.), а также кафедры литейного производства политехнических вузов страны и специальные конструкторские подразделения на передовых машиностроительных заводах.

В настоящее время технический прогресс в литейном производстве определяется главным образом реализацией эффективных научных разработок, внедрением новых прогрессивных технологических процессов и высокопроизводительного автоматизированного оборудования, в том числе и программных манипуляторов различной степени сложности, применением электронных вычислительных машин для оптимального управления всеми технологическими комплексами.

Ближайшая задача — создание комплексно-автоматизированных литейных цехов.

Раздел первый. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Глава 1. СОВРЕМЕННАЯ НТР И ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Некоторые проблемы развития

Общие положения. XX век характеризуется бурным ростом технического прогресса и высокими темпами производства, его справедливо называют периодом научно-технической революции (НТР).

Революционные изменения в технике связаны с раскрытием ряда противоречий ее развития и определением наиболее эффективных путей решения основных проблем, к которым относятся: проблема автоматизации управления; проблема интеграции процессов; проблема мобильности оборудования.

Проблема автоматизации управления. Развитие техники, рост потребности в литых заготовках, усложнение самих отливок и производственных процессов привело к созданию специализированных машин и систем машин — автоматических линий.

Условия работы этих машин настолько сложны, что управление ими нередко перерастает физиологические возможности человека. Особенно это касается высокоинтенсивных процессов, таких, например, в которых используются высокие температуры, высокие давления, высокие скорости и т. п.

Таким образом, с одной стороны, мы имеем необходимость в интенсификации процессов, а с другой — ограниченные физиологические возможности человека по управлению этими процессами.

Автоматизация производства в широком смысле слова и есть тот элемент современной НТР, призванный устранить это противоречие.

Основным направлением технического прогресса в современном литейном производстве является комплексная автоматизация технологических процессов, обеспечивающая повышение производительности труда, стабилизацию технологических параметров, повышение качества литых деталей, заготовок, а также улучшение условий труда и санитарно-гигиенического состояния производственных помещений.

Проблема интеграции процессов. Автоматизированный производственный процесс представляет комплексное единство всех процессов и операций, взаимодействие которых должно осуществ-

даться с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и автоматизированных систем управления производством (АСУП).

Такое управление производственными процессами объединяет разные операции, требует большего уровня непрерывности в производстве, превращая его в интегрированное целое.

Проблема мобильности техники. Автоматизированное производство предполагает постоянно растущие требования к количеству и качеству выпускаемой продукции. Вместе с тем постоянное совершенствование продукции (изменение конфигурации, размеров отливки) требует частой смены технологической оснастки, переналадки оборудования. Помимо этого, для литейного производства вообще характерно частое изменение номенклатуры отливок, выпускаемых цехами не массового производства.

Все это ведет к снижению производительности оборудования и массовости выпуска продукции. Преодолеть это противоречие можно путем создания и использования универсальной и мобильной техники.

Под *универсальностью* понимается способность оборудования к переналадке, а под *мобильностью* — быстрота переналадки и перехода к выпуску новой продукции.

Такой переход позволяет осуществить массовое быстросменное производство.

1.2. Основные технологические циклы в литейном производстве

Производство отливок — сложный многостадийный процесс с многократным перемещением большого количества различных материалов, смесей, стержней, форм, модельно-опочной оснастки, отливок, отходов и др.

Можно выделить несколько главных потоков, обеспечивающих осуществление следующих технологических циклов (рис. 1.1): I — подготовка формовочных материалов и приготовления смесей; II — изготовление форм и стержней; III — подготовка шихтовых материалов, получение жидкого металла и заливка его в формы; IV — выбивка, очистка и окончательная обработка отливок.

Сумма последовательных технологических циклов определяет производственный цикл изготовления отливок.

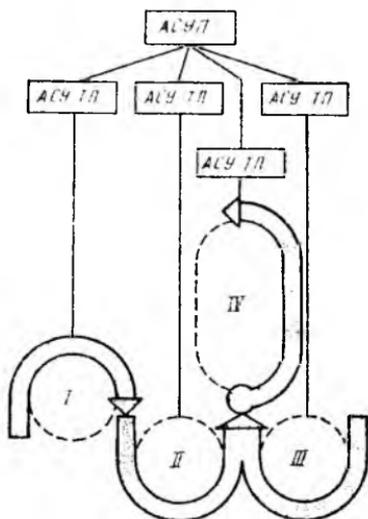


Рис. 1.1. Схема комплекса автоматизированных технологических циклов литейного цеха

1.3. Комплексная автоматизация литейного производства

К числу организационно-технических мероприятий, предшествующих осуществлению комплексной автоматизации литейного производства, следует отнести следующие:

а) специализацию, кооперирование и концентрацию производства;

б) организацию централизованного производства исходных материалов;

в) унификацию, нормализацию и стандартизацию деталей машин, отливок, их элементов и технологической литейной оснастки;

г) организацию централизованного изготовления оснастки;

д) применение наиболее рациональной, прогрессивной технологии, обеспечивающей высокую производительность и получение отливок высокого качества;

е) создание и внедрение в производство автоматизированных комплектов высокопроизводительного оборудования, систем машин и систем управления;

ж) использование ЭВМ во всех звеньях литейного производства.

Специализация дает наибольшую технико-экономическую эффективность при условии загрузки литейного цеха тщательно подобранной номенклатурой однотипных, близких по размерам и весу отливок из одного сплава.

Чем крупнее серия выпуска отливок, тем больше возможностей для комплексной механизации и автоматизации производства, тем ниже себестоимость отливок.

Централизованное массовое производство исходных материалов на основе новейшей техники облегчит стандартизацию этих материалов и позволит стабилизировать процессы формовки, плавки, повысить качество отливок, создать условия для надежной работы автоматических машин и линий.

Унификация позволяет уменьшить число типов отливок, однообразных по конфигурации, размерам, назначению. Это дает возможность изготавливать их крупными сериями и тем самым сделать эффективным применение автоматизированного оборудования. Кроме того, унификация отдельных конструктивных элементов различных литых деталей (радиусов скруглений, бобышек, литейных уклонов, допусков и пр.) облегчает централизованное изготовление литейной оснастки.

Применение прогрессивной технологии является основой для создания автоматизированного высокопроизводительного оборудования. Прогрессивные процессы — это процессы, которые, обеспечивая получение высокого качества продукции, являются высокопроизводительными и легко поддаются автоматизации.

Оснащение литейных цехов высокопроизводительным автоматизированным оборудованием должно базироваться на комплектах машин и устройств, входящих в сферу автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Комплексная автоматизация — часть общего процесса совершенствования производства. В него входят: совершенствование оборудования, улучшение конструкции и технологичности изделий, внедрение новых материалов и технологических процессов, совершенствование организации и управления производством, повышение уровня массовости производства, например путем специализации и кооперирования его, унификации и нормализации изделий.

Глава 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МАШИН-АВТОМАТОВ

2.1. Технологический процесс

Любой технологический процесс может быть представлен как координированное воздействие различных видов энергии на обрабатываемый материал с целью получения заданной продукции.

В технологическом процессе можно выделить следующие элементы: поток материалов; поток энергии; рабочие операции, при которых происходит воздействие энергии на материал; координацию воздействиями энергии на материал; поток информации о ходе рабочих операций.

В зависимости от того, осуществляется ли координация воздействиями непосредственно человеком или автоматическим устройством, процессы можно отнести соответственно к механизированным или автоматизированным.

Технологический эффект литейных процессов обуславливает получение отливок высокой точности и чистоты поверхности, отсутствие внутренних дефектов и др.

Воздействия на обрабатываемый материал могут быть организованы во времени и пространстве по-разному. От этого зависит производительность машины, в которой осуществляется данный технологический процесс.

При проектировании автоматических машин и автоматизированных линий необходимо выбрать такой технологический процесс и такой принципиальный тип машины, агрегата, которые обеспечивали бы наибольшую производительность и в то же время высокое качество получаемых отливок.

Для автоматизированного производства важно, чтобы технологические процессы были малостадийны и быстротечны.

Быстротечность процессов обеспечивает их высокую производительность и определяется характером пространственного взаимодействия между орудием труда и предметом обработки. По этому признаку все технологические процессы можно разделить на четыре класса.

Первый класс процессов характеризуется точечным взаимодействием между орудием труда и предметом обработки. Применительно к условиям литейного производства примером может

служить процесс уплотнения литейной формы ручной или пневматической трамбовкой (рис. 2.1, а).

Второй класс отличается линейным взаимодействием (например, уплотнение смеси катком, рис. 2.1, б).

Третий класс составляют процессы с поверхностным взаимодействием (прессование формы плоской или профильной плитой, рис. 2.1, в).

Четвертый класс характеризуется объемным взаимодействием орудия труда и предмета обработки (уплотнение форм

надувом или изготовление их из жидких самотвердеющих смесей, рис. 2.1, г).

Осуществление наиболее производительных (быстротекучих) технологических процессов связано в основном с третьим и четвертым классами.

Независимо от класса процессы могут быть прерывными и непрерывными. Последние более производительны и их относительно просто автоматизировать. Поэтому одним из критериев прогрессивности технологического процесса является также его непрерывность.

При выборе технологического процесса немаловажное значение имеют безопасность работы обслуживающего персонала и комфортабельность рабочих мест.

2.2. Организационная структура рабочих процессов и агрегатирование машин

В многообразных организационных схемах и структурах рабочих процессов, на базе которых создаются машины для литейного производства, можно выделить три основных принципа: а) принцип многопозиционной обработки; б) принцип многопоточной обработки; в) принцип многоинструментальной обработки.

В однопозиционных машинах (рис. 2.2) в течение всего времени обработки на одном и том же месте (на одной позиции) производятся по очереди все последовательные переходы обработки изделия агрегатами A_1, A_2, A_3, A_4 машины. Продолжительность цикла обработки равна сумме времени всех технологических переходов t_1, t_2, t_3, t_4

$$T_{ц} = \sum t_i$$

При многопозиционной структуре рабочего процесса на многопозиционной машине с периодическим движением транспортирую-

шего органа (рис. 2.3, а) операции совмещаются по времени и разделяются по месту. Каждое изделие проходит полный цикл обработки. Продолжительность цикла равна времени выполнения самого длительного перехода плюс время на транспортные операции $t_{тр}$ между отдельными переходами $T_{ц} = t_{макс} + t_{тр}$.

Из циклограммы (рис. 2.3, б) видно, что многопозиционная машина тем производительнее, чем больше переходов или позиций включает процесс обработки и чем меньше разница в продолжительности этих переходов.

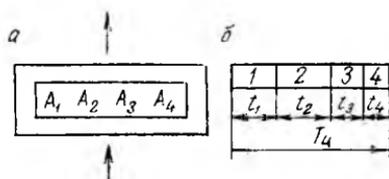


Рис. 2.2. Однопозиционная машина:

а — схема; б — циклограмма

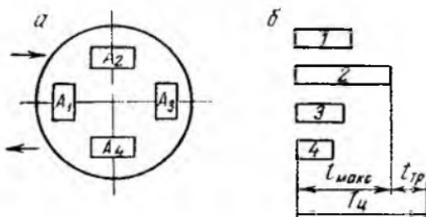


Рис. 2.3. Многопозиционная машина:

а — схема; б — циклограмма

Сравнив циклограммы однопозиционной и многопозиционной машины, можно сказать, что последняя имеет более высокую производительность.

При расчленении процесса на переходы, равные по длительности, продолжительность цикла будет в m раз меньше

$$T_{ц} = \frac{\sum t}{m} + t_{тр},$$

где m — число позиций.

Однако это положение действительно только до определенного предела, так как чем больше число позиций, тем больше и потери времени на непроизводительную работу.

При многопоточной обработке на машине одновременно обрабатывается несколько параллельных потоков изделий на нескольких рабочих местах. Эти машины также могут быть однопозиционными и многопозиционными.

В однопозиционных машинах каждое рабочее место оснащено комплектом инструментов, необходимых для выполнения технологического процесса (рис. 2.4, а).

Длительность цикла в этом случае (рис. 2.4, б)

$$T_{ц} = \frac{\sum t}{n},$$

где n — число потоков.

При использовании многопозиционного варианта длительность цикла

$$T_{ц} = \frac{\sum t}{n} + t_{тр}.$$

Многоинструментальная обработка заключается в выполнении одновременно нескольких технологических переходов на одной и той же позиции с помощью нескольких инструментов. Чтобы такая обработка была возможна, необходимо создать технологический процесс, который допускал бы выполнение совмещаемых переходов (например, одновременное прессование и вибрирование,

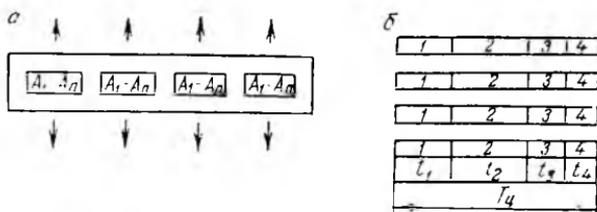


Рис. 2.4. Многопоточная однопозиционная машина:

а — схема; б — циклограмма

одновременное прессование и встряхивание, одновременная загрузка в смеситель всех компонентов и др.).

Длительность цикла

$$T_{ц} = \frac{\sum t}{ni} + t_{тр},$$

где i — коэффициент многоинструментальности процесса.

В любой отрасли производства основным движущим фактором развития автоматизации были и остаются постоянно растущие требования к производительности машин при высоком качестве выпускаемых изделий.

2.3. Классификация рабочих машин

Сопоставляя приведенные выше принципы организационной структуры рабочих процессов и агрегатирования машин, можно заключить, что многопозиционная, многопоточная и многоинструментальная системы обработки благодаря большим преимуществам должны закладываться в основу современных высокопроизводительных автоматических машин.

В табл. 2.1 приведена общая классификация рабочих машин по организационной структуре процесса [3].

Табл. 2.1. Классификация рабочих машин по организационной структуре процесса

Поточность	Инструментальность	Однопозиционные	Многопозиционные циклического действия	Многопозиционные непрерывного действия
Однопотоочные	Одноинструментальные	$T_{ц} = \Sigma t$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{m} + t_{тР}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{m}$
	Многоинструментальные	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{i}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{mi} + t_{тР}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{mi}$
Многопотоочные	Одноинструментальные	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{n}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{n} + t_{тР}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{mn}$
	Многоинструментальные	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{ni}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{ni} + t_{тР}$	$T_{ц} = \frac{\Sigma t}{mni}$

Согласно этой классификации, рабочие машины можно разделить по признакам позиционности, поточности и инструментальности обработки. Чем выше число позиций и потоков в машине и чем больше одновременно действующих инструментов на каждой позиции, тем выше и производительность машины.

По отношению между технологической и транспортной составляющими рабочего процесса все рабочие машины можно разделить на машины с периодическим и непрерывным движением транспортирующего органа.

В машине с периодическим транспортирующим движением технологические операции выполняются во время остановки транспортирующего органа при неподвижных изделиях. В машине же с непрерывным транспортирующим движением эти операции выполняются на ходу, одновременно с транспортированием изделий. Темп выпуска изделий зависит от скорости их движения.

Машины с непрерывным транспортирующим движением более надежны в работе, так как скорости движения их постоянны и ускорения разгона и торможения отсутствуют. Благодаря этому принцип непрерывности позволяет увеличивать производительность машин не только за счет сокращения $t_{тР}$, но и путем формирования режимов обработки.

2.4. Порядок проектирования

Согласно принятой в СССР Единой системе подготовки технической документации, процесс проектирования оборудования имеет следующие основные этапы: техническое задание; техническое предложение; эскизный проект; технический проект; рабочая документация.

Техническое задание на разработку, например, формовочного автомата является исходным документом для его про-

ектирования. Оно включает чертежи отливок с указанием всех требований по точности размеров и взаимного расположения поверхностей, требуемую производительность, дополнительные данные о конкретных условиях цеховой эксплуатации (напряжение в электросети, давление в пневмосистеме и др.), требования по выполнению санитарных норм и правил по технике безопасности. Заказчиком представляется также план участка, где предполагается смонтировать проектируемую машину с указанием сетки колонн, проходов и проездов.

Техническое предложение включает разработку технологического процесса и принципиальной схемы автомата как предлагаемого варианта реализации требований, изложенных в техническом задании. Здесь же определяется длительность технологического цикла, приводится обоснование выбора технологического процесса и экономическое сравнение возможных его вариантов.

Разработка принципиальной схемы машины предусматривает выбор принципа действия, числа позиций, компоновочной схемы.

Для автоматической линии, кроме того, необходимо выбрать число потоков обработки, количество накопителей и их емкости, шаг рабочих позиций и др.

На этапе технического предложения решают также вопросы выбора системы управления, разработки кинематических пневмогидравлических, электрических схем проектируемых автоматических машин и линий.

Для проектирования автоматических линий со сложными технологическими процессами, помимо перечисленных материалов, разрабатываются технологические схемы обработки, а также планировки линии с привязкой на участке цеха.

Таким образом, на этапе технического предложения решают все принципиальные вопросы проектирования машин, линий, включая технико-экономические обоснования принятых решений, и тем самым создают условия для последующей конструктивной разработки.

Эскизный проект часто совмещают с техническим предложением.

Технический проект охватывает основную часть конструкторской разработки нового оборудования. Он включает проработку основных целевых узлов и механизмов проектируемого автомата или линии с соответствующими расчетами, составление циклограммы, разработку заданий на проектирование электропривода, гидравлических и пневматических систем, системы смазки и др.

Для автоматических линий разрабатывают, кроме механизмов и общих видов встроженных автоматов, общие виды механизмов транспортировки, кантования, накопления заделов, удаления отходов и т. п.

Разработка рабочей документации включает детализирование всех механизмов и узлов, согласно разработанным

общим видам и спецификациям, контроль, окончательную обработку и размножение всей документации, а также составление паспорта автомата с его технической характеристикой, руководство по монтажу, наладке и обслуживанию.

При проектировании специальных машин-автоматов и автоматических линий, какими часто являются литейные машины, сначала создают опытный образец, который испытывают у изготовителя и заказчика, после чего производят доработку конструкции и технологии, корректировку технической документации, а затем налаживают выпуск образцов или серии.

В литейных цехах большинство машин работает в составе поточных линий, производительность которых заранее задана. В этом случае по заданной производительности каждой машины следует обеспечить оптимальные значения кинематических, динамических и технико-экономических параметров проектируемых машин и линий.

2.5. Индексация литейных машин

В литейных цехах используется большое количество различных типов машин и оборудования общего назначения, а также машины, специфичные для литейного производства.

К машинам и оборудованию общего назначения относятся в основном транспортные устройства периодического и непрерывного действия, дробильно-размольные установки, окрасочно-сушильные камеры, вентиляционное и другое оборудование.

К оборудованию, специфичному для литейного производства, относятся различные модели машин и устройств, собранные в определенные технологические группы. Для обозначения моделей этих машин в настоящее время у нас в стране принята пятизначная система классификации и маркировки, в которой первая цифра определяет технологическую группу; вторая — технологический вид; третья — конструктивный тип; четвертая и пятая — типоразмер оборудования.

Для обозначения технологических групп оборудования приняты следующие цифры: 1 — для приготовления формовочных материалов; 2 — для изготовления форм и стержней; 3 — для выбивки литейных форм и стержней; 4 — для очистки отливок; 5 — для оболочкового литья; 6 — для литья по выплавляемым моделям; 7 — для литья под давлением; 8 — для кокильного литья; 9 — для центробежного литья.

Для обозначения технологического вида, например, во 2-й технологической группе приняты следующие цифры: 2 — машины формовочные; 3 — машины стержневые; 4 — пескометы.

Для обозначения конструктивного типа в этом технологическом виде принято: 1 — пневматическая встряхивающе-прессовая без поворота полуформы; 2 — пневматическая встряхивающе-прессовая с поворотом полуформы; и т. д.

Так, машина формовочная модели 22113 относится к техноло-

гической группе 2 — для изготовления форм и стержней, к технологическому виду 2 — формовочным машинам, конструктивный тип которых 1 — встряхивающе-прессовые без поворота полуформ. Машина может быть применена для уплотнения форм в опоках с размерами 800×700 мм, обозначенными последними цифрами 1 и 3.

Ранее присвоенные моделям формовочных машин индексы по трехзначной цифровой системе (см. § 12.4) сохраняются до снятия этих машин с производства.

Глава 3. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

3.1. Принципы организационного построения поточных линий

Повышение эффективности производства немислимо без систематического совершенствования организации труда, которое должно идти прежде всего по пути все более широкого использования поточных методов. Эти методы давно и прочно вошли в практику работы литейных цехов.

В результате перехода к поточным методам производства создаются благоприятные предпосылки для оптимального разделения труда, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, что ведет к повышению производительности, улучшению качества продукции и снижению ее себестоимости.

Механизированные и автоматизированные поточные линии отличаются друг от друга не только технологическим и транспортным оборудованием, приспособлениями и инструментами, но и организационными формами.

В основе классификации поточных линий лежат следующие принципы: степень механизации и автоматизации операций; номенклатура изготовленных изделий (отливок); степень непрерывности процессов; расположение линии в пространстве.

По степени механизации и автоматизации различаются следующие линии.

Механизированные поточные линии, представляющие комплекс технологических и транспортных устройств, связанных в единую систему для выполнения определенного процесса.

Устройства, составляющие такую линию, управляются рабочими-операторами, некоторые операции могут выполняться вручную. Темп работы элементов линии должен обеспечивать ритмичность работы всей линии.

Автоматизированная поточная линия отличается от механизированной тем, что все ее элементы управляются из одного центра автоматически, с помощью специальных устройств и аппаратов. В этих линиях отдельные операции также могут выполняться с помощью механизированного инструмента.

Автоматические линии — это линии, на которых все операции (технологические, контрольные и транспортные) выполняются автоматически, без участия человека.

В зависимости от номенклатуры изготавливаемых изделий поточные линии могут быть специализированными (однопредметными) и многономенклатурными (многопредметными).

Специализированные линии создаются при массовом и крупносерийном производстве одноименных, одинаковых изделий, а многономенклатурные — при серийном производстве изделий, сходных по конструктивным или технологическим признакам.

Определенному уровню техники должна соответствовать и своя форма организации, при которой обеспечивается оптимальное их сочетание, т. е. достигается максимально возможная эффективность производства.

По своему организационному строению поточные линии отличаются друг от друга следующими основными принципами: прямоточностью, параллельностью, ритмичностью и непрерывностью.

Непрерывно-поточные линии характеризуются синхронностью всех операций, равных или кратных по времени ритму. Непрерывность является главным, ведущим принципом построения производственного процесса на поточных линиях.

По расположению в пространстве поточные линии могут быть прямыми и замкнутыми.

3.2. Структура автоматизированных поточных линий и надежность их действия

Устройства, составляющие автоматизированную поточную линию, имеют единый темп работы и единый механизм управления. Структурная схема механизмов такой линии приведена на рис. 3.1.

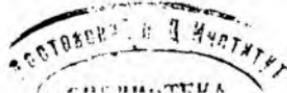
Состав и организационная структура линии должны обеспечивать высокую производительность и бесперебойность в работе, а также высокую мобильность (быструю смену оснастки, переналадку, смену режимов обработки).

Линия должна быть компактна — занимать по возможности меньше производственной площади, бесшумна и безопасна и иметь высокую ремонтоспособность и удобство обслуживания.

Система управления автоматизированной линией должна обеспечивать ее работу в различных режимах и удобную взаимосвязь с АСУ ТП и АСУ литейного цеха, завода.

Наибольший эффект использования автоматизированных линий может быть достигнут лишь при условии надежной и бесперебойной их работы.

Надежность — это свойство машин, механизмов выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей. Основной функцией для литейных автоматизированных линий является выполнение технологических



процессов, которые обеспечивают получение отливок требуемого качества и с определенным темпом выпуска. Надежность линии определяется надежностью составляющих элементов — механизмов, устройств, оснастки.

Автомат или автоматизированная линия могут иметь два состояния:

1) работоспособное, когда они выполняют заданные функции — выпускают продукцию требуемого качества;

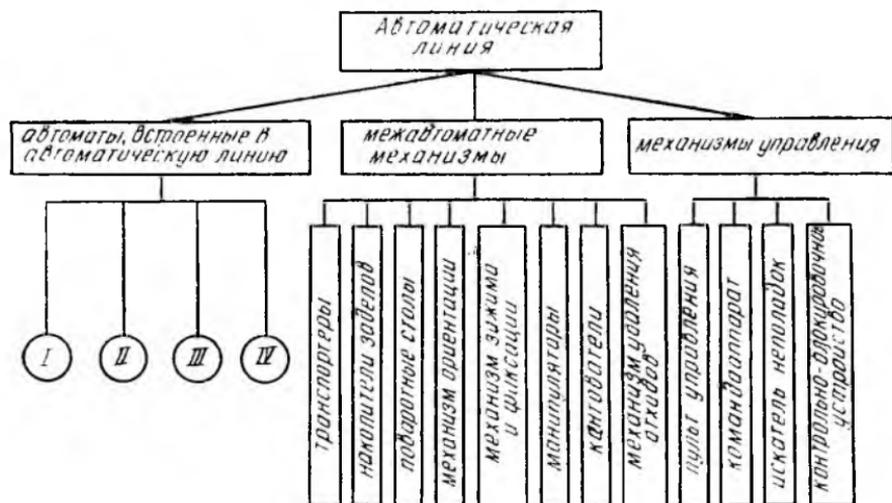


Рис. 3.1. Структурная схема механизмов автоматизированной (автоматической) линии

2) неработоспособное, когда из-за неисправностей механизмов они не выполняют заданных функций. Переход линии из работоспособного состояния в неработоспособное называют *отказом*.

Отказы из-за несрабатывания какого-либо конструктивного элемента линии или невыполнения рабочего цикла характеризуют надежность функционирования. Отказы, когда все механизмы срабатывают и рабочий цикл выполняется, но выдаваемая линия продукция оказывается бракованной, характеризуют технологическую ненадежность линии. Все показатели надежности автоматов и автоматизированных линий можно разделить на показатели безотказности, ремонтпригодности и долговечности.

Важнейшим показателем безотказности является вероятность того, что линия или ее элементы сохраняют свою работоспособность в течение регламентированного промежутка времени.

Показатели безотказности машин не стабильны во времени. Так, в период пуска и освоения интенсивность отказов высока из-за конструктивных дефектов, неосвоенности технологии, недостаточной квалификации обслуживающего персонала. Постепенно интенсивность отказов снижается, наступает период относительной

стабилизации. Затем наступает период прогрессирующего износа — интенсивность отказов возрастает настолько, что машина выводится в планово-предупредительный ремонт.

Ремонтопригодность — это свойство линии и ее элементов быть приспособленными к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем технического обслуживания и ремонтов. Ремонтопригодность автоматов и автоматизированных линий оценивают длительностью единичных простоев для обнаружения, устранения и предупреждения отказов.

Показатели долговечности характеризуют свойство линии и ее элементов сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Предельное состояние механизмов линии определяется обычно невозможностью дальнейшего их использования, связанной с потерей ими технических качеств.

Расчетная надежность машины и линии, т. е. коэффициент надежности, может быть определен по формуле

$$\eta_{\text{лин}} = \frac{t_p}{t_p + t_n},$$

где t_p — среднее за год время работы между двумя простоями; t_n — время восстановления отказов, включающее время обнаружения и время исправления.

Если при этом учесть и время планового ремонта $t_{\text{п}}$, то можно подсчитать коэффициент технической готовности линии

$$\eta_{\text{т.г}} = \frac{t_p}{t_p + t_n + t_{\text{п}}}.$$

Коэффициент использования линии $\eta_{\text{и}}$ (с учетом простоев линии по организационным причинам $t_{\text{орг}}$)

$$\eta_{\text{и}} = \frac{t_p}{t_p + t_n + t_{\text{п}} + t_{\text{орг}}}.$$

Коэффициенты надежности автоматизированных линий обычно составляют $\eta_{\text{лин}} = 0,58—0,80$.

Коэффициенты использования этих же линий $\eta_{\text{и}} = 0,52—0,74$.

Паряду с этим большое значение для бесперебойной работы имеет структура автоматизированных линий и в первую очередь характер связи между ее рабочими элементами (машинами). По этому признаку различают линии с жесткой и гибкой связью.

Линии с жесткой связью состоят из рабочих машин, связанных между собой транспортирующими органами, передвигающими одновременно в определенном темпе все находящиеся на них изделия на один шаг (рис. 3.2). Простой любого из технологических элементов вызывает одновременную остановку всей линии.

Остановки будут тем чаще, чем больше в линии составляющих элементов и чем меньше надежность каждого из них.

Таким образом, коэффициент надежности работы линии может быть выражен как произведение коэффициентов надежности каждого элемента (механизма) линии $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$

$$\eta_{\text{лин}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n.$$

Если допустить, что $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \dots = \eta_n = \eta_{\text{мех}}$, то $\eta_{\text{лин}} = \eta_{\text{мех}}^n$.

Ниже приводятся коэффициенты надежности машины и различных механизмов линий.

Формовочные машины однопозиционные	0,92...0,93
Формовочные машины многопозиционные	0,90...0,92
Выбивные решетки	0,90...0,98
Прошиватели	0,89...0,75
Распаровщики	0,85...0,98
Механизмы сборки форм	0,95...0,98
Грузоукладчики	0,85
Приводные рольганги	0,99
Сталкиватели	0,99
Пневмоцилиндры	0,99

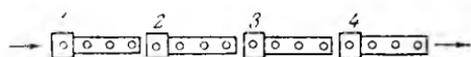


Рис. 3.2. Схема линии с жесткой связью

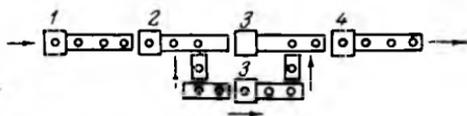


Рис. 3.3. Схема линии с резервированием элементов

Для уменьшения простоев таких линий идут по пути: а) увеличения надежности элементов линии; б) уменьшения числа элементов линии; в) использования резервных элементов.

Обычно осуществляют резервирование только тех элементов линии, выход из строя которых наиболее вероятен. Схема автоматизированной линии с резервным элементом приведена на рис. 3.3.

Помимо приведенных, применяются также линии с «гибкой» связью между ее элементами. Они представляют отдельные участки, имеющие свои независимые транспортирующие органы и промежуточные накопители.

При простое какого-либо элемента остановка других или последующих элементов не будет происходить, так как наличие подвижных заделов продукции в промежуточных накопителях создает условия для независимой работы участков линии. Такая «гибкая» связь между элементами линии повышает коэффициент ее надежности.

3.3. Организация технического обслуживания поточных линий

С целью увеличения показателей безотказности работы машин и автоматизированных линий, повышения их надежности в нашей промышленности применяется система плано-предупредительных

ремонт (ППР). Сущность этой системы заключается в том, что наряду с повседневным уходом за оборудованием существует принудительный профилактический его осмотр и различные виды ремонта, проводимые в заранее установленные сроки в соответствии с планом-графиком ППР.

Планом-графиком предусматриваются следующие виды ремонта:

текущий — при котором восстанавливается работоспособность отдельных узлов машин и линий. Он производится на месте, где установлено ремонтируемое оборудование. Объем и сложность выполняемых работ сравнительно невелики и составляют примерно 10—25% объема капитального ремонта. Обычно подтягиваются болтовые соединения, заменяются некоторые детали, ремонтируются защитные ограждения и др.;

средний — производится частичная разборка машин, но без снятия их с фундаментов. При таком ремонте заменяют изношенные детали, регулируют механизмы, выверяют точность взаимного расположения отдельных элементов оборудования и др. Объем среднего ремонта составляет примерно 50% капитального;

капитальный — машина полностью разбирается и все изношенные детали ремонтируются или заменяются новыми. В некоторых случаях производится демонтаж машины и отправка ее в специализированные ремонтные цехи, оснащенные соответствующим оборудованием. В большинстве случаев капитальный ремонт сочетается с модернизацией отдельных узлов машин или всей установки.

Выполнение плана-графика ППР требует высокой организации ремонтной службы литейного цеха, подготовки и постоянного совершенствования квалификации механиков-ремонтников и инженерно-технического персонала.

3.4. Управление автоматизированными поточными линиями

Для нормальной работы автоматизированной линии требуется сложная и четкая система управления, которая должна обеспечивать:

а) заданную последовательность выполнения рабочих и вспомогательных операций технологического процесса;

б) безаварийную работу всех элементов линии и безопасность ее обслуживания;

в) надлежащее качество продукции и корректировку при необходимости параметров технологических операций;

г) наладку линии на новые режимы обработки и смену технологической оснастки;

д) оповестительную и предупредительную сигнализацию о состоянии, работе, простоях и ремонте линии;

е) учет работы и простоев линии, передачу этих сведений АСУ ПП или АСУ;

ж) контроль качества продукции.

Системы управления автоматизированными линиями могут быть централизованными, децентрализованными и смешанными. Каждая из них может быть разомкнутой или замкнутой, безрефлексной или рефлексной.

В централизованных и децентрализованных разомкнутых безрефлексных системах для управления используются командоаппараты, имеющие жесткую программу; в разомкнутых рефлексных системах используются командоаппараты с периодическим движением от сигналов датчика. В замкнутых системах управление осуществляется на основе обратной связи. В смешанных разомкнутых рефлексных системах для управления используются командоаппараты, останавливающиеся при отсутствии команды на продолжение работы.

Системы обеспечения безаварийной работы и безопасности предусматривают блокировки, которые не позволяют включать угрожаемую фазу работы линии. Они обычно связываются с сигнализацией, оповещающей о месте и характере нарушения нормальной работы линии.

Важнейшими задачами блокировки являются:

а) исключение опасных ситуаций для обслуживающего персонала при неправильном срабатывании (при отказе) какого-либо элемента линии;

б) проверка наличия на позициях линии обрабатываемого изделия (отливки, стержня, опоки, полуформы и т. п.);

в) проверка правильности положения и настройки рабочих органов линии;

г) проверка стабильности условий работы системы смазки;

д) проверка возникновения специфических вредностей (токсичности, излучения и др.).

Системы обеспечения надлежащих результатов технологических операций представляют собой системы активного контроля, работающие с замкнутой цепью воздействия. Основная информация воспринимается датчиками, которые проверяют результаты проводимых операций.

Глава 4. ПРОГРАММНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

4.1. Типы и функциональные схемы манипуляторов

Наряду с созданием комплексных автоматизированных линий важнейшим средством повышения уровня автоматизации и сокращения ручных операций является внедрение автоматических манипуляторов, действующих по заданной программе или меняю-

них ее при изменении условий. Их часто называют промышленными роботами.

Программный манипулятор — техническая система с манипулятивными устройствами, часто с комплексом чувствительных элементов и средствами перемещения, объединенными в одно целое и управляемыми с одного центра.

Программные манипуляторы в промышленности используют при выполнении ручных операций в отдельных местах технологических линий; завершая тем самым комплексную автоматизацию этих линий; для освобождения человека от выполнения монотонных, утомительных, малоквалифицированных операций; в условиях, опасных для здоровья.

В литейном производстве программные манипуляторы начали применяться сравнительно недавно. Известны, например, пескометы с программным управлением, представляющие собой программные манипуляторы. Успешно работают манипуляторы при извлечении отливок из форм на машинах литья под давлением. Существуют манипуляторы на базе подъемно-транспортных устройств — кран-балок, тельферов и др. (транспортные манипуляторы).

Все многообразие конструкций манипуляторов можно разделить на типы по степени участия человека в управлении ими.

Манипуляторы I типа применяют для дистанционной передачи движений. Управляет ими обычно человек. Примером могут служить манипуляторы для перемещения форм и выбитых опок в автоматизированных формовочно-литейных линиях.

Манипуляторы II типа — универсальные с программным управлением. В управлении этими манипуляторами человек не участвует. Они могут циклически выполнять комплекс действий, описанных в программе. К их числу относятся такие устройства, как установщики и сборщики форм, укладчики стержней в форму, нажиматели форм перед заливкой, заливщики форм и др. Они не имеют развитой системы чувствительных элементов и не могут анализировать складывающуюся ситуацию и менять свои действия при изменении условий, не предусмотренных программой.

Манипуляторы III типа — это устройства с адаптивным управлением. Они должны уметь распознавать и анализировать возникающие ситуации и принимать решения при непредусмотренных обстоятельствах. Однако возможности манипуляторов такого типа пока еще ограничены. Как правило, последовательность выполняемых ими действий определяется предварительно заложенными в ЭВМ жесткими программами. Выбор текущей операции и контролирование ее выполнения осуществляется с помощью системы датчиков.

Общая для всех типов манипуляторов функциональная схема системы управления представлена на рис. 4.1.

В каждом типе манипуляторов присутствует та или иная часть из блоков и связей, показанных на схеме. Здесь, блок 1 — объекты действия, т. е. те предметы, изделия, которыми манипулируют.

Блок 2 — исполнительный орган манипулятора, его «руки». Блок 3 — система приводов для перемещения звеньев рук манипулятора с устройствами управления ими (блок 4). Связи между этими тремя блоками (прямые и обратные) показаны стрелками.

Основная исполнительная часть манипулятора любого типа обязательно содержит в себе блоки 2, 3 и 4.

Манипулятор I типа включает в себя блоки 2, 3 и 4. Манипулятор II типа имеет, кроме этого, блок 5 — программное устройство управления. Это устройство должно легко настраиваться на выполнение другого комплекса операций. Серия программ может быть заранее заложена в манипулятор. В манипуляторах II типа исполнительные органы — захваты — снабжаются различными датчиками (блок 6), которые выдают информацию о состоянии самих захватов и предметов, с которыми они должны манипулировать. Различают датчики локационные, телевизионные и оптические, датчики, различающие цвет, температуру и т. п. Сигналы датчиков преобразуются (блок 7) и обрабатываются в ЭВМ или в более простых логических устройствах (блок 5).

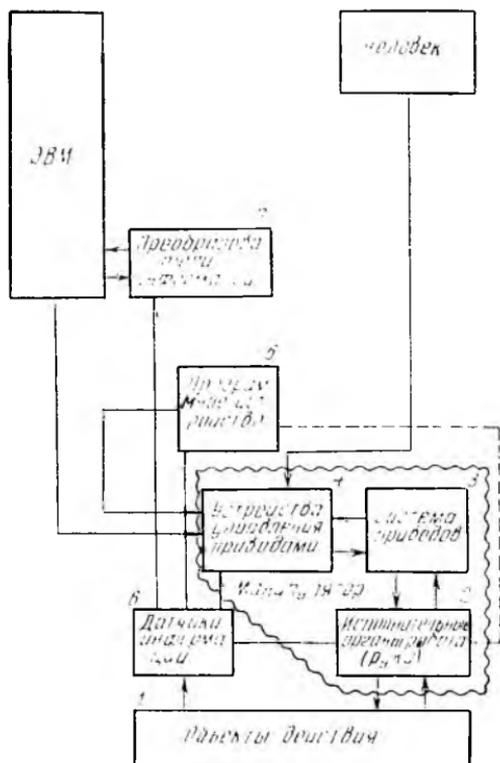


Рис. 4.1. Функциональная схема манипуляторов различных типов

с целью формирования сигналов управления, передаваемых на приводы захватов (блоки 4, 3, 2). Благодаря системе датчиков, служащих источником обратных связей, манипулятор получает возможность адаптации к реально складывающейся обстановке.

4.2. Устройство манипуляторов

Исполнительные органы манипуляторов чаще всего представляют захваты, приводимые в действие различного рода двигателями. В зависимости от характера выполняемых операций число степеней подвижности захвата может быть различным и колебаться от трех до двенадцати.

На рис. 4.2 изображен манипулятор с пятью степенями подвижности.

Конструкции захвата разнообразны. Во многих случаях предусматривается набор сменных захватов, приспособленных к различным видам операций и формам предметов. Кроме обычных механических, применяются захваты магнитные, вакуумные и т. п. Смена захватов может производиться как вручную, так и автоматически. Вместо захвата в манипуляторах может быть применен любой необходимый инструмент: резак для резки металла, рубильный молоток, пульверизатор для окраски и др. Смена инструмента также может быть ручная или автоматическая.

Приводные устройства для управления движением захвата или рабочего инструмента располагаются по-разному. большей частью их помещают непосредственно в каждом шарнире или возле него. Реже их компонуют в одном или двух моторных блоках.

В качестве источника движения используются электрические, пневматические и гидравлические виды привода.

Условия применения некоторых промышленных манипуляторов могут потребовать их передвижения по полу цеха или на подвесных путях. В первом случае используют обычную рельсовую или безрельсовую тележку, но с автоматическим или же с телеуправлением. Во втором случае манипулятор устанавливают на подвеску, перемещающуюся на роликах по потолочному или настенному рельсу. Автоматическое управление движением тележки или подвески может быть связано в единую систему управления.

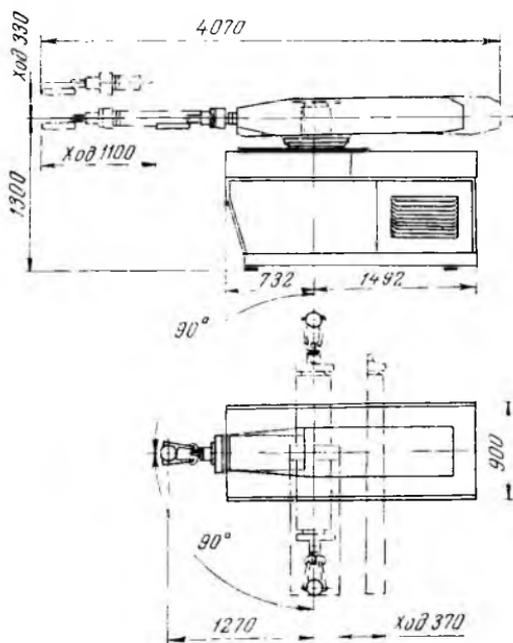


Рис. 4.2. Общий вид манипулятора

4.3. Транспортные манипуляторы

Для нормального функционирования автоматизированных производственных участков литейного цеха необходимо обеспечить оперативную транспортную связь между ними и цеховыми складами, например складом стержней, моделей, а также бесперебойное

снабжение рабочих мест материалами, технологической оснасткой и инструментом.

Решение задачи автоматизации транспортировки грузов связывается с разработкой транспортных манипуляторов, которые составляют особую группу программных манипуляторов.

В состав их входят: транспортное средство, собственно манипулятор с механизмом захвата и устройство программного управления, которое может являться составной частью общецеховой подсистемы управления и регулирования.

Конструктивной основой транспортных манипуляторов в зависимости от конкретной технологической задачи могут служить

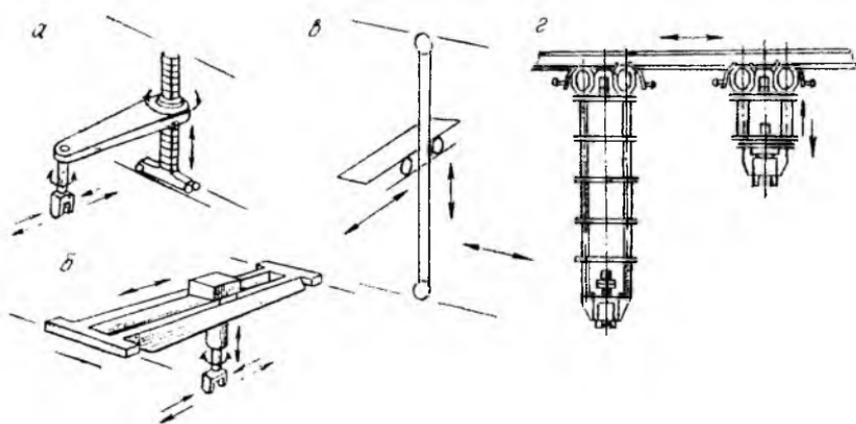


Рис. 4.3. Конструктивные схемы транспортных манипуляторов:
а — консольный кран-манипулятор; б — мостовой кран-манипулятор; в — штабелер-манипулятор; з — тельфер-манипулятор

мостовые и консольные краны, краны-штабелеры и тельферы (рис. 4.3).

Управляет транспортным комплексом оператор. В память системы заносится и хранится там информация о распределении, например, модельных плит в ячейках склада. По команде с пульта, выданной в виде кода номера модельной плиты, процессор автоматически определяет номер ячейки склада, в которой находится данная плита, и выдает команды для отправки к этой ячейке кран-штабелера склада. Кран-штабелер захватывает поддон с модельной плитой и доставляет его на загрузочную позицию склада. Одновременно с вводом номера модельной плиты оператор вводит в ЭВМ адрес участка — формовочного автомата, — на который должен быть доставлен поддон с модельной плитой. Транспортный манипулятор направляется на склад, забирает поддон и доставляет его на соответствующую позицию участка (автомата).

4.4. Области использования программных манипуляторов в литейном производстве

Современные системы автоматизации большей частью представляют тесно взаимосвязанный комплекс различных технических средств. Включение программных манипуляторов в такую систему требует предварительного анализа работы всей системы, подготовки технологии и организации производства.

Программные манипуляторы в литейных цехах применимы для выполнения следующих операций: на плавке — разделка шихты и загрузка ее в плавильные агрегаты, взятие проб, ввод добавок; при заливке форм — накладывание грузов и съем их с форм, заливка металла в формы с различным расположением литниковых чаш, передачи залитых форм на охлаждающий конвейер; при изготовлении форм — установка стержней в форму, окрашивание форм; при изготовлении стержней — для склеивания и сборки стержней; при выбивке форм — для съема отливок с выбивной решетки и навешивания их, сортировки отливок; при очистке отливок — для съема и навешивания отливок; при обрубке и зачистке отливок — для управления огнем или абразивным инструментом; при термообработке и контроле отливок — для сортировки отливок и выполнения погрузочно-разгрузочных операций; при окраске и сушке отливок — для окрашивания отливок и перемещения их.

Использование программных манипуляторов придаст принципиально новые качества системам комплексной автоматизации как на производственных участках литейных цехов, так и во вспомогательных службах.

Раздел второй. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

Глава 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

5.1. Структура технологического цикла смесеприготовления

Формовочные и стержневые смеси составляются в большинстве случаев из свежих песчано-глинистых формовочных материалов регенерата, оборотной смеси и различных добавок. Процесс приготовления смесей включает следующие операции: разгрузку, складирование и подготовку свежих песчано-глинистых материалов и добавок; подготовку оборотной формовочной смеси; регенерацию отработанных смесей; приготовление смесей.

Подготовка свежих песков и необходимых добавок осуществляется на складах формовочных материалов, где производится сушка, охлаждение и просеивание кварцевых песков, резка, сушка и измельчение глины, размалывание каменного угля, измельчение и просеивание высокоогнеупорных материалов (магнезита, циркона

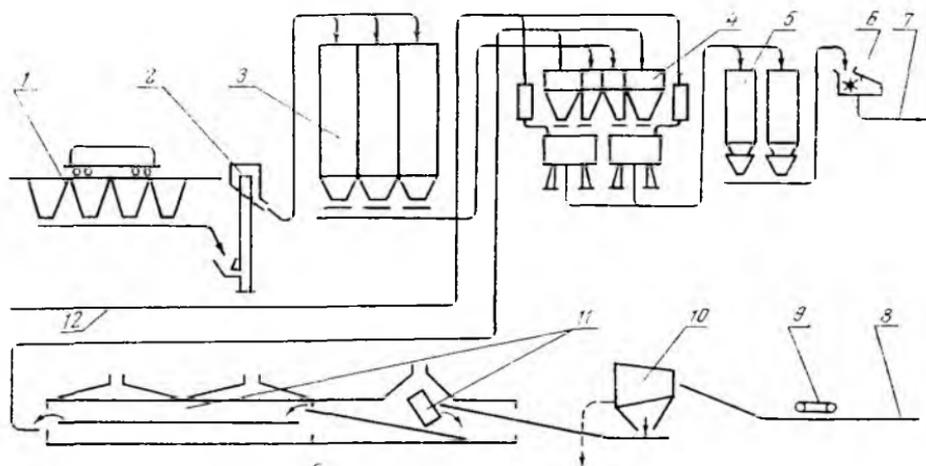


Рис. 5.1. Схема технологического потока подготовки формовочных материалов и приготовления смесей:

1 — разгрузка свежего песка; 2 — сушка песка; 3 — хранение песка; 4 — приготовление смеси; 5 — выдержка смеси; 6 — разрыхление смеси; 7 — выдача готовой смеси в формовочное отделение; 8 — поступление оборотной смеси с участка выбивки форм; 9 — магнитная сепарация; 10 — просев смеси; 11 — увлажнение и охлаждение смеси; 12 — подача связующих материалов к дозаторам

и др.), приготовление жидких связующих материалов, глиняных суспензий и др.

Подготовка оборотной смеси заключается в просеве, магнитной сепарации, охлаждении и гомогенизации, т. е. придании ей однородности по содержанию влаги и температуре.

Регенерация отработанных смесей — это восстановление зернового состава смеси и активация поверхности зерен песка. Подробно о регенерации отработанных смесей и оборудовании, используемом для этого, говорится в § 28.2.

Приготовление смесей включает дозирование исходных материалов, их смешивание, выдержку смеси и ее разрыхление.

На рис. 5.1 приведена схема технологического потока, в котором происходит подготовка формовочных материалов и приготовление смесей. Оборудование, применяемое в этом потоке, можно разделить на следующие группы: а) оборудование для складирования и подготовки формовочных материалов; б) для подготовки оборотных смесей; в) смесеприготовительное оборудование; г) транспортное.

5.2. Оборудование для складирования формовочных материалов

Вопросы механизации и автоматизации процессов приготовления формовочных смесей тесно связаны с выбором способа разгрузки, хранения, подготовки и доставки формовочных материалов к местам их переработки.

Перечисленные операции выполняются на складах формовочных материалов, которые в зависимости от того, обслуживают они один или несколько литейных цехов, получили название *цеховых* или *базисных*.

В организации работ на складах можно выделить две основные системы, характеризующиеся степенью механизации.

При первой системе (рис. 5.2) формовочные пески разгружаются из железнодорожных составов 2 непосредственно в помещении склада в специальные железобетонные ямы 1, из которых при помощи мостовых грейферных кранов 3 перегружаются в закрома 4, а затем в расходные бункеры.

При второй системе (рис. 5.3) все операции по разгрузке выполняются в отдельном помещении, оборудованном подземными бункерами, а затем средствами непрерывного транспорта (питателями, ленточными транспортерами, элеваторами) перегружаются

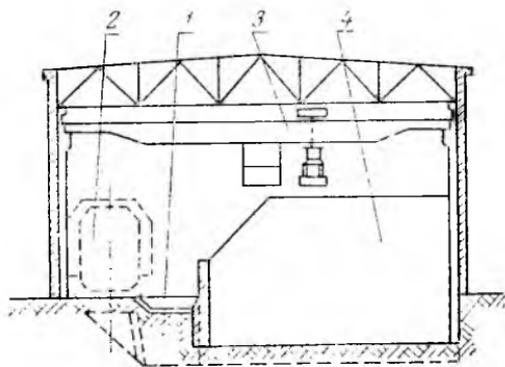


Рис. 5.2. Схема механизированного склада формовочных материалов

в специальные емкости типа бункеров или силосных башен для хранения. Отсюда материалы доставляются к местам потребления также при помощи средств непрерывного транспорта.

Вторая система находит все большее распространение в современных механизированных литейных цехах крупносерийного и массового производства.

Участок разгрузки механизированных складов обычно состоит из подъездных путей (чаще всего железнодорожных); бункера, представляющего длинную железобетонную канаву с разгрузочной

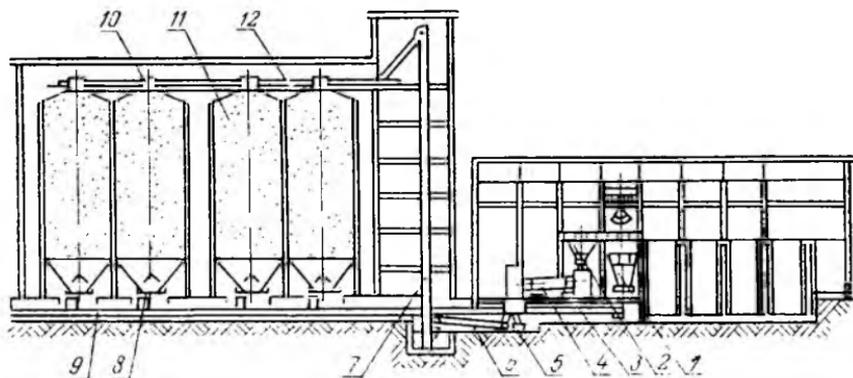


Рис. 5.3. Схема автоматизированного склада формовочных материалов: 1, 2 — бункеры для сырого песка; 3 — ленточный конвейер; 4 — сушило для песка; 5, 6 — ленточные конвейеры; 7 — элеватор; 8 — дисковые питатели; 9 — ленточный конвейер; 10 — сбрасывающий плужок; 11 — башня для хранения сухого песка; 12 — ленточный конвейер

щелью в днище; устройств для выгрузки материалов из вагонов или платформ; устройств для облегчения выгрузки из вагонов смерзшихся материалов (подвесных вибромашин, различных нагревателей и т. п.); отводящего устройства, в качестве которого чаще всего применяют ленточные конвейеры.

Длина разгрузочной линии может быть рассчитана на одновременную разгрузку одного или нескольких вагонов. Производительность разгрузочной линии (кг/с) при одновременной разгрузке нескольких стоящих вагонов может быть определена по уравнению

$$Q_{\text{фр}} = \frac{i}{t + t_1} z,$$

где i — полезная емкость (по массе) вагонов, кг; t, t_1 — соответственно время, необходимое для разгрузки одного вагона и для маневровых операций на участке разгрузочной площадки (подача, уборка вагонов и др.), с; z — количество одновременно разгружаемых вагонов.

В этом случае теоретическая длина разгрузочного фронта (м) определяется по уравнению

$$L = za,$$

где a — расстояние между центрами вагонов, м.

При проектировании разгрузочных устройств следует учитывать количество расходуемых одновременно свежих формовочных материалов, а также способ их доставки и режим работы транспорта.

Участок для хранения материалов оборудуется емкостями (бункерами, закромами) для материалов, выгружаемых из железнодорожного состава, а также для хранения некоторого их запаса. Необходимость в таких запасах диктуется требованием обеспечения бесперебойной работы цеха при периодичности подачи на склад железнодорожных составов с материалами.

На рис. 5.4 приведен график поступления материалов на склад и их расходование. По оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат — поступление материалов на склад. Прямая наклонная линия характеризует среднее теоретическое расходование материалов со склада (кг/с), а тангенс угла наклона этой линии — интенсивность расходования:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G}{T} = Q_{\text{ср}},$$

где G — масса поступающего на склад материала, кг; T — время, с; $Q_{\text{ср}}$ — средняя часовая производительность склада и транспортных средств, обслуживающих поток материалов.

Ломаная же линия характеризует запланированное поступление материалов на склад. Разность ординат прямой и ломаной линии $q_2 - q_1$ дает представление о необходимой емкости средств хранения материалов, связанной с периодичностью поступления их на склад.

Основным транспортным оборудованием механизированных складов формовочных материалов являются мостовые грейферные краны, ленточные и винтовые конвейеры, ковшовые элеваторы, пневмотранспортные установки.

Грейферные мостовые краны предназначены для перегрузки сыпучих материалов. Мостовыми они называются потому, что их несущие конструкции выполнены в виде моста, перекинутого через пролет склада. Тележка крана представляет сварную раму, которая перемещается на ходовых колесах по рельсам, уложен-

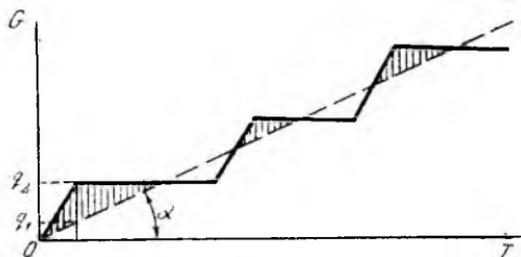


Рис. 5.4. К определению емкости средств хранения песков

ным на главных балках моста. На тележке устанавливаются две лебедки: одна для подъема и опускания грейфера, вторая для замыкания его челюстей.

Получают распространение краны на пневмокошечном ходу, которые обладают рядом существенных преимуществ, например значительным повышением коэффициента сцепления, позволяющим уменьшить число приводных колес и резко снизить перекосы кранов, уменьшить динамические нагрузки.

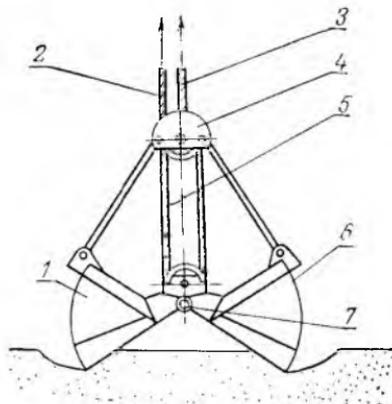


Рис. 5.5. Схема двухканатного грейфера

На складах формовочных материалов применяются преимущественно краны грузоподъемностью 5 и 10 т. В качестве грузозахватных устройств используются грейферные механизмы. Грейферы — это самозачерпывающие захваты, служащие для транспортировки сыпучих и мелкокусковых материалов. По конструктивным признакам грейферы разделяются на одноканатные, двухканатные и моторные.

Одноканатные грейферы могут подвешиваться к крюку любого подъемного механизма, не требуют для работы лебедок специальных конструкций, но характеризуются небольшой производительностью и относительной сложностью систем управления челюстями.

Двухканатные грейферы являются наиболее распространенными. Они свободны от недостатков, свойственных одноканатным, но требуют специальной двухбарабанной лебедки.

Двухканатный грейфер (рис. 5.5) подвешивается к двум канатам — поддерживающему 3 и замыкающему 2, навиваемым на отдельные барабаны специальной лебедки. Поддерживающий канат закреплен на верхней траверсе 4, а замыкающий обводится по блокам полиспаста 5, подтягивающего нижнюю траверсу 7 к верхней. При раскрытии грейфера поддерживающий канат неподвижен, а замыкающий сбегает с барабана, в результате чего нижняя траверса опускается. Раскрытый грейфер опускается на груз, при этом оба каната (поддерживающий и замыкающий) движутся с одинаковой скоростью.

Груз зачерпывается при неподвижном поддерживающем канате, в то время как замыкающий канат навивается на барабан, поднимая нижнюю траверсу и замыкая челюсти 1 и 6. При поднятии закрытого грейфера оба каната с одинаковой скоростью навиваются на барабаны лебедки.

Разгрузка (опорожнение) грейфера может быть произведена при остановке поддерживающего и опускании замыкающего канатов.

Моторными грейферами снабжаются универсальные мостовые краны со съемными грузозахватными приспособлениями. Грейфер подвешивается непосредственно к крюку подъемного механизма. Механизмы замыкания челюстей встраиваются чаще всего в верхние траверсы. Питание электродвигателей в этих случаях осуществляется гибким кабелем, а выключение тока при полном раскрытии и закрытии челюстей — с помощью концевых выключателей.

При выборе грейфера необходимо в первую очередь определить его грузоподъемность и емкость по заданной производительности и режиму работы крана. Грузоподъемность (G) определяется по формуле

$$G = Qt10^{-3},$$

где Q — производительность грейферного мостового крана, кг/с;
 t — продолжительность одного рабочего цикла, с.

Емкость грейфера (V)

$$V = \frac{G}{\rho\psi} 10^3,$$

где ρ — плотность перегружаемого материала в насыпном виде, кг/м³; ψ — коэффициент заполнения грейфера.

Зная грузоподъемность и емкость грейфера, определяют рациональные размеры деталей, усилия в канатах, кратность полиспаста замыкающего каната, весовые характеристики элементов грейфера и др. Емкость применяемых в литейных цехах грейферов 0,5—1,5 м³.

Устройство ленточных и винтовых конвейеров, ковшовых элеваторов и пневмотранспортных установок описано в § 7.2.

5.3. Оборудование для подготовки свежих формовочных материалов

Общие положения. Подготовка свежих формовочных материалов перед их загрузкой в смесители предусматривает следующие операции: 1) сушку песка с последующим его просевом; 2) сушку глины с последующим ее размолем; 3) дробление и размол угля; 4) сепарацию песков.

Подготовленные таким образом материалы подаются в расходные бункеры, из которых они затем и выдаются в смесители. Часто уголь и глину загружают в смеситель в виде глиняно-угольной суспензии, которую готовят вблизи от смесеприготовительной установки и нагнетают по трубопроводам к местам потребления.

Технологическое оборудование, применяемое для подготовки свежих формовочных материалов, может быть разделено на следующие группы: оборудование для сушки песка и глины; дробильно-размольное; оборудование для приготовления суспензии.

Оборудование для сушки песка и глины. Сушка — процесс удаления влаги с зерен материала. Различают влагу свободную, расположенную на поверхности, и влагу связанную — капиллярную, адсорбционную, химическую, осмотическую. При сушке песка или глины необходимо удалить только свободную влагу, так как удаление связанной влаги ведет к изменению технологических свойств материалов. В литейных цехах применяются следующие сушильные оборудование: горизонтальные одноходовые и трехходовые барабанные сушила; вертикальные многоходовые сушила; установки для сушки песка в пневмопотоке; установки для сушки песка в кипящем слое.

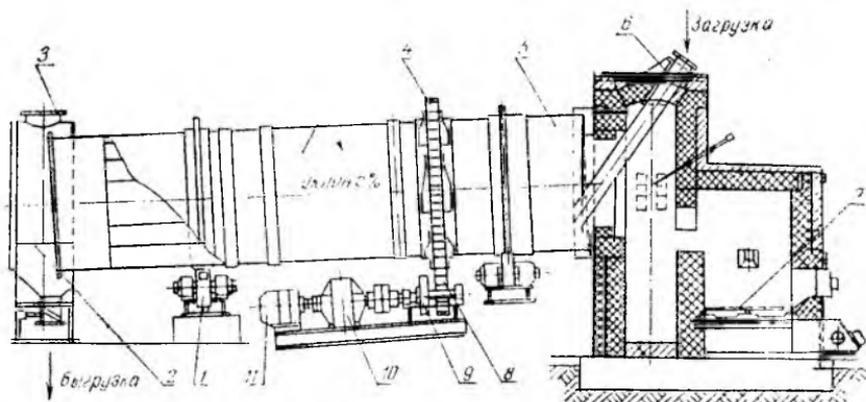


Рис. 5.6. Барабанное сушило

Сушило барабанное горизонтальное (рис. 5.6) состоит из топки 7, загрузочной воронки 6, барабана 5, опорного устройства 1, разгрузочной камеры 2 и вентиляционной системы 3. Из топки газы направляются в барабан 5, куда по загрузочной воронке 6 поступает песок для сушки. В барабане имеются винтовые лопатки, которые распределяют песок по отдельным ячейкам, образованным продольными каналами и системой радиальных перегородок. Такая ячейковая насадка барабана разделяет песок на ряд отдельных струй, благодаря чему ускоряется сушка.

Горизонтальные барабанные сушила имеют обычно параллельный ток топочных газов и песка. В этом случае наиболее горячие газы соприкасаются с влажным песком и находящаяся в нем глинистая составляющая будет защищена от перегрева скрытой теплотой испарения влаги песка.

Привод сушила состоит из электродвигателя 11, редуктора 10, уравнивающей муфты, сменных шестерен 9, ведущей шестерни 8 и зубчатого венца 4. Число оборотов барабана в минуту устанавливается путем перестановки сменных шестерен. Угол наклона барабана к горизонту составляет 3—6°, частота вращения $n=0,03—0,15 \text{ с}^{-1}$ (2—10 об/мин), длина барабана до 10 м, диаметр 2—

и, 5 м. Производительность сушила для песка — до 6 кг/с (20 т/ч), для глины — 1—1,4 кг/с (3—5 т/ч). Температура топочных газов ~ 800° С. Большая длина барабана является одним из недостатков этого сушила. Она может быть уменьшена в случае применения трехходового сушила, схема которого приведена на рис. 5.7.

Сушила вертикальные применяют в основном для сушки кварцевых и тощих малоглинистых песков, так как в них наиболее горячие топочные газы движутся навстречу песку. Песок в этих сушилах пересыпается с вращающихся тарелок на неподвижные кольца, а с них снова на тарелки и т. д. Такие сушила занимают сравнительно мало производственной площади, однако их производительность не превышает 1,1 кг/с (4 т/ч) песка.

Установка для сушки песка в пневмопотоке изображена на рис. 5.8. Известно, что интенсивность сушки твердых тел зависит не только от температуры воздуха, с которым они соприкасаются, но и от величины поверхности соприкосновения. Влага с поверхности зерен удаляется тем быстрее, чем выше температура и скорость воздуха, омывающего частицы материала. Та-

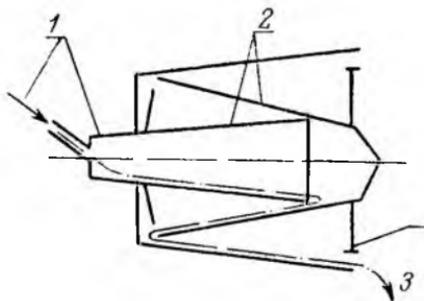


Рис. 5.7. Схема трехходового барабана:
1 — загрузка; 2 — барабаны; 3 — выгрузка

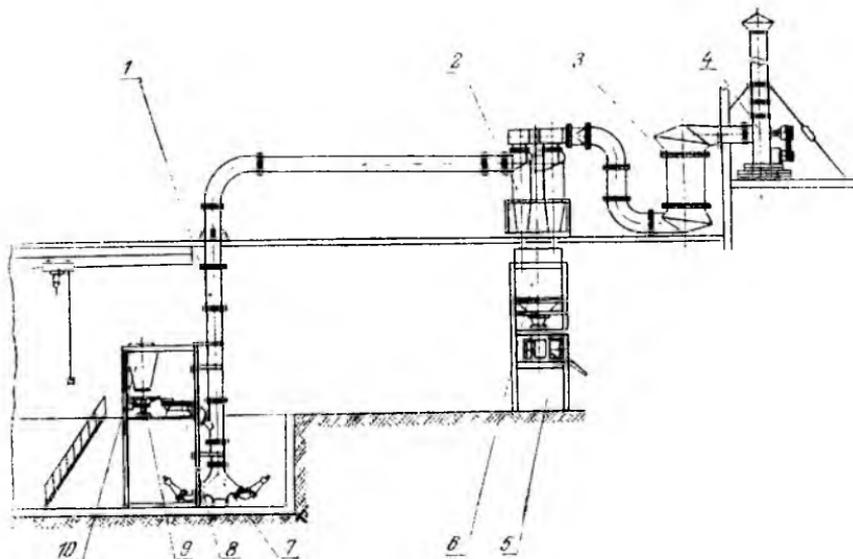


Рис. 5.8. Установка для сушки песка в пневмопотоке

ким образом, сушка в потоке горячего воздуха будет происходить гораздо быстрее, чем в барабанных сушилках. Кроме того, этот метод позволяет реализовать многие преимущества пневматического транспорта: возможность совмещения по времени сушки и транспортирования, а также одновременного обеспыливания песка, компактность установки и др. В одной из таких установок (рис. 5.8) сырой песок из расходного бункера 10 при помощи дискового 9 и ленточного 8 питателей подается

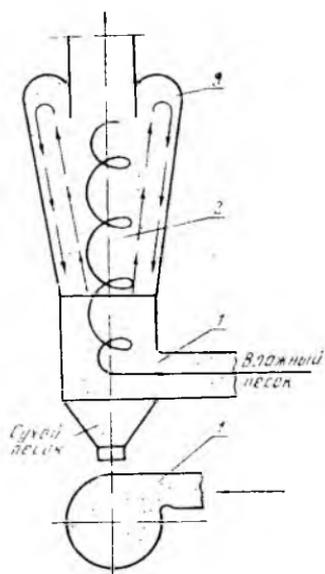


Рис. 5.9. Схема вихревого аппарата для сушки песка

в сушильную трубу 1, температура в которой достигает 500°C . Разреженным, создаваемым вентилятором 4, сырой песок увлекается вверх со скоростью $15\text{--}17\text{ м/с}$ и, проходя по трубе, в горячем газе быстро высыхает. Установка снабжена батарейным циклоном-осадителем 2 и скруббером 3 для сбора пыли. Из циклона-осадителя высушенный песок поступает в бункер 6, с которого подается на вибрационное сито 5, где просеивается и частично охлаждается. В качестве источника тепла рекомендуется использовать газ, подводимый к горелкам 7.

Установка для сушки песка в вихревых аппаратах (рис. 5.9) представляет вертикальную камеру 2 с расширением в верхней части. Влажный песок в потоке горячих газов вводится в нижнюю зону камеры 1, где, закручиваясь, приобретает вихревое движение. Двигаясь таким образом вверх, частицы песка высушиваются и направляются диафрагмой 3 вдоль стенок в нижнюю зону камеры и бункер, откуда снова поднимаются в верхнюю зону, и так

до тех пор, пока не завершится процесс сушки.

Установки для сушки песка в кипящем слое работают на принципе псевдооживления, сущность которого заключается в следующем. Через слой песка продувается снизу горячий газ. При определенной скорости газа частицы песка начинают хаотически двигаться, создавая видимость кипения. Когда вес столба песка уравнивается с давлением газа, песок приобретает свойства жидкости, подчиняясь основным ее физическим законам. Температура газов — $500\text{--}700^{\circ}\text{C}$, скорость — $0,8\text{--}1,0\text{ м/с}$. Наличие большой поверхности контакта частиц песка с газовой средой обуславливает почти мгновенное испарение влаги и высыхание песка.

На рис. 5.10 приведена схема установки, состоящей из трех камер. Нижняя камера 1 (топка) служит для сжигания газа, средняя 8 (смесительная) — для смешивания топочных газов с воздухом, а верхняя 6 (сушильная) — для сушки песка. Песок для сушки подается в камеру 6, подина которой представляет газораспре-

делительную решетку 7. Горячие газы, проходя тонкими струйками через слой песка, лежащий на этой решетке, приводят в движение его частицы, в результате чего образуется «кипящий слой». Такое состояние позволяет топочным газам омыwać почти каждую песчинку, нагревать ее и испарять влагу с ее поверхности. Диаметр отверстий в газораспределительной решетке — 2,5—3,0 мм. Проходное сечение отверстий составляет до 10% площа-

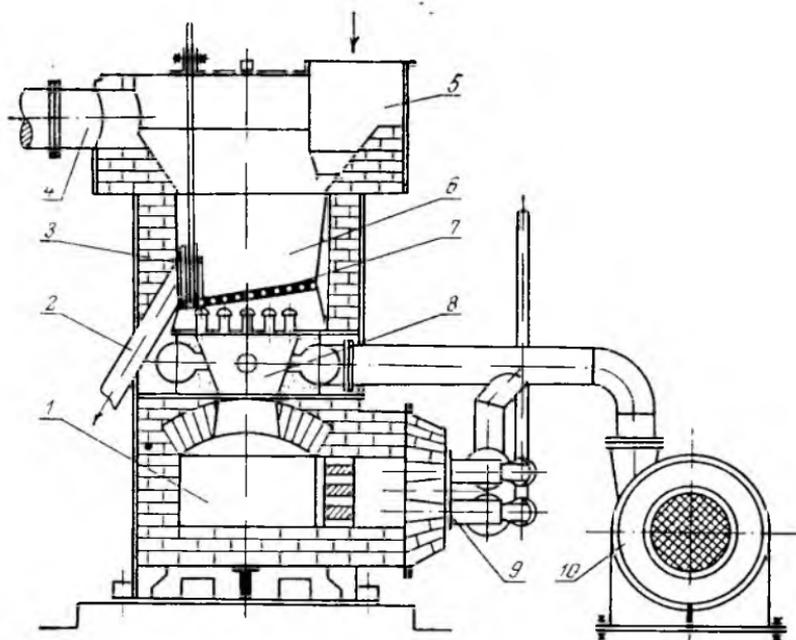


Рис. 5.10. Установка для сушки песка в кипящем слое:

1 — тонка; 2 — разгрузочный желоб; 3 — регулирующая заслонка; 4 — трубопровод отходящих газов; 5 — загрузочная воронка; 6 — сушильная камера; 7 — газораспределительная решетка; 8 — смешительная камера; 9 — газовые горелки; 10 — вентилятор

ди решетки. Производительность таких установок — 2,2—2,8 кг/с (8—10 т/ч).

Дробильно-размольное оборудование. Дробление твердых тел — сложный процесс, сопровождающийся упругой и пластической деформациями, образованием новых поверхностей с преодолением внешнего и внутреннего трения.

Механическое дробление может осуществляться раздавливанием; изломом, при котором материал разрушается в результате изгиба; истиранием кусков материала какой-либо скользящей поверхностью; раскалыванием; ударом. Обычно при дроблении сочетаются различные способы. Так, для пластичных влажных глин рекомендуется раздавливание в сочетании с истиранием, а для сухих — ударное измельчение. Отработанные стержни рационально дробить раздавливанием, раскалыванием и ударом.

Закономерности процесса дробления. В процессе разделения твердого куска материала на отдельные части внешние механические силы преодолевают внутренние силы сцепления между отдельными частицами, при этом образуются новые поверхности. Вновь образующиеся поверхности обладают несколько большим запасом потенциальной энергии, чем внутренние слои тела. Это явление объясняется тем, что в отличие от частиц кристаллической решетки, расположенных внутри тела и взаимодействующих со всеми окружающими их соседними молекулами, частицы решетки, расположенные на поверхности, взаимодействуют с соседними только с одной стороны — со стороны тела. Вследствие этого поверхностный слой обладает некоторым избытком свободной энергии, называемой *поверхностной энергией тела*.

Для перевода внутренних частиц на поверхность требуется затратить определенную работу, которая, будучи отнесенной к единице поверхности, называется *удельной поверхностной энергией*.

Работа, необходимая для того, чтобы разделить тело на частицы и удалить их друг от друга на расстояние, при котором прекращается взаимодействие между ними, называется *внутренней энергией тела*.

Полная энергия тела состоит из поверхностной и внутренней энергии:

$$A = \sigma_{\text{пов}} \Delta F + \frac{\sigma^2}{2E} \Delta V_1,$$

где A — полная работа, затрачиваемая на разрушение твердого тела, Дж; $\sigma_{\text{пов}} \Delta F$ — работа, превращающаяся в свободную энергию вновь образованной поверхности ΔF , Дж; $\frac{\sigma^2}{2E} \Delta V_1$ — работа упругих и пластических деформаций в объеме тела ΔV_1 , Дж; $\sigma_{\text{пов}}$ — удельная поверхностная энергия, Дж м²; σ — предел прочности разрушаемого материала, Па; ΔF , ΔV_1 — вновь образуемая поверхность и часть объема материала, подвергшиеся деформации, соответственно в м² и м³; E — модуль упругости дробимого материала, Па.

Под действием внешних сил энергия, сообщаемая дробимому телу, нарастает до критической, при которой наступает нарушение межчастичных связей и, как следствие, разрушение тела.

Если объем измельчаемого тела невелик и при разрушении интенсивно образуются новые поверхности (измельчение в мельницах), можно пренебречь вторым членом уравнения обобщенного закона. Тогда работа, затрачиваемая на разрушение, может быть определена по формуле $A = \sigma_{\text{пов}} \Delta F$.

Если же степень измельчения невелика, а объем разрушаемого тела достаточно большой, можно пренебречь первым членом уравнения. Тогда

$$A = \frac{\sigma^2}{2E} \Delta V_1. \quad (5.1)$$

Материал, поступающий в дробилку, называют *исходным*, а окончательно обработанный дроблением — *готовым продуктом*. Соотноше-

ние поперечных размеров исходного материала D и готового продукта d называется *степенью дробления* $i = \frac{D}{d}$.

Каждая операция доведения материала до заданной крупности в отдельной дробильной машине называется *стадией дробления*. В зависимости от крупности дробления определяют тип применяемой дробилки и количество стадий дробления.

Классификация дробильно-размольных машин. В зависимости от степени измельчения материала дробильно-размольные машины разделяют на дробилки и мельницы.

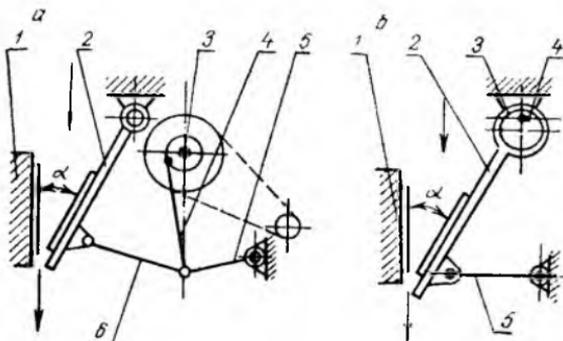


Рис. 5.11. Схемы щековых дробилок:
а — с простым качанием щеки; б — со сложным качанием щеки

Дробилки измельчают материал до размера кусков $d=15—25$ мм при $i=3—12$ (грубое измельчение), а мельницы — до $d=0,1$ мм при $i=200$ и выше (тонкое измельчение).

По конструкции и принципу действия различают дробилки щековые, валковые, молотковые и мельницы шаровые, молотковые, вибрационные и др.

Из дробилок чаще применяют щековые и молотковые. Для размола угля и глины используют шаровые или молотковые мельницы с пневмотранспортированием пылевидного материала к местам его хранения и потребления.

По характеру качания подвижной щеки различают щековые дробилки с простым и сложным качанием. В дробилке с простым качанием щеки (рис. 5. 11, а) рабочим органом являются неподвижная и подвижная дробящие плиты, укрепленные на щеках 1 и 2. При качании щеки 2 дробящая плита попеременно приближается и удаляется от неподвижной. При этом материал, находящийся между ними, раздавливается и, продвигаясь вниз под действием силы тяжести, при обратном ходе качающейся щеки выгружается из дробилки через выходную щель.

Качание щеки происходит при помощи шарнирно-рычажного механизма, состоящего из эксцентрикового вала 3, шатуна 4 и двух распорных плит 5 и 6. При вращении эксцентрикового вала

шатуны воздействуют на распорные плиты, изменяя угол их наклона и вызывая качающие щеки. По концам главного вала насажены маховики, один из которых служит шкивом клиноременной передачи.

В дробилках со сложным качанием (рис. 5.11, б) качающаяся щека 2 вместе с закрепленной на ней сменной дробящей плитой подвешена на эксцентрик 3 главного вала 4 и таким образом является одновременно главным шатуном. В нижней части качающаяся щека шарнирно поддерживается распорной плитой 5. Траектории точек щеки в верхней части близки к окружности, в средней имеют форму эллипсов, а в нижней — дуги. Таким образом, здесь материал не только раздавливается, но и частично истирается.

Техническая характеристика дробилок и мельниц, выпускаемых в СССР, приведена в табл. 5.1.

Табл. 5.1. Дробилки и мельницы

Наименование машины	Модель	Производительность	Установленная мощность электродвигателя, кВт	Примечания
Дробилка щековая со сложным движением щеки	С-182Б	7 м ³ /ч	17	Рекомендуется применять для дробления кварцита, плавленого кварца, стекловидного шлака, шамота и др.
То же	СМ-166А	14 м ³ /ч	40	
Дробилка валковая с гладкими валками	ДГ 400×250	4,2—25 т/ч	8	Рекомендуется применять для дробления известняка, выбитых стержней и др.
Дробилка двухвалковая с зубчатыми валками	ДДЗ-4	20—100 т/ч	13	
Мельница шаровая	МШЦ 900×1800	3 т/ч	22	—
	МШР 1500×1600	4,5 т/ч	55	—

Расчет щековых дробилок состоит обычно из определения угла захвата между дробящими плитами, оптимальной частоты вращения эксцентрикового вала, производительности дробилки и потребляемой ею мощности, основных усилий в звеньях механизма и расчета их на прочность.

Угол захвата α должен быть таким, чтобы при нажатии качающейся щеки кусок материала не выталкивался вверх: $\alpha \leq 2\varphi$, где φ — угол трения дробимого материала о щеку дробилки.

Так как для большинства случаев $\varphi = 16^\circ$, то $\alpha \leq 32^\circ$. На практике для полного исключения возможности выталкивания материала вверх принимают $\alpha = 20—22^\circ$.

Оптимальная частота вращения n (с^{-1}) эксцентрикового вала соответствует наибольшей производительности дробилки и может быть определена по формуле

$$n = 1,1 \sqrt{\frac{\text{tg } \alpha}{s}},$$

где α — угол захвата материала; s — ход подвижной щеки, м.

Производительность (кг/с) дробилки определяется по формуле

$$Q = \frac{s\psi n b \rho (s + 2e)}{2 \text{tg } \alpha},$$

где ψ — коэффициент разрыхления дробильного материала: $\psi = 0,3-0,65$; n — частота вращения главного вала, с^{-1} ; b — длина дробильной камеры; m ; ρ — плотность материала, кг/м^3 ; e — минимальная ширина разгрузочной щели, м; α — угол захвата.

Работу, производимую дробилкой, можно определить, используя формулу (5.1). После преобразования ее применительно к условиям работы щековых дробилок за одно нажатие подвижной щеки получим

$$A = \frac{\pi \sigma^2 b (D^2 - d^2)}{12E},$$

где A — работа, совершаемая за один оборот вала, Дж; D , d — диаметры соответственно исходного и готового материала, м; σ , E — соответственно предел прочности и модуль упругости дробильного материала, Па.

Валковые дробилки применяются в литейных цехах для мелкого и среднего дробления карьерной глины, сухих бракованных стержней, отработанных смесей и др. В этих дробилках материал измельчается между вращающимися навстречу друг другу валками.

На рис. 5.12 показана валковая дробилка, у которой один из валков 3 может перемещаться относительно рамы 1, сжимая пружину 2. Степень измельчения в валковых дробилках регулируется изменением зазора d между двумя валками с помощью сменных прокладок 4, которые имеют разную толщину.

Производительность дробилки (кг/с)

$$Q = (d + s) L v \psi \rho,$$

где s — величина хода подвижного валка, м; L — длина валков, м; v — скорость на ободу валка, м/с; ψ — коэффициент разрыхления дробимого материала; ρ — плотность дробимого материала, кг/м^3 .

Размельчение материала в молотковых дробилках происходит под действием ударов быстровращающихся молотков. При разрушении кусков образуется большое количество новых поверхностей.

Основными частями однороторной молотковой дробилки (рис. 5.13) являются корпус 1, облицованный броневыми плитами 2, и

ротор 4 с шарнирно подвешенными молотками 3. В нижней части корпуса на шарнире подвешивается колосниковая решетка 5.

Материал, подлежащий дроблению, подается через воронку в рабочее пространство, где вращается ротор с молотками. В камере дробления куски материала, подвергаясь быстро чередующимся ударам молотков, измельчаются и просыпаются через отверстия колосниковой решетки. Не успевший просыпаться материал, а также случайно попавшие посторонние предметы выбрасываются через отверстие в конце колосниковой решетки.

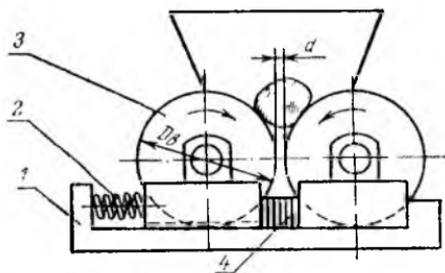


Рис. 5.12. Схема валковой дробилки

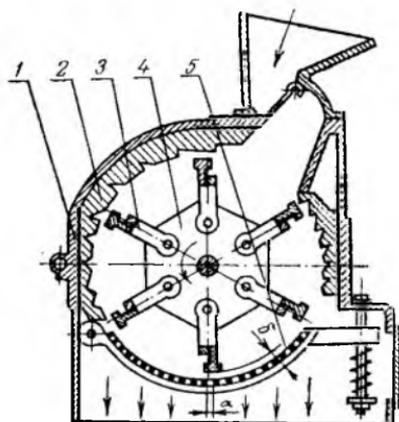


Рис. 5.13. Схема молотковой дробилки

Размеры кусков продукта дробления зависят от ширины промежутков a в колосниковой решетке и радиального зазора δ между молотками и решеткой.

К достоинствам молотковых дробилок относятся: простота и надежность конструкции, компактность, малый вес, большая производительность и высокая степень измельчения. Недостаток их — быстрый износ молотков и колосниковых решеток. Окружная скорость молотков $v = 25—55$ м/с.

В процессе измельчения в дробилке с шарнирно укрепленными молотками различают четыре стадии: материал разбивается ударами быстро вращающихся молотков (удары на лету); материал разбивается от удара о броневые плиты, на которые он отбрасывается молотками; материал, поддерживаемый броневыми плитами, как наковальней, разбивается ударами молотков; материал крошится между молотками и колосниками внизу машины.

Производительность (м³/с) дробилки определяется по приближенной формуле

$$P = (0,01—0,012)DL,$$

где D — диаметр окружности, описываемой молотками ротора, м;
 L — длина ротора, м.

Шаровые мельницы применяются для тонкого измельчения сухой глины, угля и других материалов, используемых в качестве добавок к формовочным смесям. Материал, находящийся во вращающемся цилиндрическом барабане, измельчается ударом и частично истирается свободно падающими металлическими шарами, находящимися в барабане. Шаровые мельницы могут быть периодического и непрерывного действия.

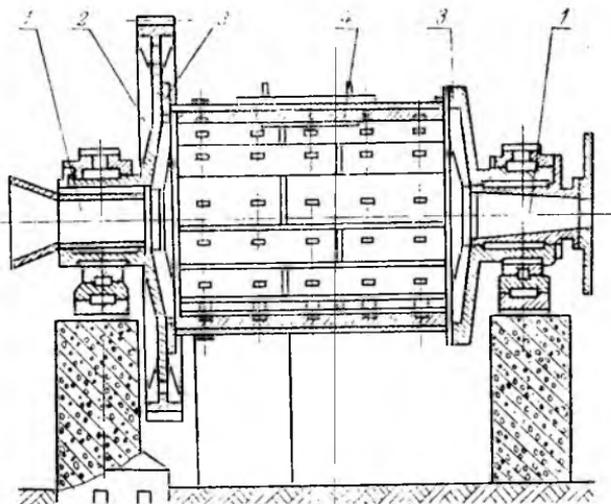


Рис. 5.14. Шаровая мельница непрерывного действия

Мельницы с периодической загрузкой и разгрузкой наиболее просты по конструкции, но менее производительны и труднее поддаются автоматизации.

Мельницы с непрерывной (центральной) загрузкой представляют барабан 4 (рис. 5.14), закрытый по торцам днищами 3, в которые встроены полые цапфы 1. Материал непрерывно загружается через правую полую цапфу. Измельченный материал удаляется через полую выгрузочную цапфу при помощи воздушного потока, создаваемого вентилятором. Привод мельницы осуществляется от электродвигателя через редуктор и зубчатую передачу 2.

Расчет шаровых мельниц сводится в основном к определению оптимальной частоты вращения барабана, потребляемой мощности и производительности.

Частота вращения барабана должна быть такой, чтобы шары и материал под действием центробежных сил инерции прижимались к внутренней поверхности барабана на наиболее выгодную высоту, а затем, падая вниз, выполняли наибольшую работу измельчения.

Максимальной производительности мельницы можно достичь, если угол отрыва шаров внешнего слоя α равен $54^\circ 40'$ (рис. 5.15).

Из равенства действующих на шар сил

$$G \cos \alpha_{\text{опт}} = P_{\text{ц}},$$

(где $P_{\text{ц}}$ — центробежная сила, Н; $P_{\text{ц}} = \frac{G}{g} (2\pi n)^2 R$; G — сила тяжести шара, Н; g — ускорение силы тяжести, м с^2 ; R — радиус окружности, проходящей через центры шаров внешнего слоя, м) находим оптимальную частоту вращения n барабана:

Молотковые мельницы отличаются от молотковых дробилок только тем, что не имеют решетки в нижней части мельничной камеры. Удаление и перемещение продукта помола из мельницы осуществляется воздушным потоком.

$$n \approx \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\cos \alpha_{\text{опт}}}{R}}.$$

Молотковые мельницы отличаются от молотковых дробилок только тем, что не имеют решетки в нижней части мельничной камеры. Удаление и перемещение продукта помола из мельницы осуществляется воздушным потоком.

Частота вращения ротора мельницы n обычно не превышает

25 с^{-1} (1500 об/мин).

В комбинированных дробилках и дробильно-размольных установках сочетаются приведенные выше методы измельчения твердых тел. В них производится также сепарация и сушка измельчаемого продукта.

5.4. Оборудование для подготовки оборотной формовочной смеси

Общие сведения. В современных условиях автоматизации технологических процессов однородность всех исходных материалов имеет весьма большое значение для стабильной работы оборудования и получения запрограммированного качества формовочных смесей.

Оборотная смесь — отработанная, выбитая из залитых форм и подготовленная для повторного использования — основной компонент формовочной смеси. Она имеет весьма нестабильные качественные показатели и неудовлетворительные технологические свойства. Подготовка этой смеси для использования в составе приготовляемых формовочных смесей включает следующие операции: удаление металлических включений; просев и разрушение комьев, удаление пыли; гомогенизацию (повышение степени однородности) по влаге; охлаждение до заданной температуры.

Оборудование, используемое для перечисленных операций, разделяется на группы: магнитные сепараторы; оборудование для просивания смесей; устройства для гомогенизации; охладители смесей.

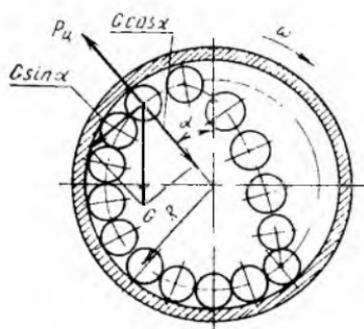


Рис. 5.15. К расчету оптимальной частоты вращения шаровой мельницы

Магнитные сепараторы. Отработанная смесь содержит металлические частицы, образующиеся при заливке металла в формы. Удаленные из отливок стержни после дробления освобождаются от металлической арматуры и каркасов, которые попадают в отработанную смесь. Кроме того, в смесь часто попадают случайные металлические предметы и металлические пылевидные частицы. Общая масса металлических включений в отработанной формовочной смеси (если их не удалять) составляет 0,5—1,0% массы смеси.

От содержания металлических частиц в смеси зависит не только ее качество, но и величина межремонтного периода оборудования (технологического и транспортного), составляющего смесеприготовительный комплекс.

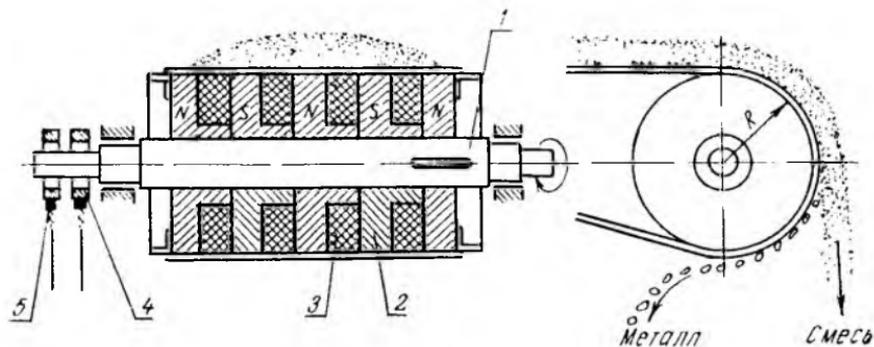


Рис. 5.16. Схема магнитного шкива

Удаляются металлические частицы при помощи специальных устройств — магнитных сепараторов. Материал пропускается через зону с сильным магнитным полем. Железосодержащие частицы и куски металла притягиваются магнитом к несущему органу, а затем отводятся им.

В качестве магнитных железоотделителей используются магнитные шкивы, магнитные барабаны и ленточные магнитные сепараторы.

Магнитный шкив (рис. 5.16) представляет вращающийся многополюсный электромагнит, который обычно устанавливается в качестве приводного барабана на ленточных транспортерах или питателях. Обрабатываемый материал движется на ленте к магнитному шкиву. При этом содержащиеся в нем металлические частицы притягиваются к шкиву, перемещаются вместе с ним на некоторый угол, а затем лентой выводятся из зоны действия магнитного поля и падают вниз в специальную тару или на транспортер.

Магнитная система шкивного сепаратора состоит из насаженных на вал 1 железных колец 2 (сердечников) и намотанных на них катушек 3, к которым с помощью двух колец 4 и щеток 5 подводится постоянный ток, вырабатываемый мотор-генератором. Направление витков и тока в катушках обеспечивает чередование полярности сердечников. Катушки пропитываются и заливаются теплопроводя-

щим изолирующим составом, а для предохранения от поврежденной закрываются латунными кольцами.

Объемная производительность ($\text{м}^3/\text{с}$) магнитного шкива

$$П = \psi b h v,$$

где ψ — коэффициент, учитывающий использование ширины ленты; b — ширина ленты, м; h — толщина слоя материала, м; v — скорость вращения барабана, м/с.

Магнитный барабан состоит из вращающегося полого цилиндра и неподвижной магнитной системы. Он может быть использован и как приводной барабан ленточного транспортера и как самостоятельное пересыпное устройство.

Принципиальное различие между электросепараторами шкивного и барабанного типов состоит в том, что в первом магнитная система вращается вместе со шкивом, а во втором она неподвижна. В барабанных сепараторах поэтому нет распределительных колец и угольных щеток для передачи тока вращающимся электромагнитам. Они более надежны в работе, но применение их вызывает конструктивные осложнения привода. Кроме того, барабанные сепараторы при тех же размерах имеют поле меньшей напряженности и поэтому обладают меньшей производительностью, чем шкивные.

Как в шкивном, так и в барабанном сепараторе сила притяжения металлических частиц зависит от их массы и удельной магнитной восприимчивости, а также напряженности магнитного поля на окружности вращения центра тяжести этих частиц. Частицы, обладающие меньшей массой, а также лежащие дальше от поверхности шкива или барабана, испытывают меньшее притяжение и, кроме того, при перемещении преодолевают сопротивление смеси, в которую вкраплены.

Для качественной очистки смеси рекомендуется шкивы устанавливать последовательно в цепи ленточных транспортеров. В этом случае металлические частицы, располагавшиеся в верхних слоях потока, окажутся внизу, у самой поверхности сепаратора.

Отечественная промышленность выпускает шкивные сепараторы типа ШЭ для конвейеров с шириной лент 650—1400 мм.

Расчет магнитных сепараторов шкивного и барабанного типов заключается в определении силы притяжения P_m . Эту задачу удобнее всего решить, рассматривая движение металлических частиц на барабане магнитного сепаратора (рис. 5.17).

На металлическую частицу массой m , находящуюся на радиусе с углом α к вертикали, действуют следующие силы: сила тяжести G , центробежная сила инерции $P_{ц}$, сила магнитного притяжения P_m , сила трения частицы о поверхность барабана $P_{тр}$.

Частица будет удерживаться на поверхности барабана при условии, что $P_{тр} \geq G \sin \alpha$.

Сила трения может быть представлена в виде

$$P_{тр} = (P_m + G \cos \alpha - P_{ц}) f,$$

откуда

$$P_M \geq \frac{G \sin \alpha}{f} - G \cos \alpha + P_{ц},$$

где f — коэффициент трения частицы о поверхность барабана.

По полученному значению P_M подбирают конструктивные параметры магнитной системы сепаратора.

Сила притяжения металлических частиц в большой мере зависит от ряда технологических факторов, таких, как температура и химический состав этих частиц. Так, например, присутствие в металлических частицах марганца или никеля изменяет их магнитную проницаемость таким образом, что использование магнитных сепараторов становится невозможным.

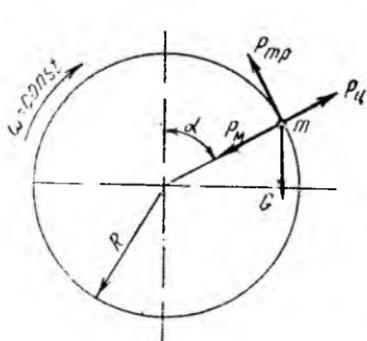


Рис. 5.17. К расчету магнитного барабана

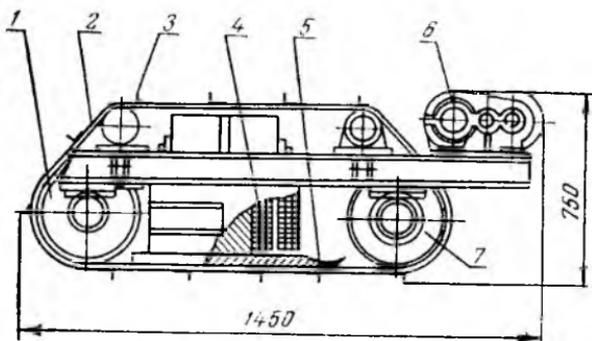


Рис. 5.18. Ленточный магнитный сепаратор

Ленточные магнитные сепараторы применяют для извлечения металлических частиц из слоев, близких к поверхности материала, движущегося на ленте транспортера.

Ленточный сепаратор (рис. 5.18) представляет обыкновенный ленточный конвейер с небольшим расстоянием между центрами приводного 7 и натяжного 1 барабанов. Между верхней и нижней ветвями конвейера помещен плоский электромагнит 4 с полюсными наконечниками 5.

Сепаратор размещают над основным ленточным конвейером перпендикулярно к его оси. При включении электромагнита металлические частицы, находящиеся на поверхности и в ближайших к поверхности слоях смеси, движущейся на основной ленте, будут притягиваться к ленте 2 сепаратора и перемещаться в сторону. Выйдя из зоны действия магнитного поля, они упадут в специальный короб или на ленту транспортера.

Чтобы частицы металла не скользили по поверхности ленты, к ней прикрепляются при помощи медных заклепок деревянные планки 3. Привод сепаратора 6 состоит из электродвигателя и редуктора.

Сочетание шкивных и ленточных магнитных сепараторов в цепи устройств для транспортирования отработанной смеси позволяет повысить качество очистки ее от металлических включений.

Промышленность выпускает подвесные ленточные сепараторы (железоотделители) типа ЭПР-50, ЭПР-65 и ЭПР-120 с шириной лент соответственно 500, 650—800 и 1000—1200 мм.

Оборудование для просеивания оборотных смесей. Просеивающие устройства должны обеспечивать разрушение комьев и отделение от общей массы смеси кусков стержней, а также случайных предметов, попадающих в нее при выбивке форм.

Просеивание можно считать совершенным, когда все частицы, размер которых несколько меньше размеров отверстий в сите, просеиваются через него. Эффективность (КПД) просеивания оценивается отношением

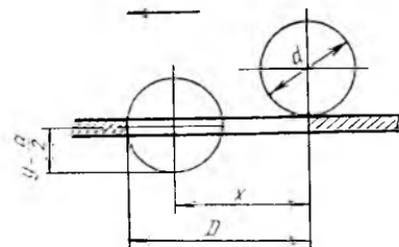


Рис. 5.19. К расчету скорости частицы вдоль полотна сита

$$\eta_{\text{сев}} = \frac{Q_0}{Q},$$

где Q — масса зерен, которые могли бы пройти сквозь данное сито в единицу времени; Q_0 — масса зерен, прошедших сквозь сито за это же время.

Для просеивания материала необходимо, чтобы он перемещался по сити. На $\eta_{\text{сев}}$ влияет направление этого перемещения. КПД просеивания выше, если материал движется перпендикулярно к плоскости сита, и ниже, если материал движется параллельно ей. В последнем случае эффективность просеивания зависит от скорости движения частиц относительно сита.

Условие прохода зерна через отверстие выразится уравнениями (рис. 5.19):

$$x = vt = D - \frac{d}{2}; \quad (5.2)$$

$$y = \frac{gt^2}{2} = \frac{d}{2}.$$

Время свободного падения частиц $t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{d}{g}}$.

Подставив значения x и y в формулу (5.2), получим

$$v = \frac{x}{t} = \frac{D - \frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{d}{g}}} = \left(D - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{d}}. \quad (5.3)$$

Через отверстие диаметром D может пройти частица размером примерно $0,8D$. Тогда скорость частиц вдоль полотна сита (м/с) $v = 2,36 \sqrt{a}$.

Формула выведена для горизонтальных сит. При наклонных ситах скорость просеивания может быть меньшей.

Рационально применять сита с прямоугольными или овальными отверстиями, располагая больший размер отверстия в направлении движения материала. В литейных цехах применяются сита плоские

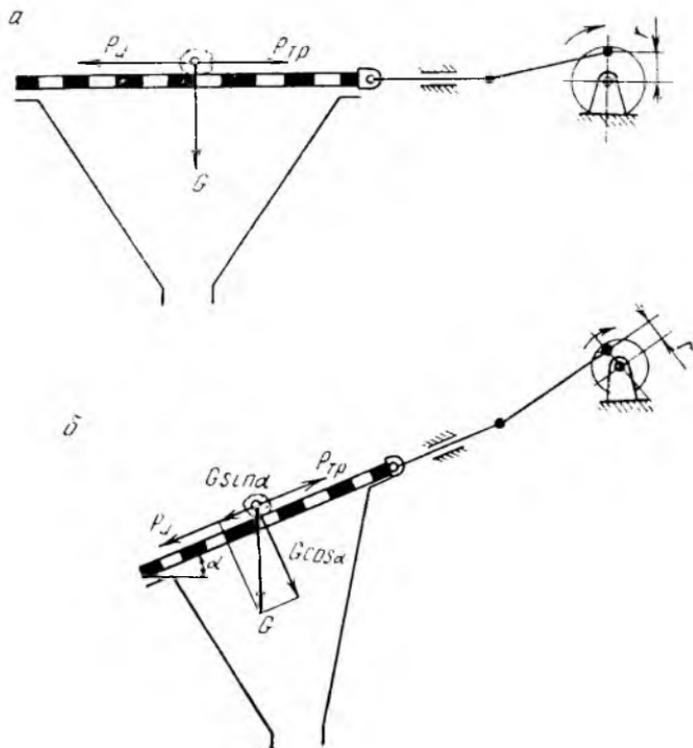


Рис. 5.20. Схемы плоских качающихся сит:
а — горизонтального; б — наклонного

и барабанные. Плоские сита могут быть качающимися или вибрационными, барабанные — круглыми или полигональными.

Работа плоских качающихся сит основана на взаимодействии сил тяжести и сил инерции. Перемещение материала относительно полотна сита возможно только при достаточном ускорении сита.

Найдем ускорение, которое должно быть сообщено частице материала, лежащей на полотне сита, применительно к двум случаям.

Для горизонтального сита (рис. 5.20, а)

$$P_{\text{и}} = \frac{G}{g} a \text{ (движущая сила);}$$

$$P_{\text{тр}} = Gf \text{ (сила сопротивления),}$$

где $P_{\text{и}}$ — инерционное усилие, Н; a — ускорение сита, м/с²; G — сила тяжести частицы, Н; g — ускорение силы тяжести, м/с²; f — коэффициент трения.

Движение частицы относительно полотна сита может начаться только при условии $P_{\text{и}} > P_{\text{тр}}$, или $\frac{G}{g} a > Gf$, откуда $a \geq gf$.

Плоское качающееся сито состоит из лотка, который получает возвратно-поступательное движение от шатунно-кривошипного механизма. Материал при этом скользит попеременно в ту или другую сторону вдоль полотна сита, просеиваясь сквозь него. Применяются такие сита в малых литейных цехах для приготовления наполнительной смеси на местах формовки.

Для сита с качанием вдоль наклонной плоскости (рис. 5.20, б):

$$(P_{\text{и}} + G \sin \alpha) > Gf \cos \alpha;$$

$$P_{\text{и}} = \frac{G}{g} \omega^2 r = 4G \frac{\pi^2}{g} n^2 r,$$

где ω — угловая скорость кривошипа механизма, приводящего в движение сито, рад/с; r — радиус кривошипа, м; n — частота вращения вала кривошипа, с⁻¹.

Частота вращения кривошипа n , обеспечивающая движение материала вниз по полотну сита, определяется по формуле $n \geq$

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{r}}.$$

В таком сите при наличии симметричного кривошипного механизма материал будет двигаться вниз по уклону, однако угол наклона сита во избежание самоскольжения материала должен быть меньше его угла трения ϕ по полотну сита.

Вибрационные сита (рис. 5.21) имеют ряд преимуществ: отверстия в них почти не забиваются материалом, который быстро просеивается (при этом полностью используется площадь сита), расход энергии меньше.

Недостатки этих сит — передача колебаний опорным конструкциям, быстрый износ элементов вибратора и шум при работе. Основы теории вибрационных механизмов см. в § 24.2.

Барабанные сита — это пустотелые цилиндрические или конические барабаны с сетчатой боковой поверхностью, вращающиеся вокруг

горизонтальной или слегка наклонной оси.

В сечении барабанные сита бывают круглыми и многоугольными (полигональными). Последние (рис. 5.22) производительнее

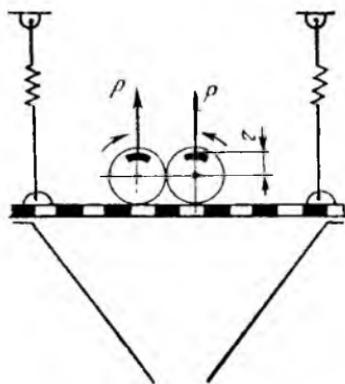


Рис. 5.21. Схема плоского вибрационного сита

круглых, так как материал, переваливаясь с грани на грань, благодаря ударам быстрее просевается.

Материал, подлежащий просеванию, подается в один конец барабана и при вращении последнего проваливается через сетку в специальный бункер. Крупные частицы проходят всю длину сита

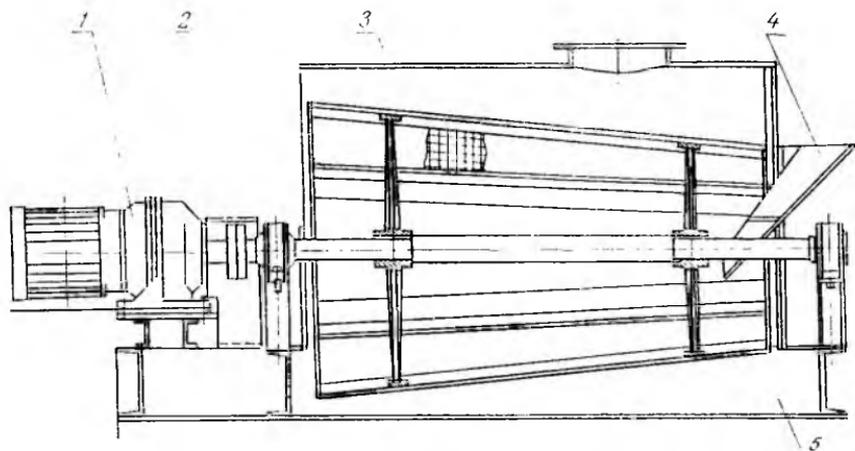


Рис. 5.22. Барабанное полигональное сито:

1 — привод; 2 — полигональный барабан; 3 — кожух; 4 — загрузочная воронка; 5 — рама сита

и выходят к другому концу барабана. Продольному перемещению материала способствует наклон самого сита.

Размеры ячеек сетки барабанных сит для оборотной смеси — 6—12 мм. Рационально применение сетки с прямоугольными ячейками размером 6×12—6×20 мм.

Основное достоинство барабанных сит — медленное и равномерное, без толчков и сотрясений, вращение. Недостатки — неполное (12—20%) использование поверхности сита и невысокая эффективность просевания, обусловленная тем, что материал движется параллельно полотну сита, а не перпендикулярно, как у вибросита.

При неподвижном барабане положение равновесия частицы материала, находящейся на внутренней его поверхности (рис. 5.23), будет находиться не выше точки А, лежащей на радиусе с углом φ , равным углу трения материала о сито.

При вращении барабана возникает центробежная сила инерции частицы материала

$$P_{ц} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R},$$

где v и R — скорость вращения и радиус барабана.

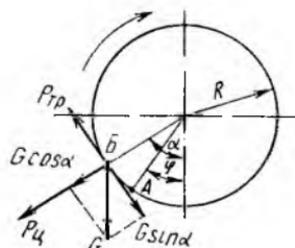


Рис. 5.23. К расчету барабанного сита

В этом случае положение равновесия частицы будет находиться в точке *Б*, так как сила трения частицы материала о поверхность сита увеличится: $P_{\text{тр}} = (P_{\text{ц}} + G \cos \alpha) f$.

Условие равновесия частицы запишется так: $G \sin \alpha = P_{\text{тр}}$.

Выразив коэффициент трения f через $\text{tg } \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$, получим после преобразования $\sin(\alpha - \varphi) = \frac{v^2}{gR} \sin \varphi$.

Подставив в формулу $v = 2\pi Rn$, где n — частота вращения (с^{-1}) барабана, получим $\sin(\alpha - \varphi) \approx 4n^2 \cdot R \sin \varphi$, откуда

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{R \sin \varphi}}. \quad (5.4)$$

Угол α не должен превышать $45\text{--}48^\circ$, а угол трения φ определяется из расчета, что коэффициент трения частицы о поверхность барабана из-за наличия в нем отверстий увеличивается до 0,7.

При этом $\varphi = 35^\circ$. Тогда частота вращения барабана $n \approx 0,2/\sqrt{Rc}^{-1}$.

Табл. 5.2. Сита для просеивания формовочных материалов и смесей

Наименование оборудования	Модель	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Наибольший размер ячейки сита, мм	Установленная мощность двигателя, кВт
Сито вибрационное грубой очистки	13321	25	20	—
То же	13322	40	20	—
»	13324	100	20	—
»	13326	240	20	30
Сито вибрационное тонкой очистки	13331	25	12	—
То же	13332	40	12	—
»	13334	100	12	—
»	13336	240	12	18,5
Сито барабанное полигональное	173М1	5	ϕ 16	1,1
То же	174М1	10	ϕ 16	1,5
»	175М	20	ϕ 16	3,0
»	176М	40	ϕ 16	5,5
»	178М	80	ϕ 16	7,5
»	179	125	ϕ 16	10,0

Производительность сита (кг/с)

$$Q = v_{0.c} F_1 \rho \psi, \quad (5.5)$$

где $v_{o.c}$ — осевая скорость движения материала, м/с; F_1 — площадь сечения слоя материала, находящегося в барабане, м²; ρ — плотность материала, кг/м³; ψ — коэффициент разрыхления материала при просивании: $\psi = 0,9—0,98$.

Наша промышленность выпускает следующие типы сит (табл. 5.2).

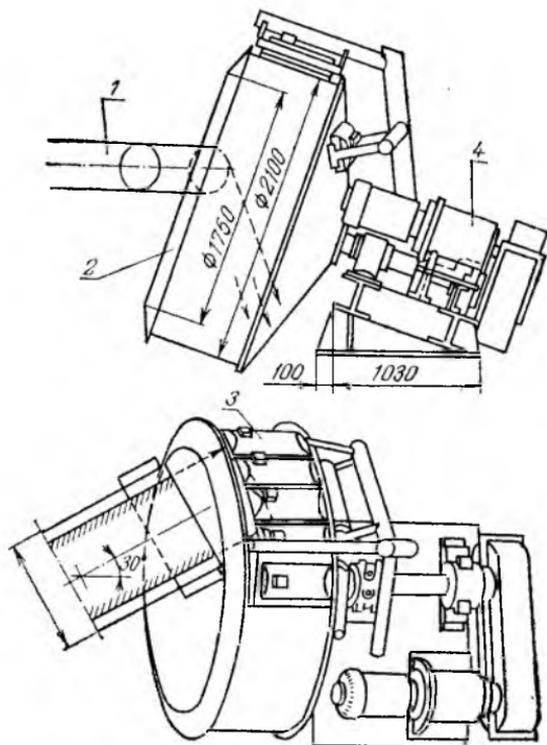


Рис. 5.24. Гомогенизационный барабан

Устройства для гомогенизации и охлаждения отработанной смеси. Для обеспечения надежности работы автоматизированных систем смесеприготовления и получения смесей высокого качества обратная смесь — основной компонент большинства формовочных смесей — должна иметь стабильную температуру (20—40° С) и стабильную влажность (отклонения в пределах 2%). С этой целью отработанную смесь перед подачей ее в смесители обрабатывают и охлаждают в специальных устройствах — гомогенизаторах и охладителях.

На рис. 5.24 приведен общий вид гомогенизационного увлажняющего барабана. Просеянная и прошедшая магнитную сепарацию обратная смесь ленточным конвейером 1 подается в чашу-барабан 2, вращающуюся с частотой 0,4—0,5 с⁻¹ (25—30 об/мин). В поток смеси через ряд форсунок впрыскивается вода, количество которой

регулируется в зависимости от температуры поступающей смеси. Для предупреждения прилипания смеси к стенкам барабана поверхность его обогревается тепло- и электронагревателями 3. Барабан выполнен из коррозионно-стойкой стали и установлен консольно под углом 18° к горизонту. Вращение его обеспечивается электроприводом 4.

Увлажненная в барабане смесь поступает на конвейере 1 в охлаждающую камеру (рис. 5.25). Главным узлом камеры является пластинчатый конвейер 4, пластины которого имеют отверстия диаметром 2—3 мм.

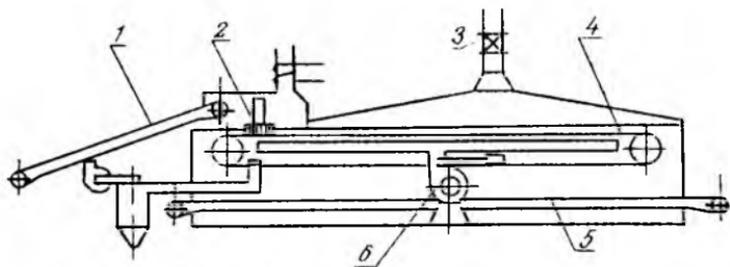


Рис. 5.25. Схема охлаждающей камеры

Смесь, поступающая в охлаждающую камеру, должна располагаться на конвейере ровным слоем, для чего в установке предусмотрены специальные грабли 2. Под верхнюю (рабочую) ветвь конвейера с помощью вентилятора 6 нагнетается воздух, который, проходя через отверстия в пластинах, а затем через слой горячей влажной смеси, охлаждает ее. Охлаждение смеси происходит в результате интенсивного испарения влаги. Из охладителя оборотная смесь, а также просыпь поступают на ленточный конвейер 5, а затем в систему транспортных средств, доставляющих их к смесителям. Удаляется пыль и пары влаги через патрубок 3.

В СССР налажен выпуск установок для охлаждения формовочных смесей методом испарения. Установки мод. 16413, 16415 и 16416 имеют производительность соответственно 80, 160 и 250 м³/ч, а вибрационные охладители мод. 11411, 11412, 11414 и 11415 производительность 35, 70, 140 и 240 м³/ч.

Глава 6. МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

6.1. Общие сведения о литейных смесителях

Процесс приготовления смесей для разовых форм и стержней из песчано-глинистых материалов заключается в смешивании твердых и жидких составляющих. При перемешивании составляющих на поверхности частиц песка образуются пленки, связывающие между собой смежные зерна. Связывание разрозненных зерен пес-

ка в единую систему (смесь) обусловлено возникновением сил сцепления между поверхностью зерен и пленкой связующего, а также наличием сил связи между частицами самого связующего вещества.

Применительно к условиям приготовления формовочных смесей процесс смесеобразования может быть условно разделен на собственно перемешивание и обволакивание, которые в зависимости от режима совершаются последовательно или одновременно. Смесеобразованию обычно сопутствуют весьма важные в технологическом отношении физико-химические явления.

Так, при смешивании песка с водой ее молекулы ориентируются определенным образом по отношению к ионам, расположенным на поверхности зерен кварца, покрывая их слоем «жесткой» воды. При сближении увлажненных зерен песка водные оболочки вступают в электростатическое взаимодействие, связывая между собой эти зерна.

Однако прочность такой смеси незначительна, так как площадь контакта зерен чрезвычайно мала. Повысить прочность смеси можно путем создания вокруг зерен песка деформируемых оболочек из глины или другого вещества. Глинистые частицы, покрываясь слоем воды с несколько иной ориентацией молекул, чем на поверхности зерен кварца, при сближении с этими зернами прочно связывают их. При этом глинистые частицы располагаются как на поверхности зерен, так и частично в порах между песчинками.

Очевидно, что для прочного связывания зерен между собой необходимо распределить глинистые частицы по всей их поверхности, что возможно при сближении зерен и перемещении их в контакте с глинистым веществом.

В идеальном случае при смешивании каждое зерно песка должно быть окружено оболочкой связующего вещества. Этого можно достигнуть различными методами, в том числе и перетираньем смеси.

Интенсивность покрытия (обволакивания) определяется физико-химическими свойствами компонентов, конструкцией рабочих органов смесителя и числом уплотнений и разрыхлений каждого элемента смеси в единицу времени.

Основным узлом в каждой смесеприготовительной установке является смеситель.

Существует множество типов литейных смесителей, которые по характеру работы можно разделить на две большие группы: 1) смесители циклического (периодического) действия; 2) смесители непрерывного действия.

В смесителях циклического действия материал перемешивается отдельными порциями (замесами). Каждая новая порция может быть загружена в смеситель лишь после выгрузки из него предыдущего замеса. Это позволяет регулировать длительность цикла перемешивания в зависимости от состава и назначенияготавливаемой смеси.

В смесителях непрерывного действия загрузка, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и

непрерывно. Машинны этого типа более экономичны и легче автоматизируются.

Смесители циклического действия, в основу которых положена жесткая программа, определяющая последовательность, характер и продолжительность отдельных операций, требуют применения различного рода дозаторов и других устройств, обеспечивающих получение заданного состава смеси и периодическую выдачу готового замеса. Автоматика таких смесителей включает большое количество исполнительных механизмов, различных приборов пневмо- и электроаппаратов и других устройств.

Осуществление принципа непрерывности в смесеприготовительных установках (непрерывность загрузки материалов, их смешивания, получения информации о ходе процесса и качества смешивания, непрерывность регулирования влажности смеси, непрерывность ее выдачи в готовом состоянии) является основным условием надежной и полной автоматизации процесса приготовления смеси.

По конструктивным признакам машины для приготовления формовочных и стержневых смесей можно подразделить на смешивающие бегуны одинарные и сдвоенные, центробежные, лопастные и барабанные, а также смесители других типов. Некоторые типы выпускаемых в нашей стране смесителей и их характеристики приведены в табл. 6.1.

Табл. 6.1. Литейные смесители

Тип	Объем замеса, м ³	Диаметр чаши, мм	Максимальная производительность, м ³ /ч	Мощность двигателя, кВт
Циклического действия				
<i>смешивающие литейные бегуны</i>				
1A11	0,25	1670	5,0	10
1A12M	0,60	2200	12,0	30
114M	1,0	2800	25,0	40
15126	3,0	2840	70,0	162
<i>центробежные смешивающие бегуны</i>				
115M	0,4	1925	25,0	89
116M2	0,63	2300	50,0	114
15328	1,60	2500	50,0	160
Непрерывного действия				
<i>смешивающие литейные бегуны (сдвоенные)</i>				
1524	1,25×2	—	80,0	200
15207	2×2	—	100,0	160

6.2. Смешивающие литейные бегуны

Конструкция бегунов. Смешивающие бегуны (рис. 6.1) большей частью представляют неподвижную чашу 1 с перемещающимися в ней плужками 5, 6 и катками 2, сидящими на траверсе, вращаемой вертикальным валом 3. При перемещении катки, увлекаясь трением о слой материала на дне чаши, вращаются вокруг своих осей 4, уплотняя материал, направляемый под катки при помощи плужков-отвалков. Готовый замес выгружается из смесителя через люк 7 в днище чаши. Приведенный на схеме смеситель является машиной циклического действия.

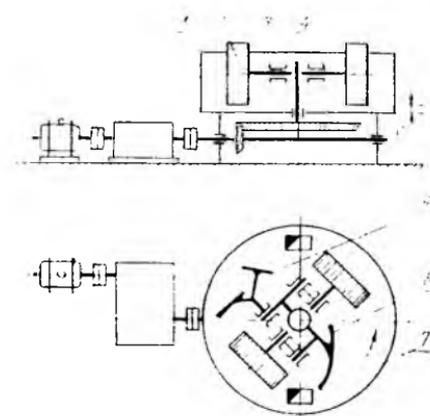


Рис. 6.1. Схема смешивающих литейных бегунов

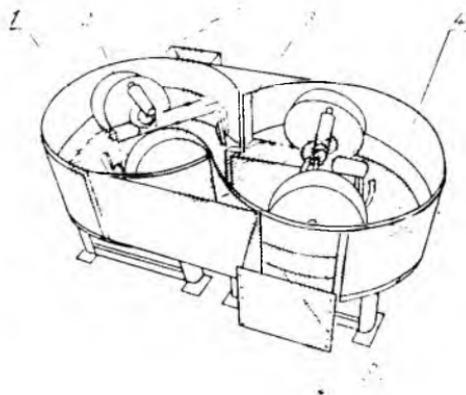


Рис. 6.2. Схема двойных литейных бегунов непрерывного действия

На рис. 6.2 изображен смеситель непрерывного действия, состоящий из двух смежных чаш 1 и 4, установленных на раме и имеющих общую полость в месте сопряжения.

Механизмы смешивания в чашах синхронно вращаются в противоположные стороны, перемешивая материал и передавая его из одной чаши в другую. Составляющие смесь материалы с помощью загрузочных устройств подаются непрерывно в правую чашу, где вращающиеся скребки 3 подхватывают загруженный материал и перемещают его к каткам 2 и далее к боковой поверхности чаши. Под действием центробежных сил в месте сопряжения обеих чаш смесь переносится в левую чашу смесителя, а затем возвращается в правую и т. д. Однако из левой чаши в правую смесь возвращается в несколько меньшем количестве. Разница в количестве смеси поступившей и возвращенной за каждый оборот смешивающего механизма, выдается через постоянно открытый люк 5 в днище левой чаши.

Основы теории и расчета. Высокое качество смешивания возможно только в том случае, если материалы, загруженные в чашу смесителя, неоднократно подвергаются действию плужков и катков,

распределяющих, уплотняющих и разрыхляющих смесь. Такое действие станет возможным, если под катки будет затягиваться определенный по высоте слой смеси. Чтобы частицы смеси захватывались катками, угол захвата α между касательной $T-T$ (рис. 6.3) и горизонтальной осью не должен превышать некоторой величины, соответствующей конструктивным параметрам смесителя.

Для определения условий захвата смеси катками рассмотрим усилия, действующие в смесителе при перемещении катка по слою

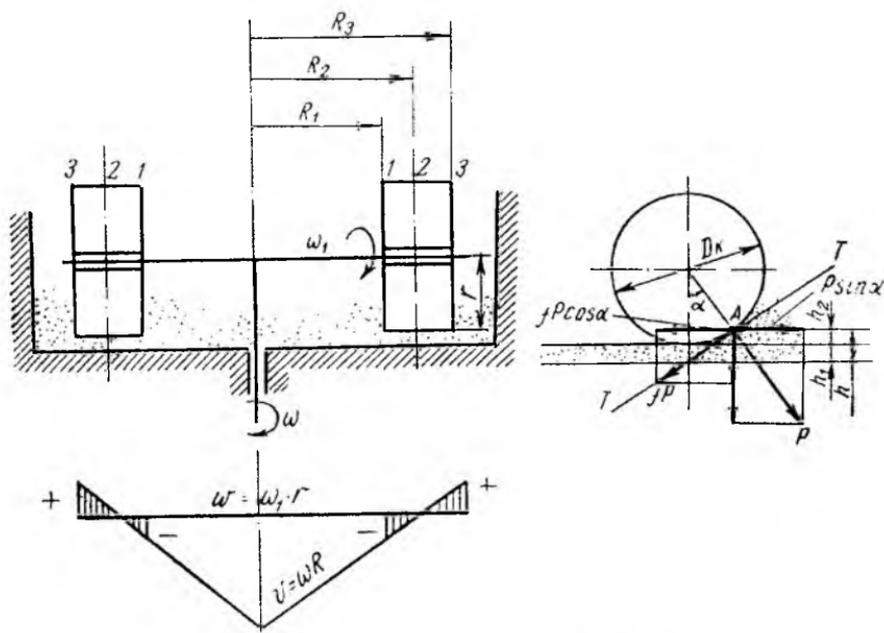


Рис. 6.3. К расчету смешивающих литейных бегунов

смеси. Давление P на смесь направлено перпендикулярно к касательной, проведенной через точку A , и при движении катка вызывает в этой точке силу трения fP , направленную по касательной.

Частицы смеси будут затягиваться под катки при условии $fP \cos \alpha \geq P \sin \alpha$,

где f — коэффициент трения смеси о поверхность катка. Отсюда $f \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$.

Обычно коэффициент трения f принимают равным 0,7, тогда $\operatorname{tg} \alpha = 0,7$, а $\alpha = 35^\circ$.

Общая высота слоя смеси на дне чаши

$$h = h_1 + h_2, \quad (6.1)$$

где h_1 — высота слоя смеси, лежащего в зазоре между крайней нижней точкой катка и дном чаши; h_2 — высота слоя смеси, затягиваемого под каток.

Зазор h_1 у большинства сменяющихся бегунов находится в пределах 20—25 мм.

Высота слоя h_2 может быть определена из геометрического построения $h_2 = (1 - \cos \alpha) \frac{D_k}{2}$.

Таким образом, между диаметром катка D_k и высотой слоя h_2 может быть принято соотношение

$$D_k = \frac{2h_2}{1 - \cos \alpha} \quad (6.2)$$

При $\alpha = 35^\circ$ диаметр катка может быть принят $D_k = (11-12)h_2$.

Ширина катка выбирается из условия обеспечения необходимого качества смешивания, зависящего и от уплотняющей способности катков смесителя.

Нажатие на смесь в этих смесителях может быть создано соответствующим подбором массы катков. Иногда оно усиливается действием специальных пружин.

Нажатие катка на смесь

$$P = qb_{к}$$

где q — нагрузка на единицу ширины катка, Н/м; $b_{к}$ — ширина катка, м.

Нагрузка q (кН/м) зависит от объема замеса:

$V_{зам}$	0,4	0,6	1,0	1,25	1,6
q	25	32	40	56	80

Ширина катка b_k у большинства смесителей находится в следующей зависимости от диаметра катка D_k : $b_k = \left(\frac{1}{3,25} - \frac{1}{5} \right) D_k$.

В некоторых смесителях катки монтируются на разном расстоянии от оси центрального вала, что увеличивает обслуживаемую ими площадь дна чаши. В этом случае должно соблюдаться следующее соотношение между силой тяжести катков: $G_B R_B = G_H R_H$, где G_B , G_H , R_B , R_H — соответственно силы тяжести и радиусы вращения внутреннего и наружного катков.

Повышение эффекта смешивания обеспечивается также скольжением (буксованием) периферийных точек поверхности катков относительно слоя смеси, лежащего на дне чаши.

При вращении катка относительно вертикальной оси смесителя переносная скорость u точек 1, 2 и 3 катка составляет $u = \omega R = v \alpha r$, т. е. неодинакова. Относительная же скорость w этих точек при вращении катка вокруг горизонтальной оси будет постоянна: $w = \omega_1 r = \text{const}$.

Абсолютные скорости указанных точек относительно неподвижной чаши равны геометрической сумме переносной и относительной скоростей или арифметической разнице этих скоростей: $v = \bar{u} + \bar{w}$.

Без скольжения будут катиться только точки катка, лежащие на окружности 2—2. Точки же окружности 1—1 будут иметь сколь-

жение, направленное назад, а точки окружности 3—3 — скольжение, направленное вперед.

Максимальные скорости скольжения (буксования) будут иметь место на радиусах вращения катка R_1 и R_3 :

$$v_{ск_1} = -(u_1 - \omega) = 2\pi (rn_2 - R_1n_1);$$

$$v_{ск_3} = (u_3 - \omega) = 2\pi (R_3n_1 - rn_2),$$

где n_1, n_2 — частота вращения катка относительно вертикальной оси.

Диаметр чаши смесителя можно определить исходя из заданной емкости одного замеса и проверить по выбранным размерам катков.

Емкость одного замеса $V_{зам} = Pt = \frac{\pi D^2}{4} h$, откуда диаметр чаши

$$D = \sqrt{\frac{4V_{зам}}{\pi h}}, \quad (6.3)$$

где P — производительность смесителя, м³/с; t — время перемешивания, с; h — общая высота слоя смеси в чаше, м.

Учитывая, что под катки смесителя в каждый данный момент попадает лишь часть смеси, загруженной в чашу, а остальная масса поднимается плужками-отвалами выше слоя h , диаметр чаши можно принять несколько меньшим расчетного

$$D_ч = (0,8—0,85) D. \quad (6.3, а)$$

Проверяется принятый диаметр чаши по размерам катков.

Высота бортов чаши в открытых смесителях принимается равной 0,7—0,8, в закрытых — 0,4—0,5 м.

Мощность, потребляемая смесителем, затрачивается на перекачивание катков $N_{кат}$, преодоление трения скольжения (пробуксовывание) катков $N_{ск}$ и на перелопачивание замеса плужками-отвалами $N_{пл}$.

6.3. Центробежные смешивающие бегуны

Конструкция бегунов. В этих смесителях материал перемешивается и на дне и на стенках чаши.

В нижней части неподвижной цилиндрической чаши (рис. 6.4) вращается ротор 2, на котором имеются два или три рабочих плужка 1 с различными углами наклона к горизонту. На роторе, кроме того, при помощи специальных кривошипов (маятников) 6 прикреплены на разных уровнях катки 4. Уровень установки катков соответствует углам наклона плужков.

Катки подвешены горизонтально и при вращении ротора под действием центробежных сил отклоняются на своих маятниковых кривошипах к борту 3 чаши смесителя. Внутренняя поверхность борта чаши, а также цилиндрическая поверхность катков футерованы резиной 5.

Загруженные в смеситель составные части смеси попадают на вращающийся ротор и центробежной силой сбрасываются с него

в кольцевое пространство между ротором и бортом чаши. Плужки поднимают эту смесь со дна чаши и бросают под соответствующим углом на ее боковую поверхность. Соприкоснувшись с боковой поверхностью, поток смеси движется по окружности борта. Возникающие при этом центробежные силы инерции прижимают смесь к резиновой поверхности борта, в сечении потока возникает значи-

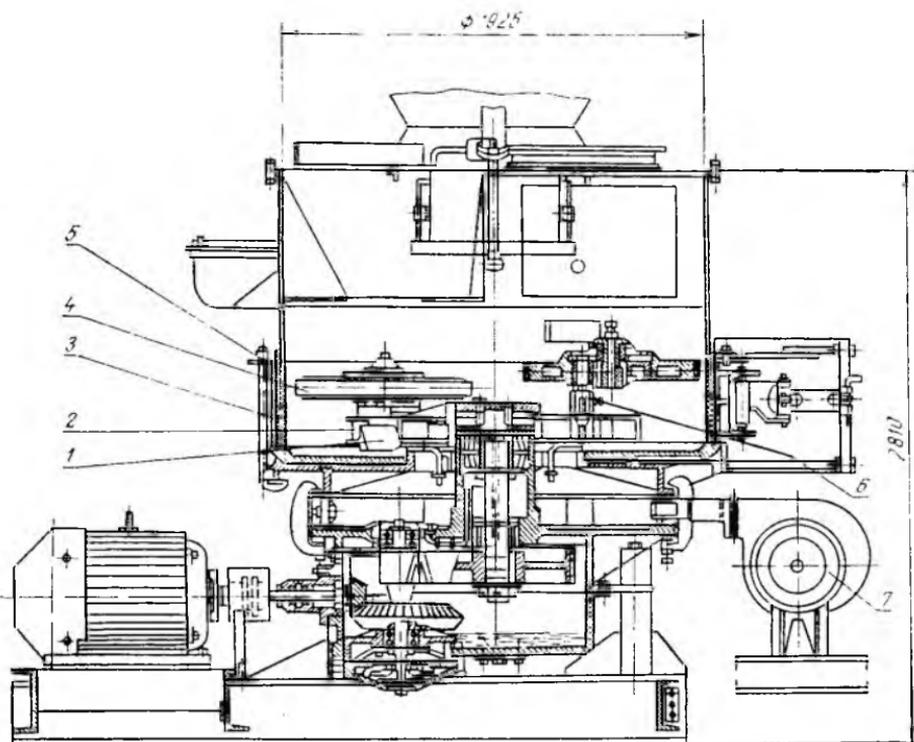


Рис. 6.4. Центробежные смешивающие бегуны мод. 115

тельный перепад скоростей, происходит скольжение элементарных слоев смеси друг относительно друга и ее перетирание.

Катки бегунов, проезжая по слоям смеси, прижимают ее к борту и уплотняют, что способствует растиранию комьев и равномерному распределению влаги. Этим достигается высокое качество перемешивания и обволакивания смеси влажной глиной. В систему бегунов встроен центробежный вентилятор 7 для удаления пыли и охлаждения смеси. Воздух в чашу бегунов подается через диффузор и воздушную коробку, причем напор воздуха возрастает вследствие вращения ротора. У всасывающих патрубков вентилятора имеется два клапана, управляемых пневматическими цилиндрами. Через малый патрубок воздух подают для удаления пыли, а через большой — для охлаждения смеси.

Вода для увлажнения замеса может автоматически подаваться на дно чаши в необходимом количестве. Готовый замес выбрасывается через открывающуюся специальным толкателем дверцу при вращении ротора.

Управление всеми пневмоцилиндрами смесителя осуществляется с помощью электромагнитных воздухораспределительных клапанов и командоаппарата.

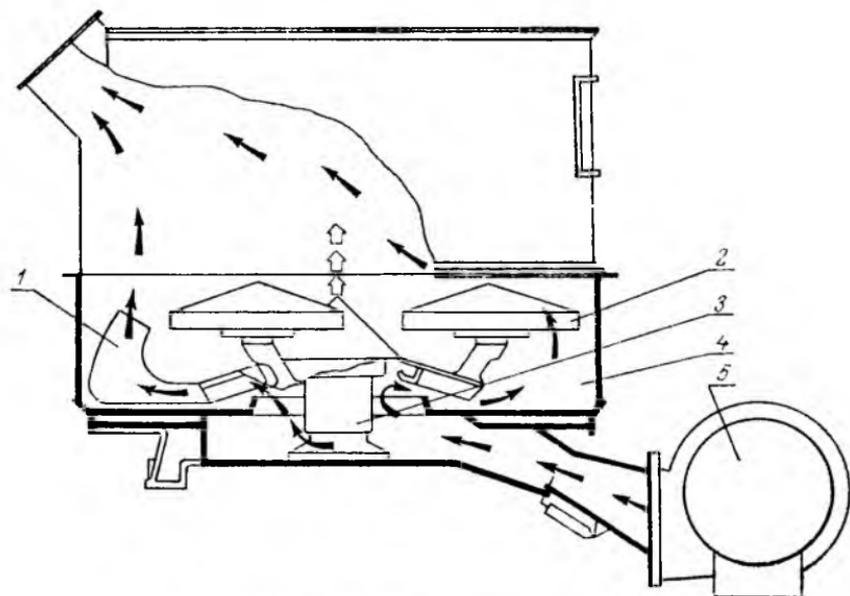


Рис. 6.5. Центробежные смешивающие бегуны

Представляет интерес конструкция автоматизированных центробежных смесителей циклического действия, являющихся главным узлом смесеприготовительных систем автоматических формовочных линий в чугунолитейном цехе Волжского автозавода.

В этих смесителях (рис. 6.5) применены одинаковые большие лопатообразные плужки 1, а катки 2 расположены на одном горизонтальном уровне. Верхние поверхности ротора 3 и катков выполнены в виде конусов, что повышает надежность смесителей и увеличивает их производительность. При вращении ротора плужки направляют потоки смеси на боковую поверхность чаши 4 под катки. В результате происходит интенсивное перемешивание смеси под действием центробежных сил и катков.

Особенностью таких смесителей является обязательное увлажнение чаши водой перед загрузкой сухих материалов. Это исключает приставание сухой смеси к поверхности чаши и плужков. В процессе перемешивания смесь продувается воздухом, для чего смеситель снабжен вентилятором 5.

Основы теории и расчета. В центробежном смесителе смесь со значительной скоростью бросается на резиновую поверхность обечайки чаши. Частицы смеси, подхваченные плужком, движутся вверх по его плоскости с относительной скоростью, одновременно перемещаясь с плужком вокруг вертикальной оси вращения ротора с переносной скоростью. Скорость, при которой частицы смеси срываются с плужка, является абсолютной скоростью частиц v_{abc} и равна геометрической сумме относительной ω и переносной u скоростей (рис. 6.6, а).

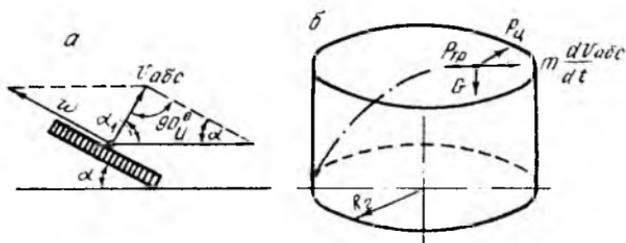


Рис. 6.6. К расчету центробежных смешивающих бегунов

Эти скорости находятся в следующей взаимозависимости:

$$\frac{v_{abc}}{\sin \alpha} = \frac{\omega}{\cos \alpha} = u \Rightarrow \frac{v_{abc}}{\cos \alpha_1} = \frac{\omega}{\sin \alpha_1} = \pi D_{\text{ч}} n_{\text{рот}},$$

где $D_{\text{ч}}$ — диаметр чаши; $n_{\text{рот}}$ — частота вращения ротора смесителя с плужками.

Соскальзывая с плужка, частицы смеси движутся по цилиндрической стенке чаши с начальной скоростью v_{abc} , находясь при этом под действием центробежной силы $P_{\text{ц}}$, силы трения $P_{\text{тр}}$ и силы тяжести G (рис. 6.6, б).

Центробежная сила, действующая на частицу смеси,

$$P_{\text{ц}} = \frac{m u^2}{R_1},$$

где $R_1 = \frac{D_{\text{ч}}}{2}$ — радиус чаши смесителя.

Сила трения частицы о стенки чаши направлена в сторону, противоположную движению частиц и равна $P_{\text{тр}} = P_{\text{ц}} f$, где f — коэффициент трения частицы смеси о стенку чаши.

Рассматривая движение частицы смеси как движение материальной точки на плоскости, можно составить уравнение движения этой точки под действием вышеупомянутых сил:

$$m \frac{du}{dt} = P_{\text{тр}} \cos \alpha_1;$$

$$m \frac{d\omega}{dt} = -G - P_{\text{тр}} \sin \alpha_1.$$

Сделав необходимые преобразования и решив эти уравнения, можно найти положение частицы смеси на поверхности обечайки чаши в каждый данный момент времени, т. е. определить траекторию потока смеси в чаше смесителя.

Для высококачественного смешивания необходимо, чтобы зерна песка при движении по обечайке чаши были прижаты друг к другу и перекатывались, вращаясь вокруг своих осей. Такое явление может иметь место лишь на восходящих ветвях траекторий. Поэтому необходимо, чтобы катки смесителя не пересекали частиц смеси, движущихся по этим ветвям, так как разрушение струй смеси приведет к ухудшению качества смешивания.

Мощность N , потребляемая смесителем, затрачивается на перемещение плужков $N_{пл}$, катков $N_{кат}$ и преодоление потерь $N_{пот}$.

6.4. Лопастные смесители

Конструкция смесителя. Лопастный смеситель (рис. 6.7) представляет корытообразный корпус $З$, внутри которого вращаются два горизонтальных вала 1 с насаженными на них лопастями 2 . При

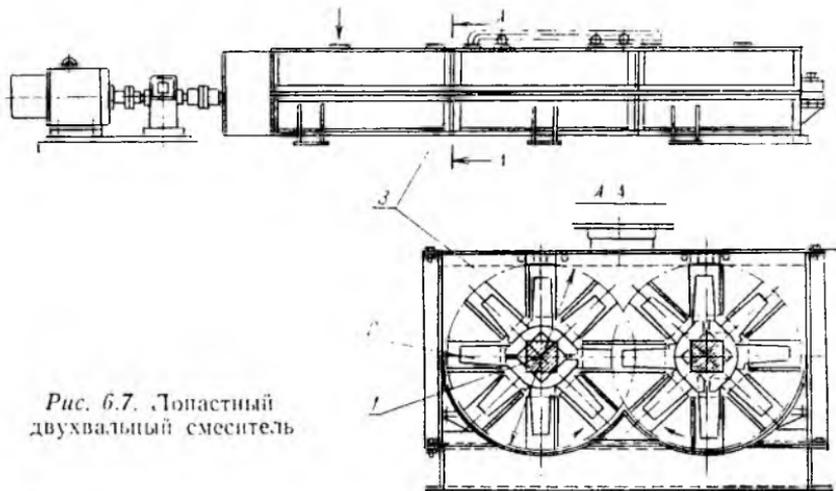


Рис. 6.7. Лопастный двухвальный смеситель

вращении валов винтообразные лопасти захватывают материал и перемещают его как по окружности, так и вдоль корпуса смесителя. Благодаря этому, а также трению о стенки корыта частицы материала перемешиваются. При перемешивании материал разрезается лопастями и перебрасывается ими. Однако смесь перетирается и уплотняется при этом в очень малой мере и полного обволакивания зерен песка глинистой оболочкой не происходит.

По этой причине лопастные смесители не получили широкого распространения и применяются преимущественно тогда, когда технологически возможно приготовление дополнительных или единых смесей с небольшим процентом освежения, а также для приго-

товления жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) и холоднотвердеющих смесей (ХТС).

Вместе с тем у этих смесителей есть ряд достоинств: простота конструкции и надежность действия, небольшое потребление энергии и высокая производительность.

Лопастные смесители непрерывного действия имеют особенно высокую производительность, так как у них можно исключить из общего цикла время, идущее на непроезводительные операции, связанные с загрузкой материалов и выгрузкой готовой смеси. Непрерывность действия смесителей позволяет надежно автоматизировать весь комплекс смесеприготовительных операций.

В зависимости от вида связующего вещества, а также от физико-механических свойств получаемой смеси угол установки лопастей можно изменять, в результате чего меняется шаг винтовой линии и скорость перемещения материалов вдоль смесителя, а следовательно, и продолжительность перемешивания (в смесителях непрерывного действия). В этих же смесителях несколько последних пар лопастей повернуты так, чтобы создавать встречное движение материала, вызывающее подпор смеси и поддерживающее нужную высоту слоя материала в корыте.

В смесителях периодического действия перемешивание производится в течение определенного времени. При этом материал вдоль корыта не перемещается, а поднимается лопастями вверх. Замес выгружается либо путем поворота корыта, либо через открываемое днище.

В смесителях непрерывного действия загруженные материалы и смесь непрерывно перемещаются вдоль корыта, причем твердые компоненты загружаются в голове смесителя (зона сухого перемешивания), жидкие — на среднем участке (зона увлажнения), а окончательное перемешивание происходит на самом длинном участке смесителя, в его конце, ближе к выгрузочному отверстию (зона влажного перемешивания).

Основы расчета. Производительность смесителя периодического действия определяется по формуле

$$Q = z_{\text{зам}} v_{\text{зам}},$$

где $z_{\text{зам}}$ — число замесов, с^{-1} ; $v_{\text{зам}}$ — масса одного замеса, кг.

Число замесов может быть найдено из выражения

$$z_{\text{зам}} = \frac{1}{t_{\text{загр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{выгр}}},$$

где $t_{\text{загр}}$, $t_{\text{пер}}$, $t_{\text{выгр}}$ — соответственно продолжительность загрузки материалов, перемешивания и выгрузки готовой смеси, с.

Продолжительность загрузки и разгрузки зависит от конструкции машины, а время перемешивания определяется видом приготовляемой смеси.

Производительность смесителя непрерывного действия определяется по формуле

$$П = \frac{V_{\text{смес}}}{t_{\text{пер}}}, \quad (6.4)$$

где $V_{\text{смес}}$ — емкость смесителя, м³; $t_{\text{пер}}$ — время перемешивания, с.

Массовая емкость смесителя зависит в основном от его геометрических размеров, степени заполнения корыта смесью и др.

Порядок определения геометрических размеров следующей:

а) по заданной теоретической производительности смесителя определяют его емкость по массе замеса (кг) и по объему (м³);

б) задавшись коэффициентом заполнения смесителя ψ и числом парных лопастей $i_{\text{лоп}}$ на каждом валу, определяют радиус корпуса смесителя R ;

в) находят все размеры корпуса, выраженные через R .

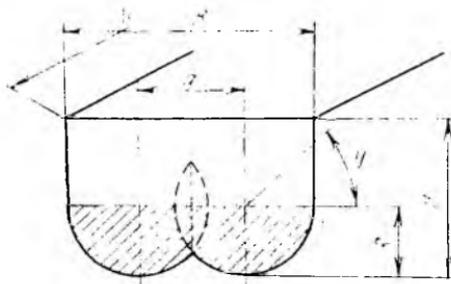


Рис. 6.8. К расчету лопастного смесителя

Массовая емкость смесителя

$$V_{\text{зам}} = \psi F L \rho.$$

Емкость смесителя по объему смеси

$$V_{\text{смес}} = 2 \cos \varphi i_{\text{лоп}} R^3,$$

где F — заштрихованная на рис. 6.8 площадь поперечного сечения корыта смесителя, м²; L — длина рабочей части корыта, м; ψ — коэффициент заполнения корыта смесью: $\psi = 0,8—1,0$; ρ — плотность разрыхленной смеси, кг/м³; φ — угол наклона лопастей к горизонту: $\varphi = 40—45^\circ$; $i_{\text{лоп}}$ — число парных лопастей (общее число лопастей на обоих валах принимается обычно для смесителей периодического действия 28—40, для смесителей непрерывного действия 36—64); R — радиус днища смесителя, м.

Из рис. 6.8 видно, что расстояние между осями валов

$$a = 2R \cos \varphi = m z_n,$$

где m — модуль зубчатых колес привода смесителя; z_n — число зубьев колес.

Таким образом, общая ширина корпуса смесителя $B = a + 2R = 2R(1 + \cos \varphi)$.

Длина корпуса смесителя зависит от числа парных лопастей на каждом валу. Высота корпуса H зависит от длины лопастей, радиуса R и степени заполнения смесителя. Так, у смесителей периодического действия $H = (2,0—2,2)R$, у смесителей непрерывного действия $H = (2,3—2,4)R$.

У нас в стране созданы автоматизированные установки для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей (рис. 6.9).

Установка представляет лопастный смеситель 2 с электромеханическим приводом 4, смонтированным на кронштейне поворотного рычага, вращающегося вокруг вертикальной оси колонны основания 5. Над разгрузочным окном смесителя расположены шибер и по-

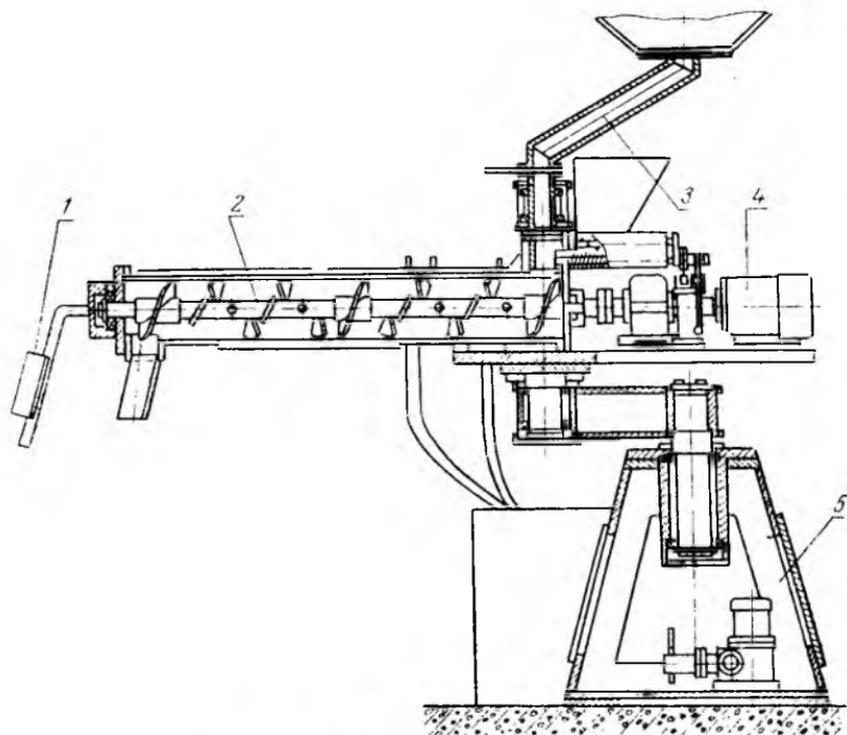


Рис. 6.9. Лопастный смеситель мод. 4727

воротная труба 3, по которой в смеситель поступают сухие компоненты смеси. В основании установки 5 смонтированы три насоса-дозатора для подачи жидких компонентов в смеситель. Управление работой установки производится с пульта 1.

Смеситель 2 состоит из трубы с вращающимся внутри нее валом, на котором смонтированы три винтовые плоскости и лопасти между ними, посаженные под углом 45 и 60° к оси вала. Такое расположение лопастей обеспечивает лучшее перемешивание смеси и транспортировку ее к разгрузочному окну смесителя. Вал смесителя вращается с частотой $n = 1,6 \text{ с}^{-1}$ (95 об/мин). Внутренний диаметр корыта смесителя — 200 мм. Производительность установки — 0,85 кг/с (2,5 м³/ч).

Примером лопастного смесителя может служить также автоматизированная установка для изготовления самотвердеющих смесей

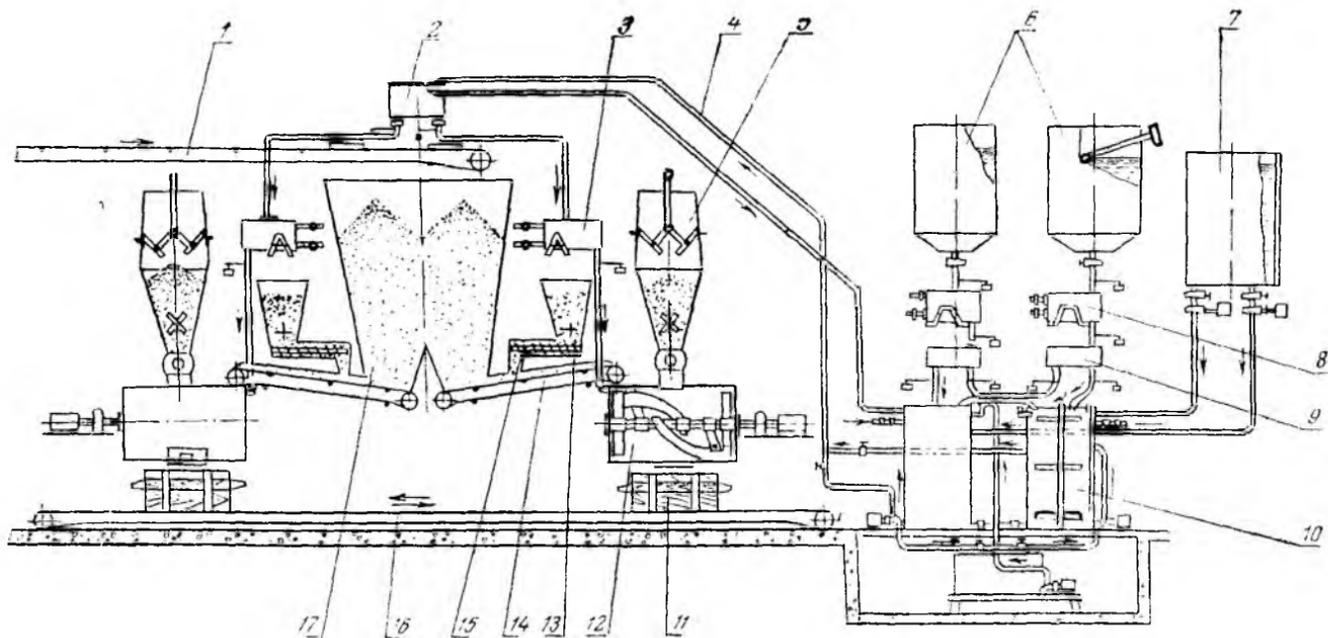


Рис. 6. 10. Схема установки лопастного смесителя для приготовления самотвердеющих смесей (ЖСС)

(рис. 6.10). Подача сухого песка в смеситель 12 производится ленточным питателем 14 из бункера 17, в который он поступает по ленточному конвейеру 1. Древесный пек подается винтовым питателем 15 из бункера 13. Отвердитель дозируется из бункера 5 непосредственно в смеситель.

Подготовка жидкой композиции осуществляется следующим образом. Жидкое стекло из бака 7, поверхностно-активное вещество и сода из баков 6 через дозаторы 8 и распределитель 9 поступают в баки-мешалки 10, где тщательно перемешиваются с добавлением воды и затем по трубопроводу 4 нагнетаются в промежуточный бак 2. Из бака жидкая композиция выдается с помощью дозатора 3 в один из лопастных смесителей 12.

Жидкая самотвердеющая смесь, получаемая из смесителя, заливается в стержневые ящики 11, располагаемые на реверсивном транспортере 16.

6.5. Другие типы смесителей

Стремление использовать принцип непрерывности при приготовлении формовочных смесей привело к созданию некоторых типовых смесителей, пока еще не нашедших широкого распространения в

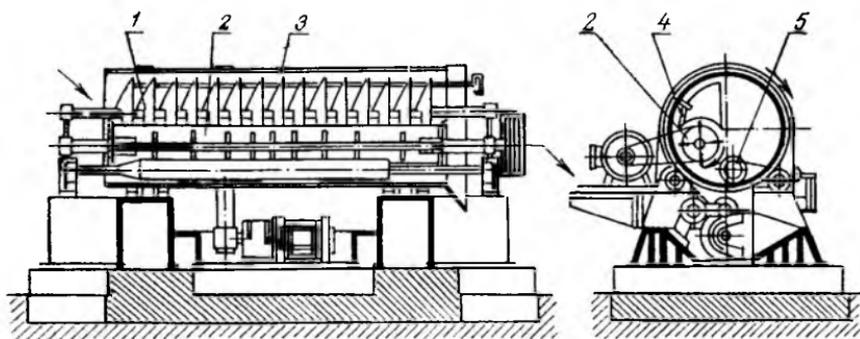


Рис. 6.11. Барабанный смеситель

автоматических линиях смесеприготовления. К ним относятся: барабанный вихровой, комбинированные и другие типы смесителей.

Барабанный смеситель непрерывного действия (рис. 6.11) представляет цилиндрический барабан 3, внутри которого размещены вал-каток 5, разрыхлитель 2, скребок 4 и направляющие пластины 1. Вал-каток укреплен шарнирно на рычагах и прижимается к смеси, вращаясь за счет сил трения о смесь.

При перекачивании катка по слою смеси внутри барабана последняя уплотняется, что способствует внедрению глинистых частиц в поры между зернами смеси.

Для разрыхления уплотненной смеси по всей длине барабана размещены лопасти рыхлителя, к продольным кромкам которых

привернуты зубчатые листы. Вращаясь от собственного привода, рыхлитель своими зубчатыми кромками сгребает смесь со стенки барабана и бросает ее на направляющие пластины. Последние установлены под углом к продольной оси барабана, образуя своеобразный винт, перемещающий смесь к выходному концу барабана.

В зависимости от необходимого времени перемешивания угол наклона направляющих пластин может быть изменен.

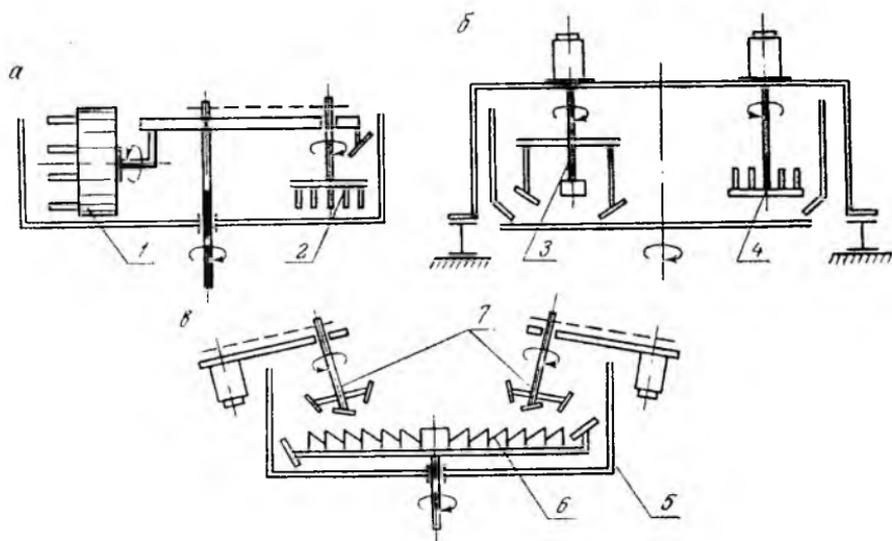


Рис. 6.12. Схемы литейных смесителей:

а — с одним катком и рыхлителем; *б* — с двумя мешалками; *в* — со смесительной лопастью и двумя мешалками

В практике литейного производства встречаются также смесители с одним вертикальным катком 1 и центробежным рыхлителем 2 вместо второго катка (рис. 6.12, *а*) и противоточные смесители (рис. 6.12, *б*), в рабочем объеме которых размещены две различные по конструкции лопастные мешалки 3 и 4 с независимыми приводами и вращающиеся навстречу друг другу.

Применяются также смесители, над дном чаши 5 которого (рис. 6.12, *в*) вращаются специальные лопасти 6, обеспечивающие смешивание компонентов, а две лопастные мешалки 7, погружаемые в смесь, производят дальнейшую ее обработку.

6.6. Литейные разрыхлители формовочных смесей

Чтобы улучшить формуемость приготовленных смесей, их перед выдачей в формовочные агрегаты разрыхляют. С этой целью в системе транспорта формовочной смеси предусматривают установку специальных устройств, получивших название аэраторов и деаэризаторов.

Литейный аэратор мод. 16134 производительностью 150 м³/ч (рис. 6.13) надленточный представляет гребенчатый вал 4, вращающийся над лентой конвейера 5, несущего формовочную смесь. Вращение вала передается от электродвигателя 1 через клиноремennую передачу 2. Аэратор имеет защитный кожух с вентиляционным патрубком 3 для отвода пыли.

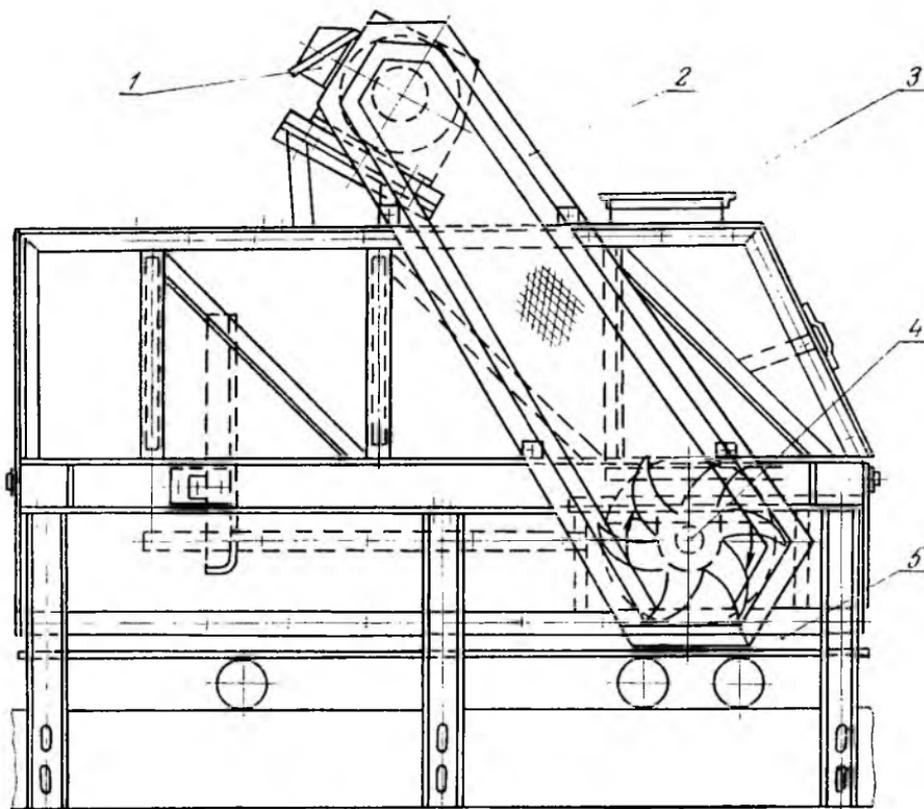


Рис. 6.13. Литейный аэратор

При работе аэратора зубья гребенчатого вала внедряются в движущуюся массу смеси и разрыхляют ее. Частота вращения гребенчатого вала $n = 9 \text{ с}^{-1}$.

Существуют также дисковые разрыхлители — л и т е й н ы е д е з и н т е г р а т о р ы. Они обычно состоят из двух вращающихся навстречу друг другу дисков, на которых укреплены пальцы. При вращении дисков смесь, попадающая в разрыхлитель, разбивается пальцами на отдельные маленькие комочки и ссыпается в приемное устройство транспортной системы смесеприготовительного комплекса.

Нашей промышленностью выпускаются литейные аэраторы для готовой формовочной смеси мод. 16112, 16113, 16114, 16115 и

16116 производительностью 20, 40, 80, 125, 250 м³/ч и литейные аэраторы для оборотной формовочной смеси (надленточные) мод. 16132, 16133, 16134, 16136 производительностью 70, 100, 150 и 240 м³/ч.

Глава 7. ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

7.1. Организация транспортно-технологических потоков

Смесеприготовительная система современного литейного цеха — это замкнутая цепь, состоящая из технологических машин и устройств, связанных между собой средствами непрерывного транспорта.

В сложной системе транспортно-технологической линии смесеприготовительного комплекса литейного цеха (см. рис. 5.1) можно выделить три основных потока: а) поток свежих формовочных материалов (песка, глины, угля и других добавок); б) поток оборотной формовочной смеси; в) поток готовой смеси.

Рациональная организация этих потоков в большой мере зависит от места расположения смесеприготовительного узла в цехе. Пути транспортирования оборотной смеси, составляющей основную часть грузопотока, должны быть наикратчайшими. С этой целью смесеприготовительную установку целесообразно располагать в зоне выбивки форм, обеспечив подготовку оборотной смеси, как об этом упоминалось в § 5.4.

В зависимости от характера производства приготовление формовочных смесей организуется: а) либо в централизованной смесеприготовительной установке; б) либо в отдельных установках, обслуживающих одну или две формовочные линии.

В первом случае транспортная система более сложная, так как доставка смесей с одного пункта ко всем формовочным линиям, а также возврат россыпи смеси от них требует разветвленной сети ленточных конвейеров, элеваторов и других транспортных средств. Кроме того, в случае поочередного приготовления в этой установке формовочных смесей различного состава появляется необходимость в увеличении емкости расходных бункеров у формовочных машин.

В цехах с непрерывной заливкой и выбивкой процесс приготовления формовочных смесей строится большей частью так, чтобы каждую формовочную линию обслуживала отдельная установка для приготовления смесей определенного состава, а также отдельная транспортная линия для доставки этих смесей к формовочной линии. Транспортные пути при такой организации значительно короче, а работа системы надежнее.

На рис. 7.1 приведен общий вид смесеприготовительной установки современного литейного цеха с устройствами непрерывного транспорта.

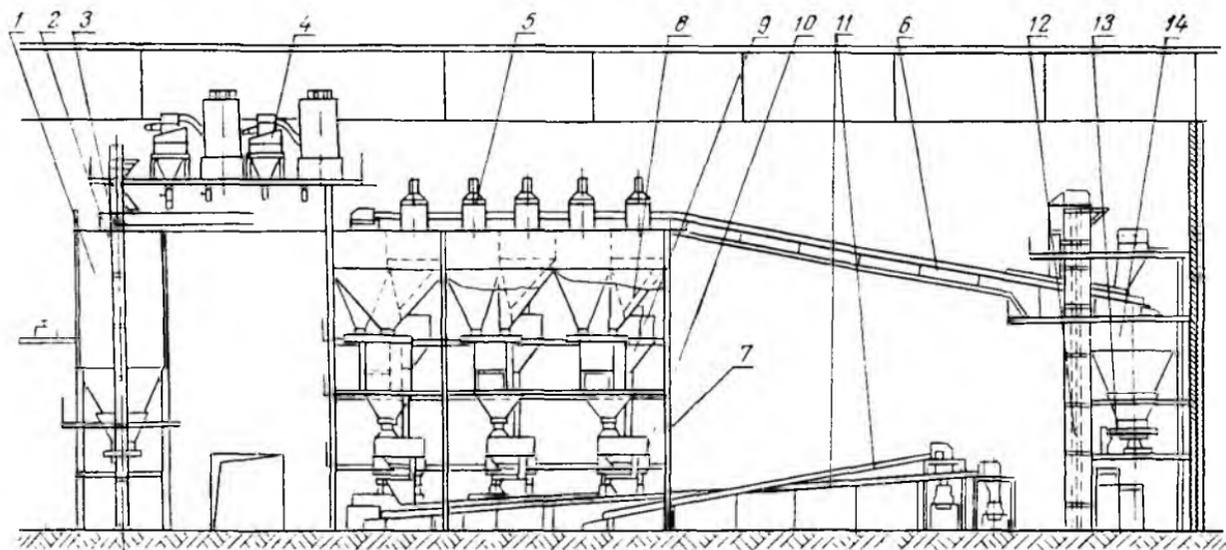


Рис. 7.1. Общий вид смесеприготовительной установки с устройствами непрерывного транспорта:

1 — бункер для песка; 2 — ковшевый элеватор; 3 — ленточный конвейер для свежего песка; 4 — устройства пневмотранспорта для порошкообразных материалов; 5 — плужковые сбрасыватели; 6 — ленточный конвейер для оборотных смесей; 7 — поддерживающие конструкции бункерного блока; 8 — бункеры; 9 — дозаторы; 10 — смесители; 11 — ленточные конвейеры для готовой смеси; 12 — ковшевый элеватор; 13 — дисковый питатель; 14 — бункер-отстойник

7.2. Машины и устройства непрерывного транспорта

Виды транспортных устройств. В смесеприготовительных системах литейных цехов используются разнообразные машины непрерывного транспорта: ленточные конвейеры, ковшовые элеваторы, винтовые конвейеры, транспортирующие трубы, пневмотранспортные установки (ПТУ).

Ленточные конвейеры — самый распространенный вид транспорта в литейных цехах. Конвейер (рис. 7.2) состоит из опорной металлоконструкции 4, на концах которой устанавливаются два барабана — приводной 6 и натяжной 1. Лента 5 огибает эти барабаны и на всей длине конвейера поддерживается от провиса-

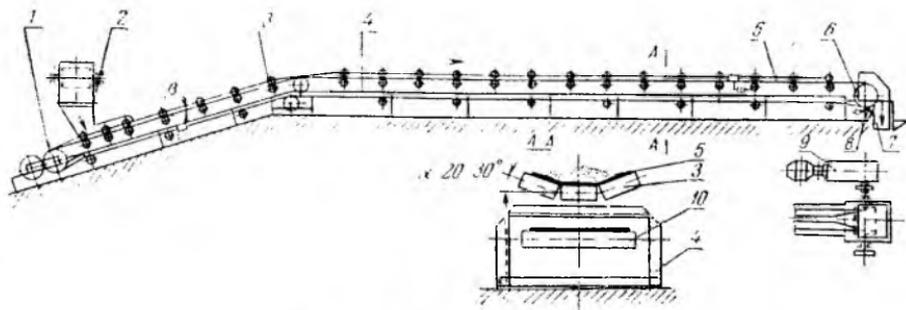


Рис. 7.2. Ленточный конвейер

ния роликоопорами — верхними 3 и нижними 10. Приводной барабан получает вращение от привода 9 и сообщает ленте продольное (поступательное) движение.

Транспортируемый материал обычно располагается на верхней (рабочей) ветви ленты и перемещается по длине конвейера, нижняя ветвь ленты является холостой. Таким образом, у ленточного конвейера лента является одновременно как несущим, так и тяговым элементом.

Поверхность ленты очищается от прилипших к ней частиц материала при помощи устройства 8, устанавливаемого у переднего барабана. Загрузка материалов на ленту осуществляется через одну или несколько воронок 2, располагаемых на конвейере, а разгрузка на конечном барабане 6 в разгрузочную воронку 7 или же в промежуточных пунктах — при помощи специальных разгрузочных устройств (плужковых сбрасывателей или разгрузочных тележек).

Плужковые сбрасыватели (рис. 7.3) компактны и конструктивно просты, но повышают износ ленты и сопротивление ее движению.

Разгрузочные, или сбрасывающие, тележки (рис. 7.4) чаще всего применяются для разгрузки кусковых материалов. При огибании лентой верхнего барабана 2 груз попадает в воронку 3 с от-

подными рукавами 4. Тележка 1 перемещается по рельсам вдоль конвейера и останавливается в местах, где требуется произвести разгрузку материала. Управление разгрузочными устройствами автоматизируется (см. § 8.1).

Ленточные конвейеры могут иметь горизонтальные и наклонные участки трассы. Угол наклона ленты не должен превышать для сухих несков 16°, а для влажных 24°. Для увеличения угла наклона применяются специальные ленты с выступами на рабочей поверхности.

Производительность ленточных конвейеров с плоской лентой (кг/с) может быть ориентировочно подсчитана по формуле

$$Q = F_{пл} v \rho = 0,05 B^2 v \rho,$$

с желобчатой лентой

$$Q = F_{ж} v \rho = 0,1 B^2 v \rho,$$

где $F_{пл}$ и $F_{ж}$ — площадь сечения транспортируемого материала соответственно на плоской и желобчатой ленте, м²; B — ширина ленты, м; v — скорость ленты, м/с: $v = 0,5 - 1,0$; ρ — плотность материала, кг/м³.

Повышение конструктивных и эксплуатационных показателей ленточных конвейеров, а также внедрение совершенной аппаратуры контроля состояния и загрузки ленты позволило в последние

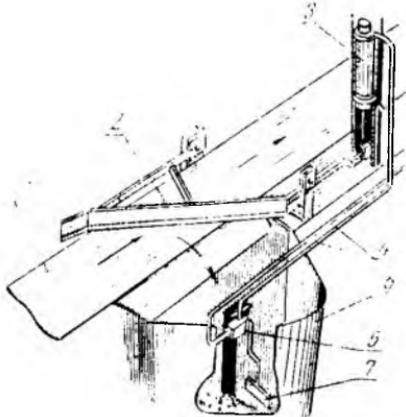


Рис. 7.3. Плужковый сбрасыватель с автоматизированным приводом: 1 — лента конвейера; 2 — сбрасыватель; 3 — пневматический цилиндр; 4 — воздухопровод; 5 — бункер; 6 — клапан управления; 7 — лопатка указателя уровня смеси в бункере

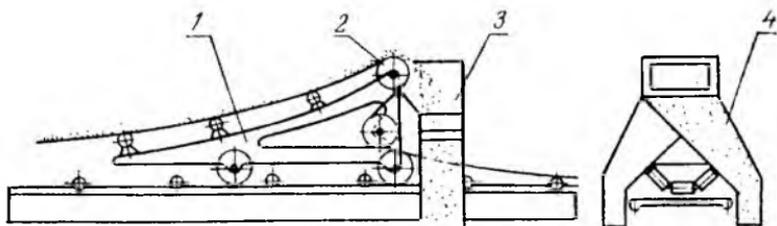


Рис. 7.4. Схема разгрузочной тележки

годы создать и широко использовать полностью автоматизированные поточно-транспортные системы.

В автоматических конвейерных системах применяются непрерывно работающие весоизмерительные устройства, позволяющие получать строго фиксированную производительность. Внедряется автоматическое адресование на ленточных конвейерах. Управление такими конвейерными системами осуществляется при помощи ЭВМ.

Ковшовый элеватор (рис. 7.5) состоит из замкнутого тягового элемента 4 с жестко прикрепленными к нему ковшами 2, огибающего верхний приводной 5 и нижний натяжной 1 барабаны.

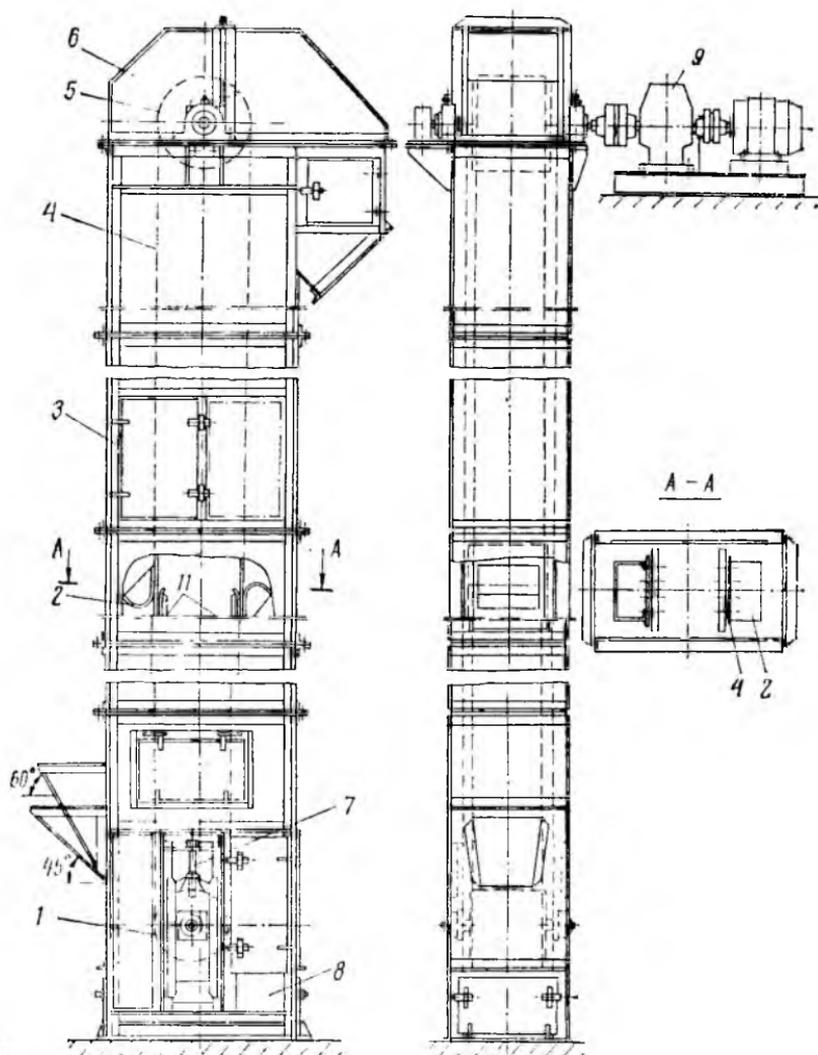


Рис. 7.5. Ковшовый элеватор

ны. Ходовая часть и барабаны элеватора помещаются в закрытом металлическом кожухе, состоящем из верхней части (головки) 6, средних секций 3 и нижней части (башмака) 8. Тяговый элемент с ковшами приводится в движение от привода 9 и получает натяжение от устройства 7. Транспортируемый насыпной материал подается в загрузочный патрубок (носик) нижней части элеватора,

загружается в ковши, поднимается в них и разгружается на верхнем барабане. Привод снабжен остановом для предохранения от обратного движения ходовой части.

Достоинства ковшовых элеваторов — малые габаритные размеры в поперечном сечении, возможность подачи груза на значительную высоту (30—40 м) и большой диапазон производительности; недостатки — чувствительность к перегрузке и необходимость равномерной подачи груза.

Производительность ковшового элеватора определяется по формуле

$$Q = \frac{i\psi\rho}{a} v,$$

где i — емкость ковша, м³; ψ — коэффициент наполнения ковша; ρ — плотность материала в насыпном виде, кг/м³; a — шаг ковша, м; v — скорость ленты элеватора, м/с.

Винтовые конвейеры применяются главным образом для транспортирования пылевидных, порошкообразных материалов (пылевидный уголь и глина) на небольшие расстояния (до 30—40 м).

Винтовой конвейер (рис. 7.6) состоит из вала 8 с винтовой поверхностью 7, вращающегося в концевых 2 и промежуточных 6 подвесных подшипниках. Вал с винтом, помещенный в неподвижный корпус 5 со смотровыми люками 3, вращается от привода 1. Материал поступает в кожух через загрузочный патрубок 9, перемещается вдоль желоба и выгружается через патрубок 4.

Винтовые конвейеры перемещают груз как по горизонтали, так и по пологому наклону с углом подъема 15—20°. Достоинства их — простота и компактность конструкции, герметичность, возможность устройства промежуточных пунктов загрузки и разгрузки, транспортирования горячих грузов; недостатки — высокий расход энергии вследствие перемешивания материала в процессе транспортирования и чувствительность к перегрузкам.

Производительность винтовых конвейеров можно определить по формуле

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \psi s n \rho,$$

где D — диаметр винта, м; ψ — коэффициент заполнения емкости конвейера: $\psi = 0,25—0,4$; s — шаг винта, м; n — частота вращения, с⁻¹; ρ — плотность перемещаемого материала в насыпном виде, кг/м³.

Пневматические транспортные установки получили широкое распространение в литейных цехах для перемещения порошкообразных, сыпучих и комкующихся материалов. Существуют установки и для перемещения штучных грузов в специальных патронах-контейнерах.

Применение пневматических транспортных установок в определенных условиях имеет большие преимущества по сравнению с механическими видами транспорта.

1. Возможность транспортирования материалов по сложной пространственной трассе, состоящей из горизонтальных, вертикальных и наклонных участков. Трубопровод может проходить в самых узких местах цеха, обтекая строительные конструкции, оборудование. Небольшой вес позволяет крепить систему к конструкциям цеха (стропильным фермам, колоннам и т. п.).

2. Возможность совмещения транспортирования с некоторыми технологическими операциями. Например, осуществление воздушной сепарации — обеспыливания свежих песков и отработанных смесей, сушки свежих песков и охлаждения оборотных смесей.

3. Герметичность трубопроводов исключает пылеобразование и

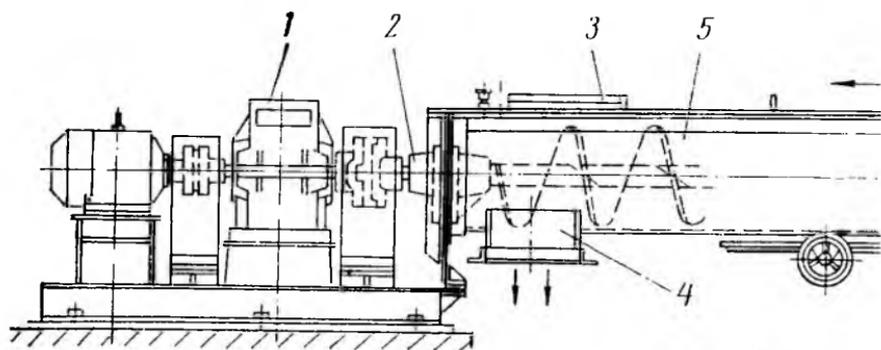


Рис. 7.6. Витовой

газовыделение при перемещении материалов и тем самым позволяет улучшить санитарно-гигиеническое состояние литейных цехов.

4. Простота конструкции, обслуживания и эксплуатации.

5. Небольшие капитальные затраты (в 2—3 раза ниже, чем при механических видах транспорта).

6. Возможность полной автоматизации транспортирования и распределения материалов и смесей по расходным бункерам.

7. Отсутствие механических приводов и движущихся механизмов делает установку выгодной с точки зрения эксплуатации и техники безопасности.

Наряду с преимуществами пневматическому транспорту присущи и недостатки.

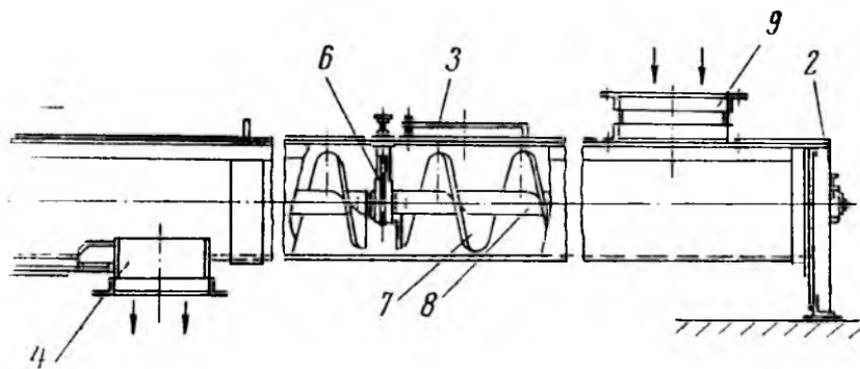
1. Высокое потребление энергии (в 10—15 раз больше, чем в транспортных устройствах механического типа), затрачиваемой на перемещение не только самого материала, но и больших масс воздуха, на разгон частиц материала, на трение как самого воздуха, так и материала о поверхности труб, а также на потери при ударе и столкновении частиц друг с другом и со стенками трубопровода.

2. Повышенный износ отдельных элементов транспортных устройств в случае транспортирования абразивных грузов (песок, формовочная, отработанная смесь).

3. Необходимость тщательной очистки выбрасываемого в атмосферу отработанного воздуха от пыли, а также его осушения.

Несмотря на эти недостатки, область применения пневматического транспорта в литейных цехах продолжает расширяться.

Принцип действия устройств пневматического транспорта основан на перемещении материалов в транспортном трубопроводе силой воздушного потока. Материал при помощи специальных загрузочных устройств вводится в трубопровод, в котором с большой скоростью движется воздух. Увлекаемый воздухом материал транспортируется по трубе до места разгрузки, где он осаждается в приемных устройствах.



конвейер

По характеру перемещения материалов (грузов) пневматические транспортные установки (ПТУ) можно подразделить на следующие группы: 1) установки для перемещения сыпучих материалов во взвешенном состоянии в трубопроводах; 2) установки для перемещения штучных грузов в патронах-контейнерах; 3) установки для перемещения сыпучих материалов методом флюидизации (псевдоожигения) — пневматические транспортные желоба.

Установки первой группы в общем случае состоят из загрузочного устройства, транспортного трубопровода, воздуходувной машины и устройств для очистки воздуха. Для захвата и перемещения груза необходимо создать различное давление воздуха в начальной и конечной точках установки. Различают установки всасывающего, нагнетательного и комбинированного типов.

Во всасывающих установках (рис. 7.7, а) вентилятор 6 создает в системе разрежение, благодаря которому воздух через загрузочное устройство вместе с материалом засасывается в трубопровод 2. В отделителе 3 происходит осаждение груза. Воздух, содержащий мелкую пыль, проходит через фильтр 5 и после соответствующей очистки выбрасывается вентилятором в атмосферу. Шлюзовые затворы 4 пропускают осажденный в отделителе материал и препятствуют входу воздуха из атмосферы.

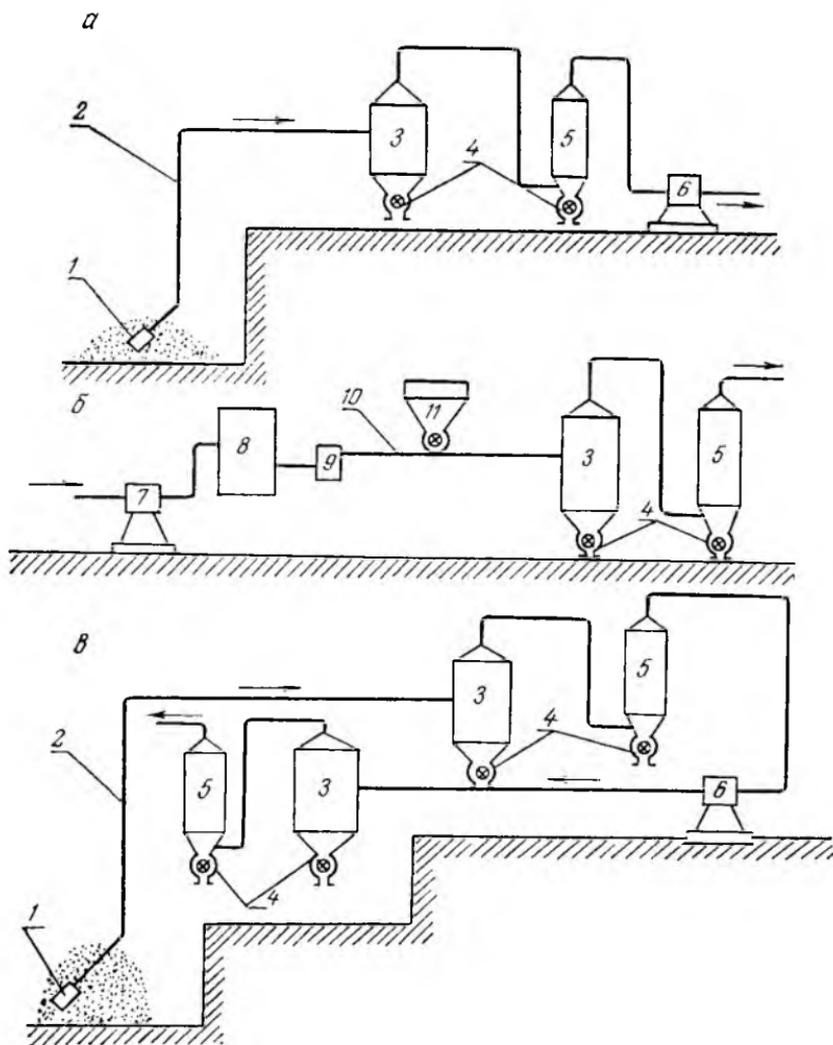


Рис. 7.7. Схемы пневматических транспортных установок:

a — всасывающей; *б* — нагнетательной; *в* — комбинированной; 1 — сопло; 2 — трубопровод; 3 — отделитель; 4 — шиловые затворы; 5 — фильтр; 6 — эксгаустер; 7 — компрессор; 8 — воздухохраник; 9 — влагоотделитель; 10 — трубопровод; 11 — питатели

Всасывающие установки применяют, когда необходимо перемещать материал из нескольких мест в одно при небольшой длине транспортирования. Разность давлений (разрежение) в таких установках практически не может быть больше 40—50 кПа. С увеличением разрежения транспортирующая способность воздуха уменьшается, так как при этом трудно обеспечить герметичность трубопровода.

В нагнетательных установках (рис. 7.7, б) вентилятор или компрессор 7 подает в воздухоотделитель 8 сжатый воздух, который, проходя через влагоотделитель 9 в трубопровод 10, увлекает с собой материал, принудительно вводимый питателем 11, и доставляет его в отделитель 3. Очищенный в фильтре 5 воздух выбрасывается в атмосферу. Нагнетательные установки удобны для перемещения грузов (материала) из одного места в несколько мест.

В установках нагнетательного действия можно достигнуть значительной разницы давления воздуха (0,13—0,5 МПа), поэтому они применяются для транспортирования более тяжелых насыпных и комкующихся грузов, в том числе формовочных и стержневых смесей, на большие расстояния.

В комбинированных установках (рис. 7.7, в) сочетаются обе схемы. Их применяют, когда необходимо перемещать материал из нескольких мест в разные емкости.

Основы теории и расчета ПТУ. Движение частиц транспортируемого материала в воздушном потоке — чрезвычайно сложное явление. Для уяснения его физической сущности рассмотрим движение частицы материала в вертикальном трубопроводе, по которому с определенной скоростью протекает снизу вверх воздух (рис. 7.8).

Если усилие воздушного потока P_B , действующего на частицу, больше силы тяжести этой частицы ($P_B > G_C$), частица будет подниматься в трубопроводе. Если сила воздушного потока будет меньше силы тяжести частицы ($P_B < G_C$), частица будет опускаться. Если же усилие воздушного потока равно силе тяжести частицы ($P_B = G_C$), последняя будет находиться в состоянии неустойчивого равновесия, т. е. будет витать в трубопроводе.

Скорость воздуха, при которой частица витает в потоке, называется *скоростью витания* $v_{\text{вит}}$.

Усилие, создаваемое воздушным потоком,

$$P_B = \psi F_C \gamma_B \frac{v_{\text{вит}}^2}{2g}.$$

Так как $P_B = G_C$, то $v_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{2g}{\psi \gamma_B} \cdot \frac{G_C}{F_C}}$.

Для частицы, имеющей шарообразную форму (зерна кварцевого песка), $G_C = \frac{\pi d_C^3}{6} \gamma_C$, а площадь («миделево» сечение частицы) $F_C = \frac{\pi d_C^2}{4}$. Тогда

$$v_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{4g}{3\psi} \cdot \frac{\gamma_C}{\gamma_B} d_C}.$$

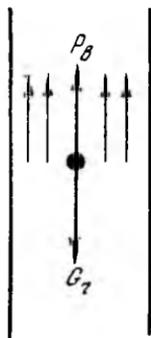


Рис. 7.8.
К расчету скорости витания

Принимая $\sqrt{\frac{4g}{3\psi}} = K$, получим

$$v_{\text{вит}} = K \sqrt{\frac{\gamma_{\text{ч}}}{\gamma_{\text{в}}} d_{\text{ч}}} \quad (7.1)$$

В приведенных формулах обозначено: $P_{\text{в}}$ — усилие воздушного потока, действующего на частицу, Н; $G_{\text{ч}}$ — сила тяжести частицы материала, Н; ψ — коэффициент сопротивления движению; F — «миделево» сечение — максимальное сечение частицы, перпендикулярное к оси воздушного потока, м²; g — ускорение силы тяжести, м/с²; $d_{\text{ч}}$ — эквивалентный диаметр частицы материала, м; $\gamma_{\text{ч}}$ — удельная сила тяжести частицы, Н/м³; $\gamma_{\text{в}}$ — удельная сила тяжести воздуха, Н/м³.

Коэффициент ψ — весьма сложная функция, зависящая от нескольких параметров. Большое влияние на коэффициент сопротивления оказывают форма частиц транспортируемого материала, а также состояние их поверхности. Чем больше форма частицы отличается от формы шара, тем больше ее сопротивление, а следовательно, меньше скорость витания.

Для тел, имеющих шероховатую поверхность, при прочих равных условиях коэффициент сопротивления увеличивается. При этом скорость витания будет меньше, чем для гладких тел.

Для тел, имеющих форму шара, $\psi = 0,45$. Тогда производный коэффициент $K = 5,5-6,0$.

Приведенные теоретические определения скоростей витания относятся к отдельно взятым твердым частицам. На практике в пневмотранспортных установках при перемещении сыпучих материалов в воздушном потоке содержится большое количество частиц, которые отличаются друг от друга своими аэродинамическими качествами. Для формовочного песка крупной зернистости скорость витания колеблется в пределах 10—12 м/с. Рабочая же скорость воздуха и при различных массовых концентрациях принимается:

при $\mu < 1$	$v_{\text{в}} = (1,25-1,30) v_{\text{вит}}$
при $\mu = 1-2$	$v_{\text{в}} = 1,5 v_{\text{вит}}$
при $\mu = 10-15$	$v_{\text{в}} = (2-2,5) v_{\text{вит}}$

Массовой концентрацией смеси μ (кг/кг) называется отношение массовой производительности установки к массовому расходу воздуха, обеспечивающему это транспортирование:

$$\mu = \frac{Q}{Q_{\text{в}}} = \frac{Q}{V_{\text{в}} \rho} \quad (7.2)$$

где Q — производительность установки, кг/с; $Q_{\text{в}}$ — массовый расход воздуха, кг/с; $V_{\text{в}}$ — объемный расход воздуха, м³/с; ρ — плотность воздуха, кг/м³.

Значения μ берутся на основании опытных данных в зависимости от приведенной длины транспортирования, давления воздуха и т. п. Для транспортирования формовочного песка $\mu = 1,6-3,0$.

Выбрав массовую концентрацию смеси, определяют расход воздуха

$$V_{\text{н}} = \frac{Q}{\rho_{\text{в}}} \quad (7.3)$$

Диаметр трубопровода D находят из выражения

$$D = \sqrt{\frac{4V_{\text{н}}}{\pi w_{\text{в}}}} \quad (7.4)$$

Для создания необходимой скорости движения смеси и преодоления сопротивления ее движению в трубопроводе и других элементах пневматической установки требуется некоторый перепад давлений.

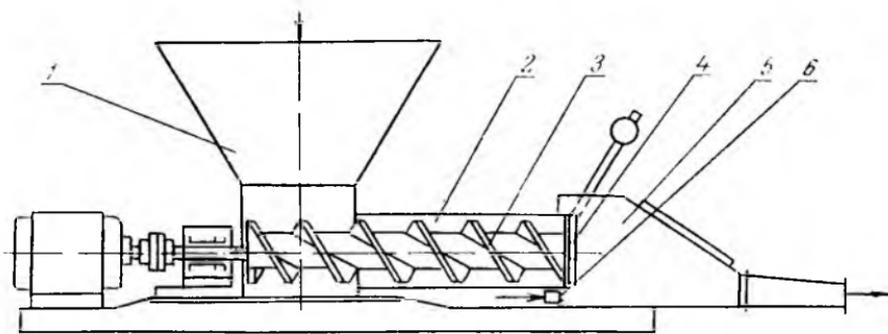


Рис. 7.9. Винтовое загрузочное устройство

Величина полного давления воздуха $P_{\text{пол}}$ определяется как сумма потерь давления, необходимого для преодоления сопротивлений прохождению аэросмеси в элементах пневмоустановки.

Необходимый перепад давлений в сети пневматической установки создается вентилятором или компрессором. Исходными данными для выбора вентилятора являются объем и скорость воздуха при неизменном числе оборотов ротора, а также необходимое давление в сети.

Вентиляторы подбираются по каталогам, в которых приведены их характеристики, а также зависимость КПД от числа оборотов, давления и расхода воздуха.

Мощность двигателя, обслуживающего вентилятор (кВт),

$$N = \frac{V_{\text{в}} P_{\text{пол}}}{\eta_{\text{пер}} \eta_{\text{вент}}}, \quad (7.5)$$

где $V_{\text{в}}$ — объемный расход воздуха, м³/с; $P_{\text{пол}}$ — полное давление, кПа; $\eta_{\text{пер}}$ — КПД передачи; $\eta_{\text{пер}} = 0,9-0,95$; $\eta_{\text{вент}}$ — КПД вентилятора; $\eta_{\text{вент}} = 0,5-0,8$.

Поступление материала в систему транспортирования осуществляется через пневматическое загрузочное (приемное) устройство.

Загрузочные устройства должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать бесперебойную работу установки, рав-

померно смешивать материалы с воздухом до поступления его в трубопровод, быть простыми по конструкции и иметь малое гидравлическое сопротивление.

Для загрузки ПТУ нагнетательного типа применяются винтовые и камерные питатели.

Винтовой питатель (рис. 7.9) представляет короткий винтовой конвейер, через воронку 1 которого в смесительную камеру 5 непрерывно поступает материал, подлежащий перемещению. Винт 3 вращается в цилиндрическом кожухе 2 и имеет переменный шаг, уменьшающийся по направлению движения материала, что необходимо для уплотнения места загрузки. Степень уплотнения регу-

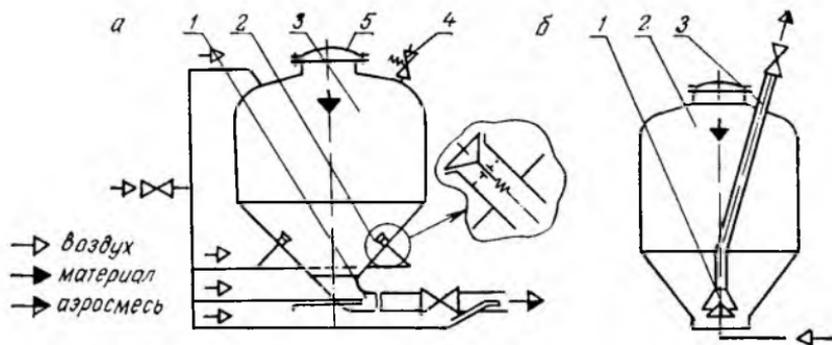


Рис. 7.10. Камерные питатели

лируется грузовым клапаном 4. В нижней части смесительной камеры находятся два ряда трубок-форсунок 6, через которые вводится сжатый воздух. Воздух разрыхляет материал и, смешиваясь с ним, вводит смесь в транспортный трубопровод и далее к месту разгрузки.

Достоинством винтовых питателей являются небольшие габариты, особенно по высоте. Они не требуют никакой автоматики, так как работают непрерывно. Эти питатели поддаются дистанционному управлению. Недостаток их — необходимость в приводном двигателе со сравнительно большой потребляемой мощностью и в сложном уходе из-за большого износа рабочих элементов.

Камерные питатели по способу выдачи материала бывают с нижней и верхней разгрузкой.

На рис. 7.10, а изображена схема камерного питателя с нижней разгрузкой. Питатель состоит из резервуара (камеры) 3 с коническим дном, снабженного клапаном 5, закрывающим загрузочное отверстие, и смесительного устройства 1 для подготовки аэро-смеси перед вводом ее в транспортный трубопровод. После загрузки материала в камеру клапан закрывается, герметизируя ее. Затем подается сжатый воздух 4, который выдавливает материал в смеситель. Поскольку наклон стенок конической части резервуа-

ра небольшой, в ней устраиваются сопла-форсунки 2 с обратным клапаном. Для лучшего смешивания материала с воздухом в смесителе установлены дополнительные воздушные трубы-форсунки.

На рис. 7.10, б приведена схема камерного питателя с верхней разгрузкой. Здесь основное сопло 1 имеет межкольцевое сечение. Равномерная подача смеси материала с воздухом обеспечивается благодаря конусу (инжекторному устройству) в горловине транспортного трубопровода 3, расположенного в нижней части резервуара 2.

Камерный питатель — устройство циклического действия. Рабочий цикл его разделен на несколько операций: загрузка питателя материалом, наполнение питателя сжатым воздухом, разгрузка питателя и отвод воздуха из него. Камерные питатели применяются в высоконапорных ПТУ не только для перемещения песков и порошков, но и для комкующихся материалов типа формовочных и стержневых смесей. В этих установках материал (смесь) перед вводом в трубопровод несколько разрыхляется, получая при этом вращательное движение, и как бы ввинчивается в него. Движение материала можно представить следующим образом.

Перемещаясь по трубопроводу, материал на первом повороте снижает свою скорость (в результате трения о стенки трубопровода) и выпадает из потока. Такое положение вызывает осаждение новых порций смеси на этом участке трубопровода, где после полного заполнения сечения образуется «пакет» смеси. Этот «пакет» под давлением воздуха перемещается в трубопроводе подобно поршню в цилиндре, сметая при своем движении осевший материал.

При расчете ПТУ такого типа необходимо проверить возможность сдвига и перемещения максимального «пакета»-пробки. Масса его равна массе смеси в камерном питателе. Для сдвига и перемещения пробки необходимо соблюдение следующего условия:

$$Gf_{\text{привед}} < \frac{\pi D^2}{4} p_0,$$

где G — сила тяжести смеси в камерном питателе, Н; $f_{\text{привед}}$ — приведенный коэффициент трения пробки о поверхность трубопровода: $f_{\text{привед}} = 0,6 - 0,7$; D — диаметр трубопровода, м; p_0 — давление воздуха в сети, Па.

Разгрузка транспортируемого материала осуществляется следующим образом. Аэросмесь, состоящая из твердых частиц и воздуха, при поступлении в циклон-разгрузитель получает вращательное движение. Твердые частицы передвигаются по кольцевому пространству циклона к наружной стенке, затормаживаясь о нее, и выпадают из воздушного потока в нижнюю его часть. Воздух же, содержащий пылевидные частицы материала, поднимается к выхлопной трубе и, пройдя пылеотделитель, выбрасывается в атмосферу.

Установки второй группы, используемые при перемещении штучных грузов, применяются в литейных цехах для до-

ставки образцов стали, формовочной смеси и других материалов в экспресс-лабораторию для анализа. Средняя скорость доставки груза составит 6—10 м/с.

Принцип действия этих установок основан на использовании кинетической энергии сжатого воздуха. Груз предварительно помещается в специальную тару — патроны, которые и перемещаются в трубопроводах под давлением сжатого воздуха. Поскольку такой вид транспорта впервые был применен на почтах, в библиотечках и банках для транспортирования мелких пакетов и т. п., он получил название пневматической почты, или патронного пневмотранспорта.

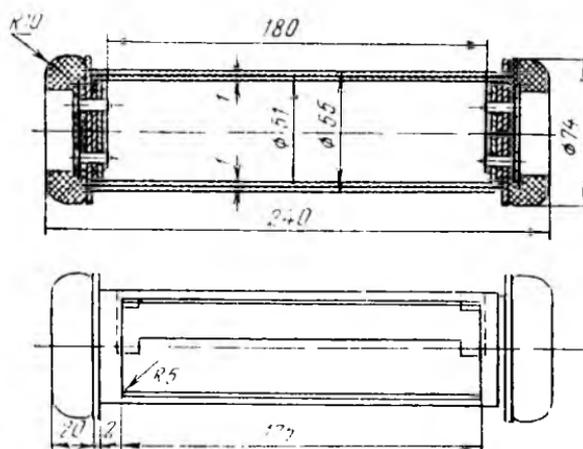


Рис. 7.11. Патрон пневмопочты

Патроны пневмопочты представляют калиброванную тару — футляры специальной конструкции. Они изготавливаются из легких материалов (дюралюминия, фибры, пластмассы и др.). Загрузка патронов может осуществляться с торца и сбоку.

Основные требования, которым должны удовлетворять патроны, — малый вес, простота конструкции и изготовления, большая полезная емкость при небольшой длине, надежность затвора, наличие амортизаторов для смягчения ударов, простота обслуживания.

На рис. 7.11 показан патрон с боковой закладкой груза, применяемой для пересылки лабораторных проб в установках цеховой пневмопочты с трубопроводом диаметром 75 мм. Открывание боковых дверц производится поворотом головок патрона в противоположные стороны.

Установки третьей группы (пневматические транспортные желоба (аэрожелоба) применяются для перемещения порошкообразных материалов (молотой глины, молотого угля, маршалита и др.) на расстояние 20—50 м. Сухой порошкообразный материал является аэродисперсной смесью, состоящей из ча-

стиц порошка и воздуха. При вдувании в нес капиллярно-распределенного воздуха твердые частицы как бы адсорбируют на своей поверхности воздух, покрываясь газовой оболочкой. Оболочка уменьшает трение между частицами, и они приобретают повышенную подвижность (псевдооживление).

Чем мельче частицы, тем лучше они адсорбируют воздух и тем легче поддаются оживлению. На этом принципе основано действие пневматического желоба, являющегося разновидностью устройств пневматического транспорта.

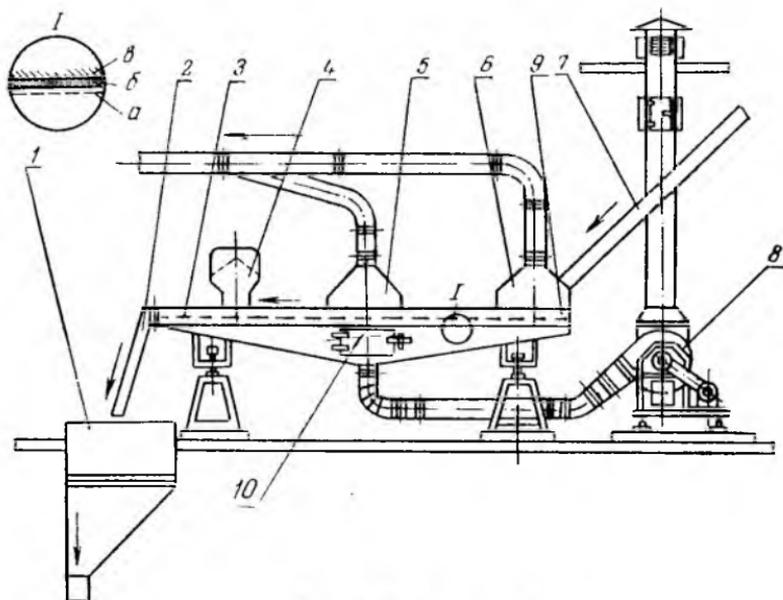


Рис. 7.12. Аэрожелоб

На рис. 7.12 приведена схема аэрожелоба для транспортирования и охлаждения песка. Это наклонное корыто 9, разделенное по высоте на две части горизонтальной перегородкой 3, на которой перемещается песок, поступающий по лотку 7. Перегородка состоит из нижнего слоя — асбестовой ткани (б), уложенной на сетку (а) с ячейкой 6×6 мм, и верхней щелевой решетки (в). В нижнюю часть желоба (под перегородку) вентилятором 8 нагнетается воздух под давлением 2,5—3,0 кПа. Для равномерного распределения воздуха по всей длине желоба предусмотрен рассекатель 10. Воздух, пройдя через песок в виде мельчайших струек, аэрирует его, приводя в состояние текучести. В верхней части желоба установлены патрубки 5 и 6, соединенные с вентиляционной системой цеха, а также пескостружка 4. Высушенный охлажденный песок по лотку 2 поступает в бункер 1.

Достоинствами пневматических желобов являются простота и надежность в эксплуатации, герметичность и отсутствие движущихся частей.

щихся частей, малый расход энергии и большая производительность. Недостатки — необходимость уклона (вниз) для транспортирования и невозможность транспортирования кусковых, влажных и слеживающихся грузов.

Средняя скорость движения материала в пневматических транспортных желобах $v=1$ м/с при уклоне желоба 4%. Расход воздуха при транспортировании составляет в среднем 0,03—0,04 м³/с на 1 м² поверхности пористой перегородки.

Производительность пневматических желобов (кг/с)

$$Q = bhv\rho\psi,$$

где b — ширина желоба, м; h — высота слоя материала: $h=0,1—0,15$ м; v — скорость движения: $v=1$ м/с; ρ — плотность материала, кг/м³; ψ — коэффициент заполнения сечения желоба: $\psi=0,9$.

7.3. Бункерные установки

Назначение бункеров. Бункеры — специальные емкости — служат для размещения промежуточных, расходных запасов формовочных материалов, смесей, отходов и пр. В отличие от закромов, загружаемых и разгружаемых сверху, они загружаются сверху, а разгружаются снизу или сбоку.

При выборе емкости бункера учитывается его назначение. Так, для выдержки готовых формовочных смесей и хранения их в выходные и праздничные дни используют так называемые бункеры-отстойники (рис. 7.13). Емкость их — 30—120 м³.

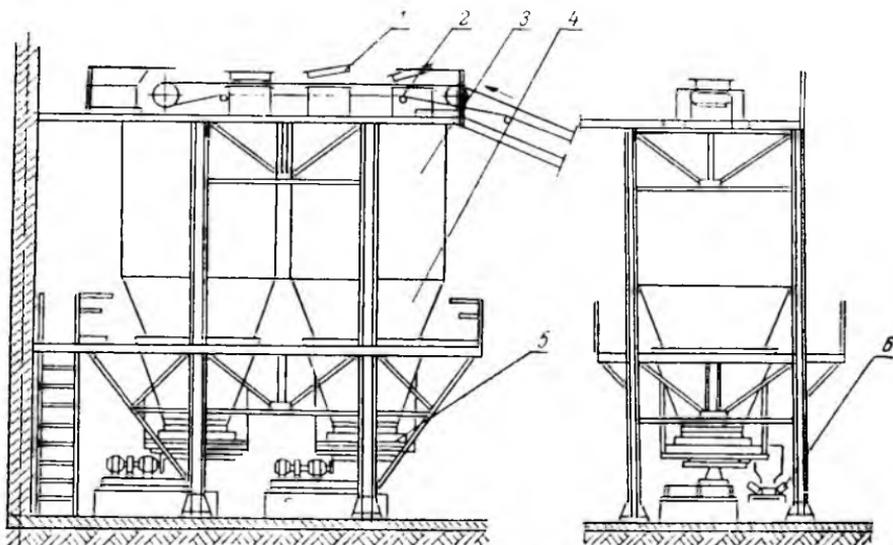


Рис. 7.13. Бункеры-отстойники:

1 — плужковый сбрасыватель; 2 — ленточный конвейер; 3 — цилиндрическая часть бункера; 4 — коническая часть; 5 — дисковый питатель; 6 — ленточный конвейер

Для размещения расходных запасов готовых смесей, предназначенных для питания формовочных машин, емкость бункеров выбирается в соответствии с размерами опок, применяемых в каждом конкретном случае. Расходные бункеры у формовочных агрегатов подвешиваются к специальным эстакадам, на которых размещаются и ленточные конвейеры, доставляющие смесь от смесеприготовительной установки. Бункеры используются также для размещения отходов производства — отработанных смесей, выводимых в отвал или направляемых на регенерацию. Их емкость — 60—80 м³.

В смесеприготовительных установках бункеры обычно располагают над смесителями, соединяя их в одну конструкцию — бункерный блок (рис. 7.14), как правило, включает поддерживающую конструкцию (колонны 6, бункерные балки 5), собственно бункеры 3, дозаторы или питатели 1 и 2, верхнюю обслуживающую площадку 4, на которой размещаются транспортные средства, питающие бункеры материалами, нижнюю обслуживающую площадку 7, располагаемую на уровне, удобном для обслуживания смесителей. Форма бункеров должна обеспечивать удобство загрузки, возможность полного использования емкости и надежность разгрузки.

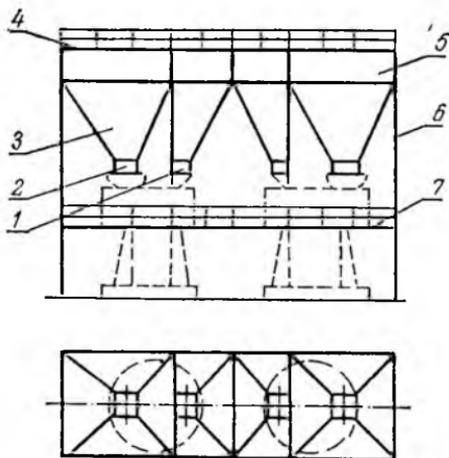


Рис. 7.14. Бункерный блок над смесителями

Для смесеприготовительных установок изготавливают преимущественно бункеры прямоугольного типа, представляющие собой сочетание призмы и усеченной пирамиды.

Стенки бункеров делают из листовой стали толщиной 4—8 мм и усиливают каркасами из уголков и ребер жесткости.

Рекомендуемые углы наклона стенок у бункеров, предназначенных для оборотной смеси, 55—60°, для свежего сырого песка — 50—55°, у бункеров для высушенного песка — 45—50°.

Основы расчета бункеров. Характер истечения материала из отверстий зависит в первую очередь от его физических свойств, а также от формы и состояния внутренней поверхности бункера. Существуют два основных вида истечения материалов: нормальное, при котором материал движется в виде столба, расположенного над отверстием истечения, и гидравлическое, когда весь сыпучий материал движется вниз подобно жидкости.

На практике наиболее часто имеет место первый вид истечения. Второй вид наблюдается при больших углах наклона (75—80°), а также при непрерывном сотрясении бункера.

Скорость нормального истечения

$$v_{\text{н}} = \lambda \sqrt{3,3gR},$$

где λ — коэффициент истечения; g — ускорение силы тяжести, м/с^2 ; R — гидравлический радиус отверстия истечения, м :

$$R = \frac{F}{L},$$

F — площадь отверстия истечения, м^2 ; L — периметр выпускного отверстия, м .

Скорость гидравлического истечения

$$v_{\text{г}} = \lambda \sqrt{2gh},$$

где h — высота слоя материала в бункере, м .

Производительность (пропускная способность) Π бункера ($\text{м}^3/\text{с}$) при любом виде истечения может быть определена по формуле $\Pi = vF$.

Для равномерного и бесперебойного опорожнения бункеров необходимо установить оптимальный угол наклона стенок (граней) к горизонту. Если обозначить через φ_0 угол естественного откоса материала в движении, ρ_0 — угол трения материала о стенку бункера в движении, $\alpha_{\text{ст}}$ — угол наклона стенки бункера к горизонту и $\alpha_{\text{реб}}$ — угол наклона ребра бункера к горизонту, то можно определить основные условия нормального опорожнения бункера.

Нормальное опорожнение может быть достигнуто, если угол наклона стенки превышает угол естественного откоса материала, т. е. $\alpha_{\text{ст}} > \varphi_0$. При $\alpha_{\text{ст}} < \varphi_0$ на стенке бункера останется часть материала, которая соскользнет, если угол ее наклона будет больше угла трения ρ_0 .

При $\alpha_{\text{реб}} < \rho_0$ материал остается на стенках бункера и после его опорожнения, особенно в двугранных углах (ребрах), наклон которых к горизонту меньше наклона каждой из смежных стенок.

Оба случая ухудшают условия истечения материала из бункера и нередко приводят к образованию сводов. При проектировании бункеров следует принимать $\alpha_{\text{ст}} = \varphi_0 + c$; $\alpha_{\text{реб}} = \rho_0 + c$, где $c = 5-10^\circ$.

Коэффициент трения смеси о стенки бункера ($f = \text{tg } \rho_0$) в большей мере зависит от качества покрытия внутренней поверхности бункера.

Для предупреждения зависания смеси в бункерах, происходящего главным образом от самоуплотнения (в конусных и пирамидальных частях под действием собственного веса смеси и постоянных вибраций в цехе), не следует проектировать бункеры большой емкости.

Использование новых материалов (пластиков), обладающих высокой прочностью, антикоррозийными и пластическими качествами, позволяет значительно расширить применение эластичных бункеров, в которых разрушение сводов, т. е. устраниение зависания смеси, происходит при открывании затвора.

Для предотвращения зависания смеси в металлических бункерах рекомендуется устанавливать вибраторы на стенках в местах вероятного образования свода (на расстоянии, равном $1/3$ высоты бункера, считая от нижнего основания). (Подробнее о вибраторах см. § 24.2). Работа вибратора целесообразна лишь в моменты действительного зависания. В заполненном бункере вибрация приводит лишь к уплотнению смеси.

Давление на стенки и дно бункера, производимое заполняющим его материалом (рис. 7.15), зависит от формы и размера бункера, состояния его внутренней поверхности и физических свойств материала.

Если допустить отсутствие трения между стенками бункера и заполняющим его материалом, гидростатическое давление p_y на горизонтальную плоскость, расположенную на высоте y от верхнего уровня засыпки материала, выразится уравнением

$$p_y = \gamma y,$$

где γ — удельная сила тяжести материала в насыпном виде, Н/м³.

По этой теории горизонтальное давление p_x на вертикальную стенку в любой точке по высоте h бункера определяется по формуле

$$p_x = p_y k = \gamma y k,$$

где k — постоянный коэффициент, зависящий от степени подвижности (сыпучести) материала:

$$k = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}, \quad (7.6)$$

φ — угол естественного откоса материала в покое.

Как видно из уравнения, горизонтальное давление на любом уровне пропорционально вертикальному давлению на том же уровне.

Нормальное давление на наклонную стенку с углом α

$$p_n = p_y (\cos^2 \alpha + k \sin^2 \alpha).$$

Расчет обшивки конических и цилиндроконических бункеров производят, пользуясь основными положениями теории и расчета тонкостенных сосудов, подверженных внутреннему давлению. Это давление определяется по тем же уравнениям, что и для прямоугольных бункеров.

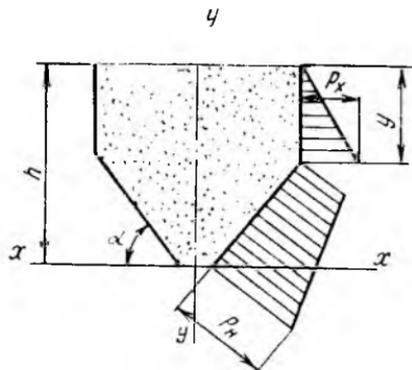


Рис. 7.15. Эпюры давлений на стенки бункера

7.4. Затворы, дозаторы, питатели

Для регулирования выдачи материала из бункеров выпускные отверстия последних снабжаются одним из следующих механизмов: а) затвором, если материал нужно выдавать периодически без точной дозировки; б) дозатором, если материал выдается периодически, но порциями определенного объема или массы; в) питателем, если материал нужно выдавать непрерывно и равномерно по времени.

При конструировании затворов, дозаторов и питателей важно знать давление и усилия, действующие на дно бункера и, следовательно, на эти устройства. Зная усилия, выбирают исполнительные механизмы, приводящие в действие затворы, дозаторы и питатели.

Определяя давление на стенки и дно бункера (см. § 7.3), мы приравнивали его гидростатическому. Однако полное давление на дно бункера составляет лишь часть гидростатического, так как здесь должно быть учтено трение вытекающего материала о неподвижную часть материала. Картина истечения в данном случае может быть уподоблена истечению из сосуда, в котором отсутствует дно, а стенками является сам материал.

Полное вертикальное усилие (H), действующее на горизонтальное дно бункера, т. е. на затвор, дозатор или питатель, будет определяться по формуле

$$P = \frac{\gamma R}{kf} F,$$

где γ — вес единицы объема материала в насыпном виде, $H/\text{м}^3$; R — гидравлический радиус выпускного отверстия, м; k — коэффициент подвижности материала (см. формулу (7.6)); f — коэффициент трения материала о материал; F — площадь выпускного отверстия, м^2 .

Для прямоугольных отверстий

$$P \approx \frac{\gamma}{2kf} \cdot \frac{a^2 b^2}{a + b},$$

где a и b — размеры выпускного отверстия, м.

Для круглых отверстий

$$P = \frac{\pi \gamma d^3}{16kf},$$

где d — диаметр круглого отверстия, м.

В литейных цехах используются различные типы затворов (секторные, плоские и челюстные). Наибольшее распространение получили челюстные затворы (рис. 7.16), которые могут перекрывать отверстия бункеров под нагрузкой. Они представляют коробку, соединяющуюся с помощью фланцев с выпускным отверстием бункера. Нижняя часть коробки перекрывается двумя челюстями 1, которые связаны между собой зубчатыми секторами 3. Поворот челюстей — открытие и закрытие затвора — осуществляется при помощи пневмоцилиндра 2. Усилие, необходимое для открыва-

ния и закрывания затвора, можно определить, составив сумму моментов сил, действующих на челюсти относительно оси их вращения.

Дозирование исходных материалов является весьма важным процессом, определяющим качество смеси, экономичность и надежность работы всей смесеприготовительной системы.

В настоящее время в смесеприготовительных отделениях литейных цехов применяются как объемные, так и весовые дозаторы.

Выбор типа, конструкции и размеров дозатора в основном определяется объемной массой дозируемого материала, размерами и формой его частиц, а также сыпучестью (подвижностью) зернистых материалов. Так, например, весовые дозаторы обеспечивают получение сравнительно точных по массе доз материала независимо от его гранулометрического состава. Их применяют в тех случаях, когда необходимо отмерять дозы (порции) материалов, плохо заполняющих мерные емкости. Вместе с тем весовые дозаторы сложны по конструкции и требуют тщательного ухода.

Объемные дозаторы более просты по устройству, удобны в эксплуатации и значительно дешевле весовых. Однако объемный метод дозирования может обеспечить достаточную точность только при условии, что плотность и гранулометрический состав материала стабильны, а сам дозируемый материал хорошо заполняет мерную емкость.

Наибольшее распространение в литейных цехах получили объемные дозаторы.

Бункерный дозатор для оборотной смеси (рис. 7.17, а) состоит из двух челюстных затворов 2 и 5 и промежуточной емкости 3. Один из затворов вместе с промежуточной емкостью обычно входит в состав смесителя. Затворы открываются и закрываются при помощи пневмоцилиндров 1 и 4.

Шиберный дозатор (рис. 7.17, б) представляет трубу 1 прямоугольного сечения, пересекаемую поочередно двумя шиберами-заслонками 2, которые перемещаются пневмоцилиндрами 3. Объем трубы между двумя шиберами определяет дозу материала, загружаемого в смеситель.

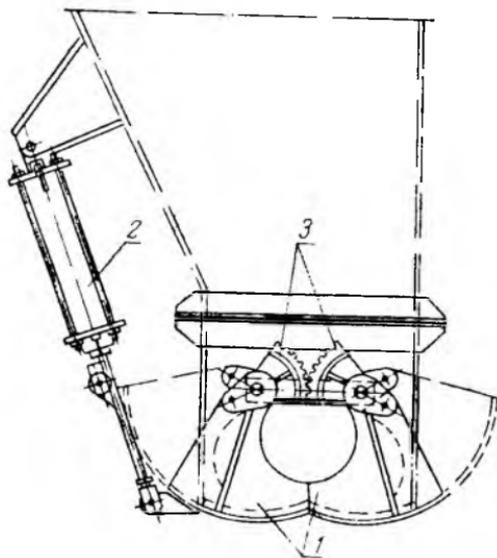


Рис. 7.16. Челюстной затвор

Коробчатый, или плунжерный, дозатор (рис. 7.17, в) состоит из пневматического цилиндра 1, укрепленного на корпусе и соединенного с мерным коробом 4, не имеющим дна. Сверху к коробу прикреплен козырек 2. Сыпучий материал (песок, смесь) из выпускного отверстия бункера 3 заполняет ко-

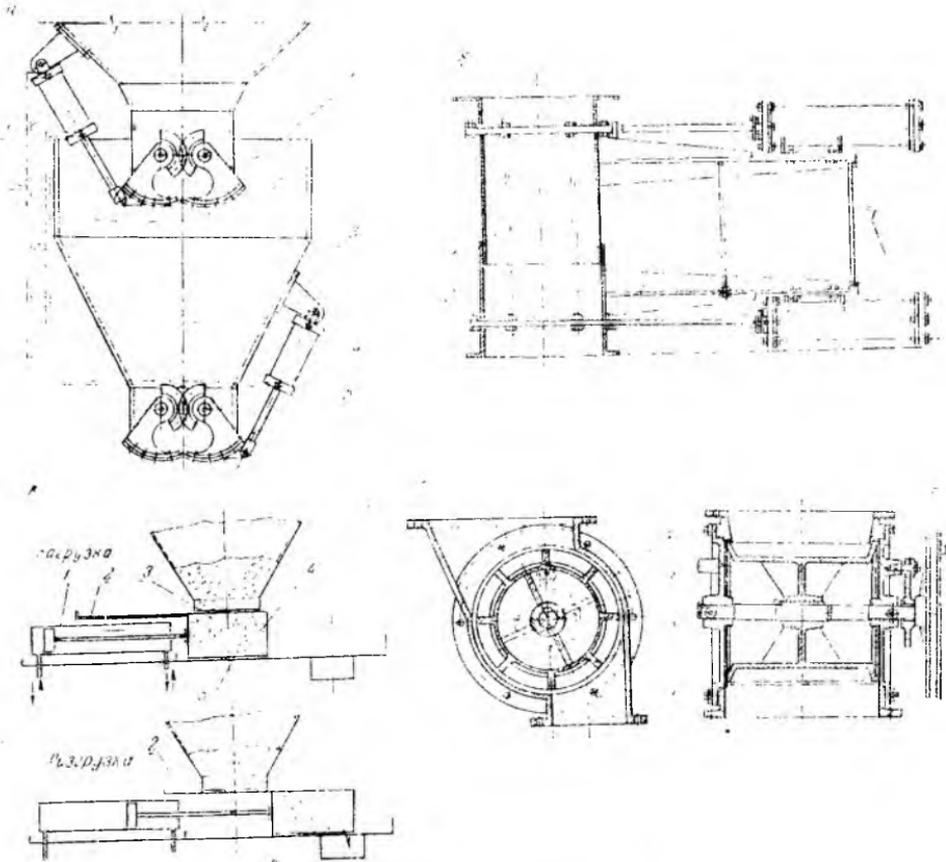


Рис. 7.17. Объемные дозаторы

роб, затем короб передвигается, и материал из него высыпается через разгрузочное отверстие 5. Отверстие бункера при этом перекрывается козырьком 2.

Баранный, или лопастный, дозатор (рис. 7.17, г) состоит из полого барабана-корпуса 4, внутри которого размещен вал 3 с лопастями 2, образующими отдельные ячейки. При повороте лопастей материал высыпается из каждой ячейки через патрубок 1 отдельной порцией.

Для фиксации положения вала имеется храповое колесо с собачкой 5. Барабанные дозаторы применяются для пылевидных и

порошкообразных грузов. При непрерывном вращении барабанные дозаторы превращаются в питатели, обеспечивающие равномерную подачу насыпного груза.

Производительность такого питателя (кг/с)

$$Q = iF\rho n\psi,$$

где i — число ячеек в барабане; F — площадь поперечного сечения ячейки, м²; l — длина барабана, м; ρ — плотность материала в насыпном виде, кг/м³; n — частота вращения барабана, с⁻¹; ψ — коэффициент заполнения ячейки: $\psi = 0,8$.

Весовые дозаторы непрерывного действия, серийно выпускаемые у нас в стране, обеспечивают возможность дистанционного управления и регулирования производительности.

Дозатор непрерывного действия (рис. 7.18, а) состоит из приемной воронки 2, силового транспортера 4, датчика веса 3, привода ленты 1 и приборов системы автоматической стабилизации расхода. Силовой транспортер одним концом подвешен к точке на призмных опорах 5, второй опорой ему служит датчик веса 3.

Работает датчик веса (рис. 7.18, б) следующим образом: деформация динамометрического кольца 1 через рычажную передачу 2 передается на индуктивное устройство 3, в котором она преобразуется в пропорциональное электрическое напряжение. Это напряжение сравнивается с напряжением датчика на входе регулятора, который в зависимости от полярности и величины сигнала рассогласования управляет работой двигателя исполнительного механизма вариатора, поддерживая заданное значение производительности.

Дозатор обеспечивает погрешность дозирования $\pm 2\%$.

Питатели производят принудительную подачу материала, используя при этом не только силу самотека, но и воздействие самого транспортного устройства. Они применяются для равномерной выдачи материала из расходного бункера, а также для дозирования материала по времени.

В зависимости от типа транспортного устройства различают питатели ленточные, пластинчатые, вибрационные, плунжерные, винтовые и дисковые.

Ленточные питатели по устройству и принципу действия аналогичны ленточным транспортерам. Загрузка материала на ленту в этих питателях должна осуществляться так, чтобы последняя не испытывала на себе непосредственно активного давления содержимого бункера, а воспринимала лишь отраженное давление.

Весовая производительность ленточного питателя (кг/с)

$$Q = Fv\rho\psi,$$

где F — площадь поперечного сечения желоба, м²; v — скорость ленты: $v = 0,1—0,35$ м/с; ρ — плотность материала в насыпном виде, кг/м³; ψ — коэффициент заполнения желоба: $\psi = 0,75—0,8$.

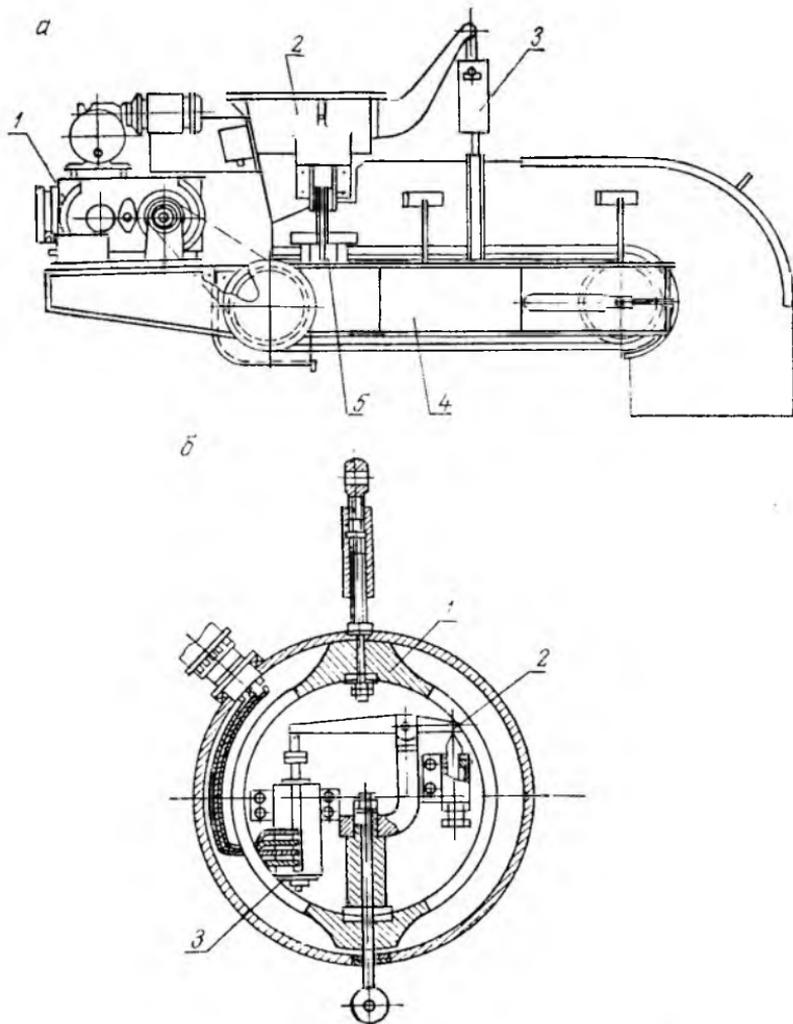


Рис. 7.18. Весовой дозатор непрерывного действия:
 а — общий вид дозатора; б — датчик веса

При комплексной механизации литейных цехов мелкосерийного и индивидуального производства подача формовочной смеси с центральной смесеприготовительной установки и распределение ее на плацу производится с помощью передвижных и стационарных поворотных питателей.

Такой питатель (рис. 7.19) состоит из ленточного транспортера 4, смонтированного на поворотной металлической решетчатой балке 2, по которой перемещается тележка 3 с плужковым сбрасывателем 5. Устанавливая эту тележку в нужном месте и поворачивая консольную балку на определенный угол, можно подавать

формовочную смесь в любую точку участка на формовочном плане, обслуживаемом этим питателем. Производительность питателя — 20 кг/с (50 м³/ч) смеси.

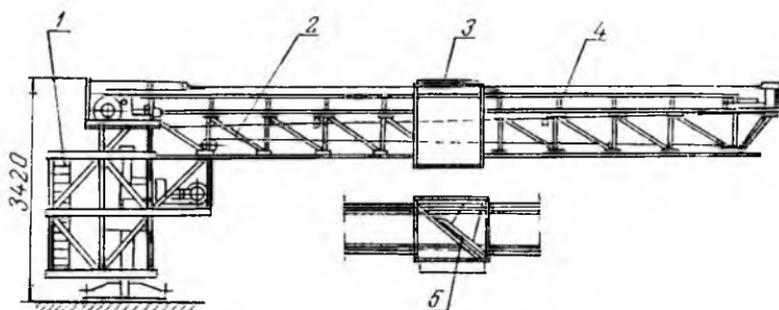


Рис. 7.19. Поворотный ленточный питатель

После прекращения подачи формовочных составов поворотная консоль устанавливается в нерабочее положение вдоль стены цеха, освобождая пролет для работы мостовых кранов.

Для уравнивания поворотной консоли в конструкции питателя предусмотрены специальные грузы 1.

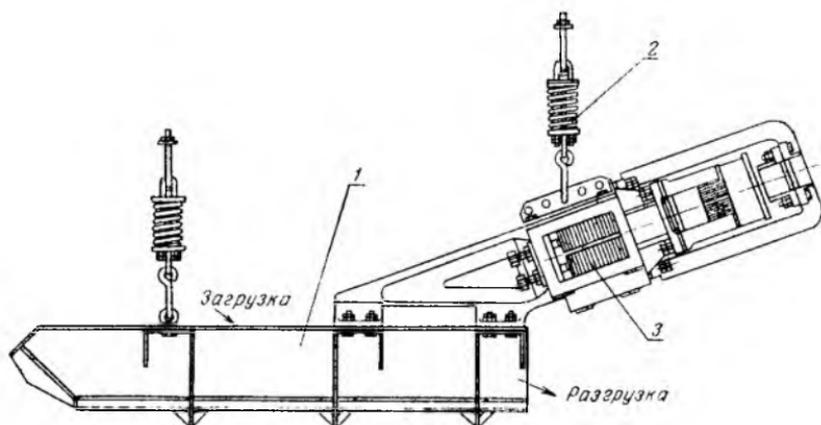


Рис. 7.20. Электрический вибрационный питатель

Вибрационные питатели являются одним из видов вибрационных конвейеров (см. § 24.2).

Существуют вибропитатели (рис. 7.20), рабочий орган которых (лоток) 1 совершает колебательное движение под действием электровибратора. Электровибратор состоит из упругой системы 2 и электродвигателя поступательно-возвратного движения 3.

Принцип действия такого питателя основан на воспроизведении резонансных колебаний. Величина масс и жесткость упругой системы подбираются так, чтобы частота собственных колебаний системы (лотка, груза и электродвигателя) была близка к частоте возмущающей силы, создаваемой вибратором.

Дисковый (тарельчатый) питатель (рис. 7.21, а) представляет вращающийся горизонтальный диск (тарелку) 3, над которым подвешивается телескопический патрубок (манжета) 2, связанный с выпускным отверстием бункера. Высыпавшийся из бункера материал располагается на диске в виде усеченного конуса, образующая которого наклонена к горизонтальной под углом естественного откоса материала φ . При вращении диска часть материала сбрасывается скребком 1 и направляется в приемное устройство.

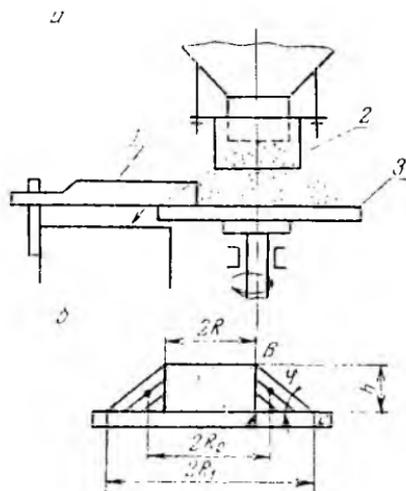


Рис. 7.21. Дисковый питатель:
а — схема; б — к расчету пропускной способности питателя

Производительность питателя регулируется перемещением манжеты (патрубка) по вертикали и изменением положения скребка относительно диска, а также числом оборотов диска.

Если принять, что наибольшее поперечное сечение кольца материала, снимаемого скребком, будет представлять треугольник ABC (рис. 7.21, б), то за один оборот диска будет снят объем (m^3)

$$V_0 = 2\pi R_0 F,$$

где R_0 — расстояние от центра тяжести радиального сечения кольца материала до оси вращения, м:

$$R_0 = R + \frac{1}{3} \cdot \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi},$$

F — площадь поперечного сечения кольца материала, m^2 :

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{\operatorname{tg} \varphi},$$

R и h — радиус и высота подъема манжеты, м.

Производительность питателя (кг/с)

$$Q = \frac{\pi h^2 n \rho}{\operatorname{tg} \varphi} \left(R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi} \right),$$

где n — частота вращения диска, s^{-1} ; ρ — плотность материала, kg/m^3 .

Частоту вращения диска следует выбирать исходя из условия, что материал не должен сбрасываться с диска под действием центробежных сил: $4\pi^2 n^2 R_1 \leq g f_1$, откуда

$$n \leq 0,5 \sqrt{f_1/R_1}.$$

где R_1 — радиус основания конуса материала, м; f_1 — коэффициент трения материала по поверхности диска; g — ускорение силы тяжести, м/с².

Глава 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕСЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

8.1. Автоматизация распределения смесей по бункерам

В смесеприготовительной системе раздачу смесей по расходным бункерам приходится осуществлять в двух случаях: а) при раздаче оборотных смесей, свежего песка и добавок по бункерам над смесителями (см. рис. 7.1); б) при раздаче готовой формовочной смеси по бункерам-отстойникам (см. рис. 7.13), а также по бункерам над формовочными машинами.

Обычно бункеры, которые надо питать материалами или смесью, располагаются в одну линию под конвейерной лентой, транспортирующей эти материалы.

В зависимости от характера производства под конвейерной лентой может располагаться от четырех до четырнадцати бункеров. Подача смеси или другого материала в каждый бункер происходит при опускании на ленту конвейера плужкового сбрасывателя (см. рис. 7.3) или путем установки разгрузочной тележки (см. рис. 7.4).

Автоматизация распределения формовочных смесей по бункерам и заключается в таком управлении разгрузочными устройствами ленточного конвейера, при котором автоматически обеспечивается соответствие между постоянно меняющимся потреблением и подачей смеси.

Для правильного решения поставленной задачи необходимо выбрать наилучшую для конкретного случая систему автоматического распределения смеси, а также конструкцию датчиков-сигнализаторов уровня, снабжающих систему информацией о количестве смеси в каждом бункере.

Существуют следующие системы распределения формовочной смеси по расходным бункерам, получившие применение на практике:

1) система независимого распределения, при которой наличие смеси в бункерах контролируется датчиками по двум уровням — верхнему и нижнему. При заполнении бункера до верхнего уровня разгрузочное устройство прекращает подачу смеси, а при опорожнении — включает.

Эта система распределения имеет определенные недостатки, так как при независимом распределении создаются неодинаковые условия питания бункеров смесью. Бункеры, расположенные ближе к началу конвейерной ленты, получают смесь в первую очередь, а расположенные дальше по ленте могут испытывать перебой в снабжении смесью;

2) система последовательно-принудительного наполнения, принцип работы которой заключается в поочередном пополнении бункеров смесью. Управление распределением может производиться с помощью командоаппарата, шаговых искателей или электромагнитных реле. Каждый бункер системы снабжен только датчиком верхнего уровня, исключающим переполнение бункера. В качестве исполнительных механизмов чаще всего используются силовые электромагниты, обеспечивающие подъем или опускание плужковых сбрасывателей.

После последовательной проверки заполнения всех бункеров системы начинается заново «поиск» опорожненного бункера. При большом числе бункеров и непостоянном расходе смеси из них эффективность работы такой системы снижается;

3) система рационального автоматического распределения, при которой последовательность заполнения бункеров смесью осуществляется в соответствии с очередностью и скоростью их опорожнения. Для управления системой применяются простейшие запоминающие и счетно-решающие устройства, получающие информацию о количестве смеси в каждом бункере от двух уровнемеров. Очередность заполнения бункеров не зависит от порядка их расположения вдоль ленты конвейера. В процессе работы верхний уровень смеси в бункерах автоматически меняется, чем обеспечиваются одинаковые условия питания их смесью.

В качестве уровнемеров в приведенных системах распределения смеси по бункерам используются электромеханические, кондуктометрические, радиоактивные и другие датчики уровня.

8.2. Устройства для автоматической стабилизации свойств формовочных смесей

Получение высококачественных литейных форм в большой мере определяется технологическими свойствами формовочных смесей, из которых они изготовлены. К этим свойствам относятся: формуемость, газопроницаемость, прочность и др. Наиболее важным из этих свойств является формуемость. От формуемости смеси зависит способность ее заполнять карманы модели при засыпке в опоку и обеспечивать равномерное распределение плотности формы при уплотнении.

Формуемость смеси в большой мере связана с изменением влажности. Поэтому, контролируя влажность смеси и доводя ее до оптимальной, можно стабилизировать показатель ее формуемости, либо контролируя формуемость смеси в процессе ее приготовления, можно управлять подачей влаги в смеситель.

Влажность смеси, загружаемой в смеситель, зависит от влажности исходных материалов — оборотной смеси и свежих добавок. Влажность свежих добавок практически является постоянной и обеспечивается в процессе их подготовки, т. е. до загрузки в смеситель. Влажность же оборотной смеси даже в условиях поточно-массового производства непрерывно меняется.

Кроме того, на влажность влияют колебания температуры оборотной смеси.

Большое значение для упорядочения подготовки оборотной смеси имеют процессы их гомогенизации и охлаждения (см. § 5.4). Однако даже в этом случае доза влаги на замес или подача влаги в единицу времени не может быть одинаковой и всякий раз требуется ее корректировка. Следовательно, возможность автоматизации смесеприготовительной установки определяется возможностью автоматического поддержания влажности смеси на уровне, обеспечивающем получение оптимальных технологических свойств.

При разработке систем автоматического регулирования влажности формовочных смесей в процессе их приготовления приходится решать следующие вопросы: 1) выбор системы автоматического регулирования влажности; 2) выбор метода измерения влажности и температуры; 3) выбор типа автоматического устройства для дозирования влаги (суспензии) и ввода ее в смеситель.

При выборе системы стабилизации влажности смеси могут быть использованы два принципиальных решения. Одно из них заключается в том, что предварительно измеряется влажность и температура отработанной смеси, находящейся в дозаторе перед загрузкой ее в смеситель. Измерения, выполняемые специальными датчиками, позволяют произвести автоматический расчет дозы жидкости, которую надо подать в смеситель для данного замеса. Эта доза должна быть отмерена дозатором и выдана в смеситель в соответствии с циклограммой работы смесеприготовительной установки.

Второе решение заключается в том, что влажность смеси в процессе перемешивания доводится до заданного значения независимо от того, какую влажность и температуру имели исходные материалы.

Влага в смеситель в таких случаях подается при помощи клапана истечения. Однако при быстрой выдаче дозы погрешности такого дозирования весьма ощутимы и могут вызвать недопустимые колебания влажности готовой смеси.

Время подачи воды можно сократить, если использовать для этого два потока — большой и малый, т. е. две трубы, открываемые самостоятельными клапанами. При таком дозировании основная масса воды сначала подается через большой клапан, который затем перекрывается, и включается в работу малый клапан, медленно доливающий воду до нужного уровня.

Обе системы применяются в промышленности. Вторая больше соответствует смесителям непрерывного действия, так как при этом непрерывно измеряются физические свойства смеси и регу-

лируется количество вводимого в смеситель жидкого компонента.

Точность и надежность работы той или другой системы зависит от точности измерения и учета физических свойств формовочных материалов или готовой формовочной смеси, т. е. от метода измерения влажности смесей.

Известно много методов измерения влажности формовочных смесей, на базе которых могут быть созданы автоматические устройства для ее стабилизации.

1. Электрические методы, при которых как функция влажности замеряется электропроводность, электродвижущая сила или емкость формовочной смеси.

Метод измерения электропроводности основан на том, что формовочная смесь вследствие наличия в ней различных примесей обладает хорошо выраженной ионной электропроводимостью. Между влажностью смеси и ее электропроводностью существует довольно четкая зависимость.

Метод измерения ЭДС основан на способности влаги формовочной смеси вместе с растворенными в ней кислотами и солями быть электролитом. При погружении в смесь двух разнородных электродов за счет электрохимических реакций между ними возникает ЭДС. Чем выше влажность смеси, тем больше ЭДС.

Емкостный метод заключается в том, что формовочная смесь рассматривается как диэлектрик в переменном электростатическом поле. В зависимости от изменения влажности смеси изменяется и емкость конденсатора влагомера.

Диэлектрическая постоянная воздуха $\epsilon_{\text{возд}}=1$, сухого песка и глины $\epsilon_{\text{пес}}=2-4$, воды $\epsilon_{\text{вод}}=81$. Следовательно, чем больше влажность смеси, тем выше ее диэлектрическая постоянная, тем больше емкость конденсатора-влагомера.

2. Термические методы, при которых показания измерительных приборов определяются тепловыми критериями испытуемого материала, зависящими от влажности.

3. Химические методы, основанные на реакциях взаимодействия влаги смеси с различными химическими веществами.

4. Радиоактивные методы основаны на принципе измерения интенсивности различных радиоактивных излучений, проходящих через влажный материал. Интенсивность излучений уменьшается с увеличением влажности материала.

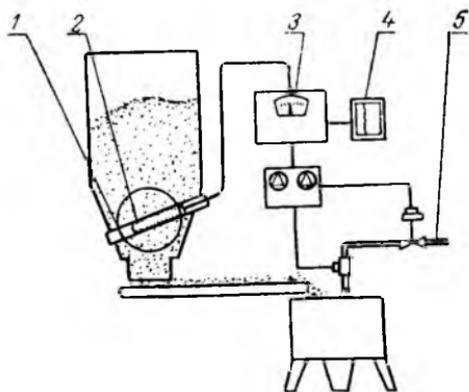


Рис. 8.1. Схема устройства для автоматической стабилизации влажности смесей методами ядерной физики

В зарубежной практике применяется метод контроля влажности путем облучения формовочных смесей пучком быстрых нейтронов. Нейтронные источники приготавливают обычно из смеси порошка бериллия с радиоактивным элементом, испускающим α -частицы. Попадая в вещество и сталкиваясь с ядрами атомов элементов, входящих в состав этого вещества, нейтроны передают

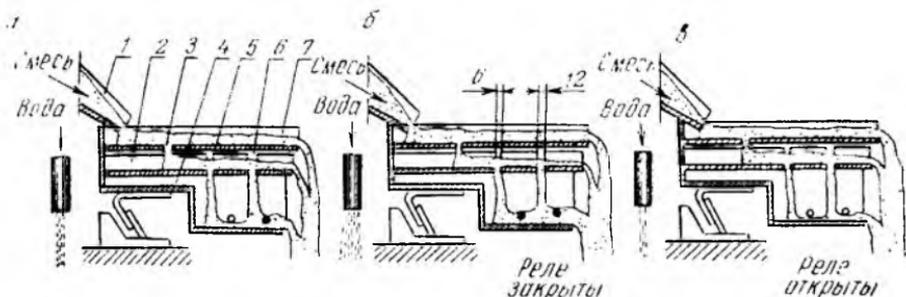


Рис. 8.2. Схема устройства для определения степени формоустойчивости смесей: а — смесь с требуемой влажностью; б — смесь с недостаточной влажностью; в — смесь переувлажненная; 1 — лоток; 2, 4, 7 — желоб; 3, 5, 6 — щели

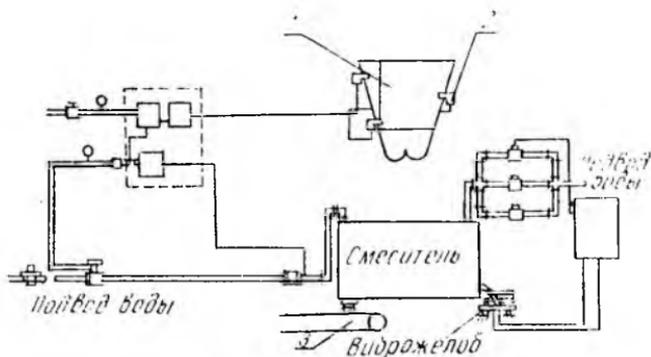


Рис. 8.3. Схема автоматического регулирования формоустойчивости смеси

им часть энергии и постепенно замедляют свою скорость. В веществах, содержащих водород (например, влажная формовочная смесь), движение нейтронов замедляется. Таким образом, число нейтронов, попадающих в счетчик, будет зависеть от влажности испытываемого материала.

На рис. 8.1 приведена схема установки для автоматической стабилизации влажности формовочной смеси методами ядерной физики. В бункере с оборотной смесью вмонтирована под углом стальная труба 1, в которую помещен зонд 2 с источником быстрых нейтронов и детектором.

Сигналы, поступающие с детектора, усиливаются в аппарате 3, откуда они поступают в регистрирующий прибор 4 и дозатор 5, регулирующий подачу воды в чашу смесителя.

Метод контроля формуемости смеси заключается в следующем. В ходе перемешивания постепенно увлажняющаяся смесь выбрасывается через специальное окно в чаше смесителя на трехъярусный виброжелоб (рис. 8.2). На среднем ярусе желоба имеются две щели различной ширины (6 и 12 мм), через которые в зависимости от состояния смесь просыпается в большем или меньшем количестве, что и фиксируется соответствующими фотореле.

На рис. 8.3 приведена схема устройства для автоматической стабилизации формуемости смеси с описанным выше виброжелобом. Предварительно замес увлажняется в смесителе по результатам измерения усредненной температуры оборотной смеси, осуществляемого с помощью термопар 2 в дозаторе 1. Окончательное увлажнение замеса осуществляется по сигналам фотореле, установленным на виброжелобе. Готовая смесь выдается на ленточный конвейер 3.

8.3. Компоновка смесеприготовительных установок

Цель автоматизации работы смесеприготовительных установок, включающих смесители и систему дозаторов для компонентов смеси, — исключить участие человека в управлении этими устройствами. За человеком остается задача предварительной выработки программы действия. Для осуществления этой программы (в случае использования смесителей циклического действия) необходимо, чтобы рабочие органы элементов установки включались и выключались в определенное время в требуемой последовательности.

Примерная циклограмма работы смесеприготовительной установки приведена в табл. 8.1, а один из примеров такой установки — на рис. 8.4.

Табл. 8.1. Примерная циклограмма работы смесеприготовительной установки

Наименование операции	Время, с							
	20	40	60	80	100	120	140	160
Подача воды в смеситель	—							
Подача отработанной смеси в смеситель	—							
Подача суспензии	—							
Подача сухих связующих		—						
Аэрация и перемешивание			—					
Подача песка в дозатор		—						
Подача отработанной смеси в дозатор		—						
Разгрузка							—	

Установка состоит из смесителей 12, блока бункеров для оборотной смеси 5 и сухого песка 6, дисковых питателей 7 и 8, дозирующих емкостей 9, дозаторов воды и суспензии 10.

Загрузка бункеров оборотной смесью осуществляется ковшовым элеватором 1, ленточным конвейером 2 и плужковыми сбра-

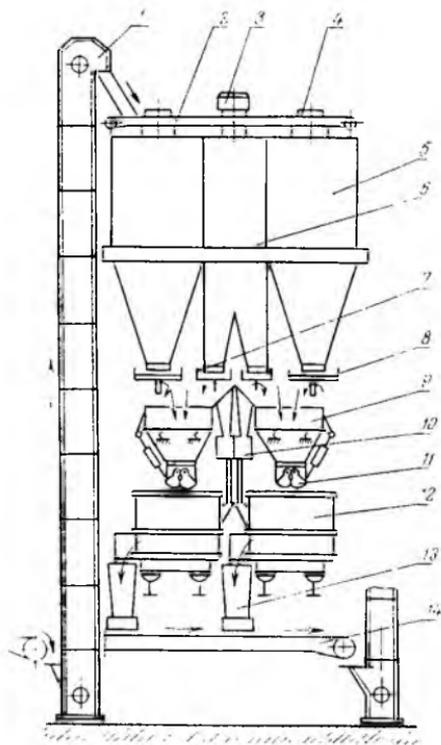


Рис. 8.4. Схема смесеприготовительной установки цегунолитейного цеха ВЛЗ

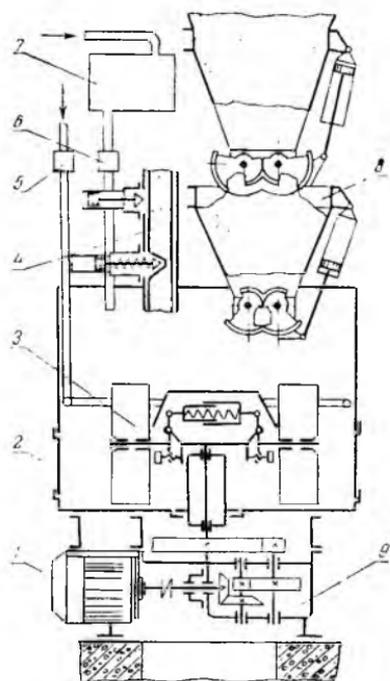


Рис. 8.5. Схема смесеприготовительной установки на базе смесителей мод. 1А11

сывателями 4, а загрузка песком — ленточным конвейером 3. Обратная смесь и свежий песок при помощи дисковых питателей поступают в дозирующие емкости, представляющие бункеры, опирающиеся на тензодатчики и снабженные челюстными затворами 11.

Доза песка определяется временем работы дискового питателя, а доза оборотной смеси фиксируется весовой системой, которая подает команду на прекращение загрузки и открытие челюстных затворов в емкости 9 по достижении заданного веса.

Готовая смесь выгружается из смесителей в промежуточные емкости 13 и далее при помощи питателей выдается на ленточный конвейер 14 транспортной системы.

На рис. 8.5 приведена схема другой смесеприготовительной установки. Здесь порционирование оборотной смеси осуществляет-

ся бункерным дозатором 8, свежего песка — эластичным рукавом-дозатором 4, а глиняно-угольной суспензии по истечении из бака 7 — при помощи электромагнитного клапана 6. Доведение смеси до заданной влажности обеспечивается клапаном 5. Вращение рабочих органов смесителя 3 в его чаше 2 осуществляется электродвигателем 1 через редуктор 9.

8.4. Управление транспортно-технологическим комплексом оборудования для приготовления формовочных смесей

Система автоматического управления транспортно-технологическим комплексом оборудования для приготовления смесей включает:

- а) систему управления смесителями и дозаторами составляющих смеси;
- б) систему автоматической стабилизации свойств смеси;
- в) систему управления транспортом готовой формовочной смеси;
- г) систему автоматического распределения смеси по расходным бункерам над формовочными агрегатами;
- д) систему управления транспортом для уборки россыпи формовочной смеси;
- е) систему управления устройствами для подготовки оборотной смеси;
- ж) систему управления транспортом оборотной смеси свежих песков, регенерата и различных добавок, доставляющих их в бункеры над смесителями.

Для нормальной работы всех устройств необходимо, чтобы система управления была комплексной и обеспечивала выполнение требований, перечисленных в § 3.4.

Технические средства автоматики вместе со средствами связи и сигнализации позволяют централизовать контроль и управление всеми элементами транспортно-технологического комплекса смесеприготовления, расположенными на значительной площади.

Специальное помещение, в котором располагаются средства контроля и управления многочисленным оборудованием комплекса, называют диспетчерским пунктом АСУ ТП. При управлении, например, смесеприготовительной установкой или устройствами для подготовки оборотной смеси контрольно-измерительная аппаратура и средства управления располагаются в непосредственной близости от управляемых установок. На таких распорядительных пультах размещают обычную аппаратуру, служащую для дистанционного управления и используемую при наладке оборудования.

С диспетчерского пункта осуществляется контроль и управление большим количеством объектов. Кроме того, здесь находится аппаратура для связи с диспетчерским пунктом литейного цеха (АСУП).

Важнейшие элементы оснащения диспетчерского пункта:

- а) щит управления, на котором размещаются приборы, информи-

рующие о работе элементов комплекса оборудования; б) пульт управления, на котором размещаются аппараты для передачи команд (на пуск, остановку, изменение параметров) оборудования комплекса.

В большинстве случаев щит и пульт совмещены в один блок.

На вертикальных панелях щитов управления, кроме измерительной и сигнальной аппаратуры, обычно располагают так называемую мнемоническую схему (мнемосхему), изображающую в виде системы символов (полос, контуров оборудования и т. п.) элементы комплекса оборудования: ленточные конвейеры, элеваторы, смесители, дозаторы, гомогенизаторы, охладители и др.

Мнемосхема отображает не только элементы комплекса, но и их взаимные связи и коммуникации, что создает условную картину (схему) технологического процесса. При этом на ней фиксируются все возникающие изменения в их положении или состоянии.

Кроме мнемосхем, пульта управления в диспетчерских пунктах оборудуются телевизионными установками, которые позволяют зрительно контролировать удаленные или недоступные прямому наблюдению объекты.

Глава 9. УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СМЕСЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

9.1. Требования безопасности к технологическому оборудованию

В основе разработки конструкций машин смесеприготовительного комплекса должны лежать требования безопасности и обеспечения наилучших условий труда.

Расположение узлов и механизмов машин должно обеспечивать безопасный и удобный доступ к ним, а сами машины должны иметь устройства и блокировки, предохраняющие от перегрузок и аварийных ситуаций.

Трубопроводы, шланги для подачи воздуха, масла, а также вентиляционные устройства следует располагать так, чтобы не затруднять обслуживание рабочей зоны.

Элементы машин, требующих обслуживания на высоте более 2 м, нужно оборудовать рабочими площадками с ограждениями шириной не менее 1 м. Органы управления следует устанавливать в местах, обеспечивающих хорошее обозрение рабочей зоны.

Механизмы и машины автоматических линий необходимо оборудовать органами управления для их пуска и работы в автоматическом режиме, наладки и останова.

Конструкции машин должны исключать или снижать выделение пыли и газа в рабочее помещение, а также уменьшать шум до пределов, установленных нормами. Машины должны быть обеспечены местным освещением в безопасном исполнении.

Электродвигатели, электропроводка, электроаппараты и про-

ние электротехнические устройства должны удовлетворять действующим «Правилам устройства электроустановок».

Необходимо, чтобы смесители имели герметичный защитный кожух с патрубком для присоединения к вытяжной вентиляции, дозирующие устройства с автоматическим или дистанционным управлением, а также устройство для безопасного отбора проб. В защитном кожухе смесителей должен быть смотровой люк, имеющий блокировку, исключающую работу смесителя при его открытии. Аналогичные блокировки должны быть устроены и в защитных кожухах литейных разрыхлителей смесей (аэраторов), плоских цилиндрических и конических полигональных сит, охладителей.

Установки для сушки песка и глины должны иметь устройства, ограничивающие тепловыделение в рабочее помещение. Температура нагретых поверхностей оборудования не должна превышать 45° С. Рабочие помещения необходимо оборудовать приточно-вытяжной вентиляцией.

9.2. Условия безопасной эксплуатации подъемно-транспортных устройств

Грузоподъемные машины и вспомогательные грузозахватные приспособления должны полностью отвечать «Правилам устройства и безопасной эксплуатации кранов», утвержденным Гостехнадзором СССР. Эти правила распространяются: на краны всех типов, работающие с крюком или грейфером; грузовые электрические тележки, передвигающиеся по рельсовым путям вместе с кабиной управления; на все вспомогательные грузозахватные приспособления, например цепи, канаты, траверсы, коромысла, подвешиваемые к захватному органу грузоподъемной машины.

Все грузоподъемные машины и вспомогательные приспособления по окончании монтажа и перед пуском в эксплуатацию подвергаются техническому освидетельствованию.

К работе на машинах допускаются подготовленные рабочие, сдавшие экзамен по устройству машины, правилам технической эксплуатации и техники безопасности.

Основные правила техники безопасности при работе грузоподъемных машин предусматривают: подачу звуковых сигналов перед пуском машины в ход; тщательное наблюдение за состоянием тормозов и механизмов включения; удобство обслуживания механизмов машины; освещение рабочих мест при работе в ночное время; ограждение площадей, обслуживаемых кранами, и др.

В цехе организуется технический надзор за обслуживанием и состоянием машины, составляется график планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Мостовые краны каждые 12 месяцев проходят статические испытания при нагрузке, превышающей нормальную грузоподъемность на 25%. У них замеряют стрелы прогиба мостов, ездовых балок.

Все подъемные машины оборудуются ограничителями высоты подъема, которые автоматически отключают двигатель при подходе крюка, подъемного электромагнита к крайнему верхнему положению.

На мостовых кранах для ограничения движения моста и грузовой тележки устанавливают концевые упоры, снабженные упругими буферами.

Машины непрерывного транспорта — конвейеры различных типов, пневмотранспортные установки должны удовлетворять следующим требованиям техники безопасности: при перемещении пылящих грузов рабочие органы закрываются кожухами и снабжаются отсасывающей вентиляцией, проходы между конвейерами или другими машинами, а также проходы возле стен зданий имеют ширину не менее 1 м и не загромождены. Для немедленной остановки конвейера (или системы конвейеров) через каждые 20—30 м вдоль его протяжения должны быть установлены аварийные кнопки «Стоп». Пуск машины (и всей системы) возможен только с центрального пульта управления после устранения причин, вызвавших остановку. Все узлы и элементы машины, требующие наблюдения и смазки, должны быть легко доступны.

Транспортирующие машины, имеющие наклонные или вертикальные участки (наклонные конвейеры, вертикальные элеваторы и др.), должны иметь соответствующие ловители и остановки, препятствующие самопроизвольному движению элементов машины или груза при случайном повреждении деталей привода или обрыва тягового органа.

При установке длинных конвейеров необходимо через каждые 50 м предусматривать специальные переходные мостики. Проходы под подвесными конвейерами должны быть подняты от пола на высоту 2,5 м и ограждены защитной сеткой (см. рис. 24.6).

Все резервуары аппаратов пневмотранспорта в соответствии с действующими правилами должны быть испытаны на повышенное давление.

Внедрение единой системы безопасности труда (ЕСБТ) в литейном производстве требует не только проведения технических оздоровительных мероприятий, но и повышения организационного уровня производства и укрепления сознательной дисциплины труда.

Раздел третий. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Глава 10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

10.1. Условия и методы уплотнения формовочной смеси

Условия уплотнения. Целью уплотнения формовочной смеси является достижение такой ее плотности и прочности, при которой литейная форма не изменяет свои размеры под влиянием статического, динамического и химико-термического воздействия заливаемого в нее металла и обеспечивает получение точной отливки с гладкой поверхностью.

Неуплотненная формовочная смесь неоднородна по структуре. Это комплекс единичных песчинок и их соединений (сростков, комочков) различной величины, связанных между собой пленками связующего вещества. Между отдельными песчинками, а также между их сростками существуют полости, заполненные воздухом.

При уплотнении смеси происходит перегруппировка и сближение ее частиц за счет сокращения объема пор и пустот, в результате чего плотность и прочность формы повышается. Эффективность уплотнения определяется величиной пластической деформации уплотняемого объема смеси и перемещением (перетеканием) ее из полостей более уплотненных в менее уплотненные.

Необходимая прочность достигается при определенных значениях адгезионных и когезионных сил связи между молекулами связующего вещества и песчинок смеси. Величина этих сил и их соотношение в процессе уплотнения смеси изменяются. При сближении частиц, т. е. при плотной и устойчивой их упаковке, силы связи увеличиваются и прочность смеси повышается.

На разных стадиях уплотнения смесь ведет себя по-разному. В первый период (сближение песчинок) смесь можно рассматривать как пластичное тело. Во второй период (по мере повышения плотности происходит перемещение песчинок относительно друг друга, однородность смеси повышается) смесь ведет себя как вязкое и вязкопластичное тело. В последующем (при дальнейшем приложении нагрузки) наступает упругая деформация, смесь проявляет свойства упругого тела.

При заполнении формы жидким металлом стенки ее испытывают металлостатический и динамический напоры. Прочность формы

при этом не остается постоянной, так как под влиянием тепла заливаемого металла происходит быстрый прогрев слоев смеси, лежащих в непосредственной близости к отливке, и испарение из них влаги. Перемещаясь в менее нагретые соседние слои формы, пар конденсируется, переувлажняя их.

Поскольку силы связи частиц смеси в переувлажненных слоях значительно ослабевают, способность формы сопротивляться деформациям уменьшается. Чем менее плотно набита форма, тем она хуже сопротивляется деформациям при заливке ее жидким металлом и, наоборот, чем плотнее и устойчивее усадка зерен смеси в форме, тем выше ее прочность при тепловом воздействии, тем выше и менее податлива ее внутренняя поверхность.

Однако чрезмерное уплотнение формы нецелесообразно и с экономической и с конструктивной точек зрения, так как требует повышенных энергозатрат и увеличения жесткости оборудования и оснастки. Кроме того, чрезмерное уплотнение смеси большей частью приводит к снижению газопроницаемости формы, а иногда и к разрушению самих зерен песка, что может быть оправдано лишь в исключительных случаях.

Плотность смеси, при которой обеспечивается требуемое качество формы, колеблется в пределах $1,6-1,75 \text{ т/м}^3$ (плотность разрыхленной смеси обычно составляет $1,0-1,25 \text{ т/м}^3$).

Не менее важное значение при уплотнении смеси имеют ее физико-механические характеристики. Так, например, при уплотнении прессованием для хорошего перетекания с полостей более уплотненных в полости менее уплотненной смеси должна обладать высокой текучестью. При уплотнении же встряхиванием требования к текучести ниже. Для получения высококачественных форм при уплотнении пескоструйно-прессовым или встряхивающе-прессовым методом применяют высокопрочные смеси с пониженным содержанием влаги (2,8—3,5%).

Методы уплотнения. Существует много методов уплотнения смеси в опоках: 1) ручная набивка опок при помощи трамбовок; 2) встряхивание с последующим уплотнением верхних слоев формы; 3) встряхивание с одновременным прессованием; 4) прессование; 5) прессование с одновременной вибрацией; 6) надув; 7) надув с последующим прессованием; 8) пескометная набивка.

Существует также ряд специальных методов уплотнения форм в опоках и без них, в том числе импульсные методы, магнитная формовка и др. Перечисленные методы уплотнения можно разделить на две группы: базовые и комбинированные.

К базовым методам относятся встряхивание, прессование, надув и пескометание. К комбинированным — встряхивание с последующим прессованием; встряхивание с одновременным прессованием; прессование с одновременной вибрацией; надув с последующим прессованием и др.

Оценить методы уплотнения смеси, сравнить их между собой удобнее всего по следующим критериям: 1) универсальности процесса и качеству уплотнения форм; 2) затратам энергии на единицу

цу работы; 3) стабильности и быстротечности процесса; 4) удобству автоматизации процесса; 5) санитарно-гигиеническим условиям труда и безопасности работы. Последние три критерия определяют и производительность машины, являющуюся основным показателем ее работы.

В зависимости от условий и характера производства каждый из этих критериев может быть решающим при выборе метода уплотнения. Так, при массовом или крупносерийном производстве для создания надежно действующей автоматической формовочной линии важно, чтобы метод уплотнения был быстротечным, базировался на объемном или поверхностном взаимодействии рабочего органа и формовочной смеси, т. е. был удобен для автоматизации.

Такие качества могут быть достигнуты в случае приготовления форм малых и средних размеров небольшой высоты путем уплотнения смеси прессованием, вибропрессованием или пескодутьно-прессовым методом.

При индивидуальном и мелкосерийном производстве большое значение приобретает универсальность метода уплотнения. В этом случае наиболее подходящим является встряхивание с последующей или одновременной подпрессовкой. Уплотнение встряхиванием может применяться почти для всего диапазона развеса и сложности литья.

Наибольшее распространение получают комбинированные методы уплотнения. Это объясняется тем, что каждый отдельно взятый базовый метод, за исключением прессового, не может обеспечить высокого качества уплотнения форм.

10.2. Структура технологического цикла изготовления литейных форм

Способы машинной формовки. В практике литейного производства применяются три основных способа машинной формовки: в парных опоках; стопках; безопочный.

По первому способу форму изготавливают из двух половин — полуформ. Каждую полуформу (верхнюю и нижнюю) готовят в своей опоке, чаще всего на отдельной машине (автомате). После установки стержней полуформы спаривают (устанавливают верхнюю на нижнюю) и перед заливкой скрепляют между собой.

При стопочной формовке часто в одной опоке совмещаются верхняя и нижняя полуформы. Устанавливая опоки одну на другую «в стопку», получают блок форм, которые заливают через один общий литниковый стояк. Изготавливают стопку форм на одной машине-автомате.

При безопочной формовке опок не требуется. Этот способ получает в настоящее время широкое распространение, так как в значительной мере упрощается процесс изготовления формы, выбивки форм, транспортировки оснастки, экономится производственная площадь. Изготовление безопочных форм чаще всего осуществляется на одной машине-автомате.

Машинные способы изготовления стержней. В настоящее время в литейных цехах находят применение следующие способы изготовления стержней на машинах: а) из сырых смесей с последующей тепловой сушкой; б) из сырых смесей с последующей химической сушкой; в) из терморезактивных смесей с отверждением

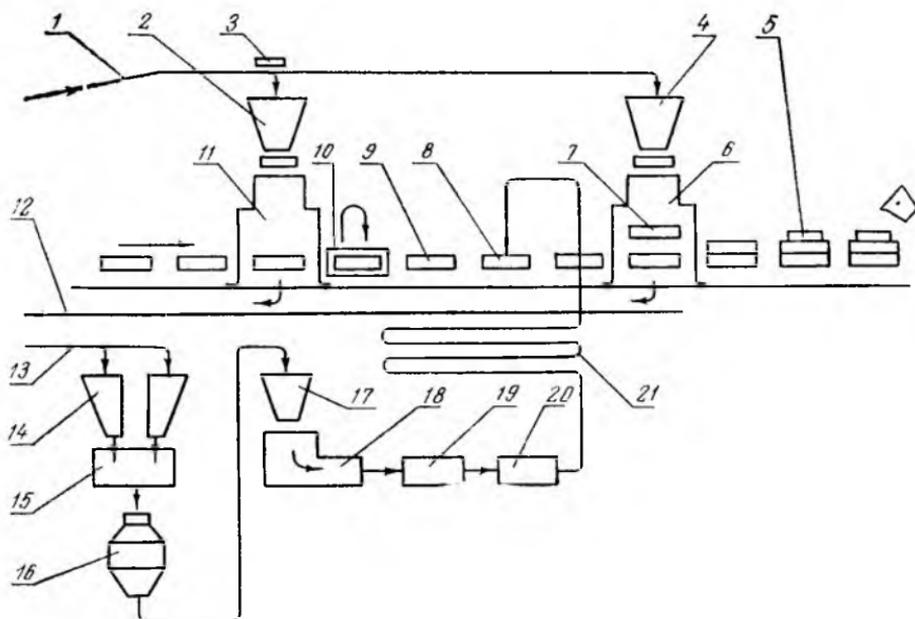


Рис. 10.1. Схема транспортно-технологической линии изготовления форм и стержней:

1 — ленточный конвейер для подачи формовочной смеси; 2 — бункер; 3 — плужковый сбрасыватель; 4 — бункер; 5 — груз; 6 — формовочный автомат для верхних полуформ; 7 — верхняя полуформа; 8 — позиция установки стержней; 9 — нижняя полуформа; 10 — кантователь для нижних полуформ; 11 — формовочный автомат для пыльных полуформ; 12 — уборочный ковшер для россыпи смеси; 13 — подача компонентов стержневой смеси; 14 — бункер для сухого песка; 15 — смеситель; 16 — камерный плавитель ПТУ стержневой смеси; 17 — бункер для стержневой смеси; 18 — автомат для изготовления стержней; 19, 20 — оборудование для обработки, склейки и подсушки стержней; 21 — склад стержней

в нагреваемой оснастке; г) из холоднотвердеющих смесей с отверждением в оснастке.

Так же как и при изготовлении форм, весь комплекс операций по изготовлению стержней производится на поточных машинных линиях, которые в зависимости от выбранного способа изготовления — технологического процесса — могут быть частично или полностью автоматизированными.

На рис. 10.1 приведена схема производственного потока, в котором происходит изготовление литейных форм и стержней. Этот поток составляет часть общего потока изготовления отливок.

10.3. Классификация формовочных литейных машин

По назначению формовочное оборудование делится на машины для изготовления форм и машины для изготовления стержней.

В соответствии с методами уплотнения все формовочные машины можно разделить на следующие группы: а) встряхивающие; б) встряхивающе-прессовые; в) прессовые; г) вибропрессовые; д) пескодувно-прессовые; е) пескодувные (пескострельные); ж) пескометы; з) импульсные.

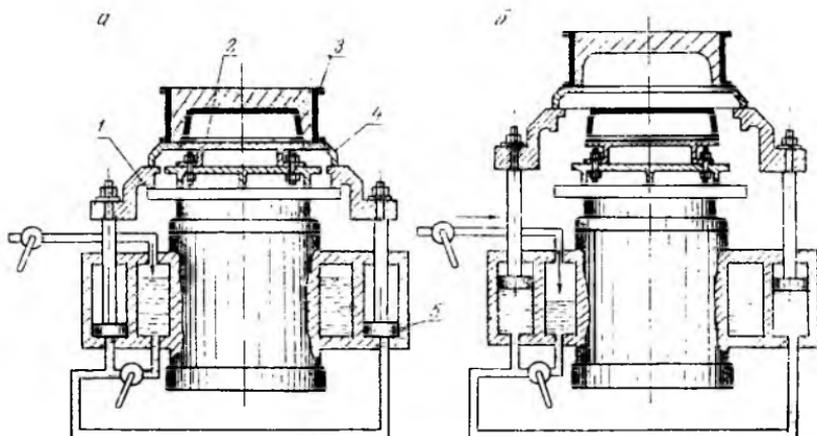


Рис. 10.2. Схема извлечения модели механизмом рамочного съема:
а — до извлечения модели; б — после извлечения; 1 — ствол машины; 2 — модельная плита; 3 — полуформа; 4 — рамка для съема полуформ; 5 — поршень штифто-подъемного механизма

Существуют машины, которые уплотняют смеси укаткой или путем сбрасывания с определенной высоты кома смеси на модель. В первом случае имеет место уплотнение прессованием, а во втором — уплотнение за счет кинетической энергии при падении кома смеси аналогично встряхиванию.

По методу извлечения модели из формы различают машины: со штифтовым подъемом; с протяжной рамкой (рис. 10.2); с поворотом полуформы на 180° (рис. 10.3).

По конструктивной компоновке и методу агрегатирования формовочные машины разделяются на однопозиционные; двухпозиционные челночные; многопозиционные проходного типа; многопозиционные карусельного типа.

По степени автоматизации формовочные машины можно подразделить на неавтоматические; полуавтоматические, включаемые при каждом новом цикле; автоматические, управляемые с помощью автоматических аппаратов и устройств, без участия человека.

По методу приведения в действие формовочные машины под-

разделяются на пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромагнитные и механические.

Пневматический привод наиболее распространен, так как в литейном цехе сжатый воздух используется и для других механизмов и машин.

Гидравлический привод широко применяется в случаях, когда необходимо создать высокие удельные давления прессования. Использование индивидуальных гидростанций на машинах позволяет реализовать все преимущества гидравлики высокого давления в отношении компактности механизмов и плавности хода.

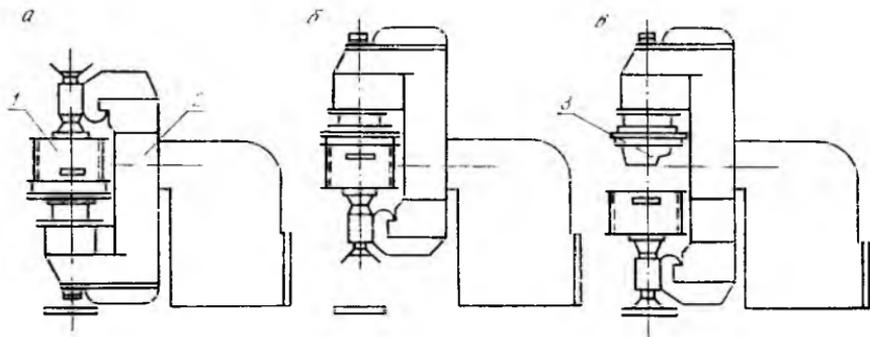


Рис. 10.3. Схема извлечения модели с поворотным механизмом уплотнения: а — после уплотнения; б — до извлечения модели; в — после извлечения; 1 — полуформа; 2 — поворотное устройство; 3 — модель

Пневмогидравлический привод используется большей частью для обеспечения плавности хода отдельных механизмов машин. В них энергия сжатого воздуха передается с помощью рабочей жидкости.

Механический привод от электродвигателей весьма экономичен. Он является наилучшим только для пескометов. Для приведения в действие ротора метательной головки вал его соединяют с валом двигателя без редукторов и передач.

Электромагнитный привод конструктивно прост. Стол машины, являясь сердечником электромагнита, перемещается по вертикали, если в катушку подать электрический ток. Этот привод весьма экономичен, так как в нем электроэнергия непосредственно преобразуется в механическую, обеспечивая движение рабочих органов машины.

Глава 11. ПРЕСОВЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ МАШИНЫ

11.1. Особенности уплотнения литейных форм прессованием

Уже упоминалось (см. § 10.1), что в различных условиях свойства формовочных и стержневых смесей как сложных дисперсных тел проявляются по-разному. При уплотнении прессованием эти

смеси могут рассматриваться как связные сыпучие тела, для которых максимально возможное нагружение лимитируется углом внутреннего трения. Поэтому следует полагать, что при достаточно больших нагрузках на смесь в замкнутом объеме (опоке) происходит перетекание ее из полостей более уплотненных в полости менее уплотненные, в результате чего форма равномерно уплотняется.

Перетекание заканчивается и уплотнение завершается при достижении в различных полостях формы так называемого состояния предельного равновесия смеси.

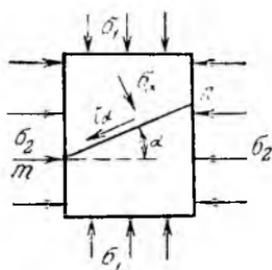


Рис. 11.1.
Напряжения
в элементарном
объеме формовочной
смеси

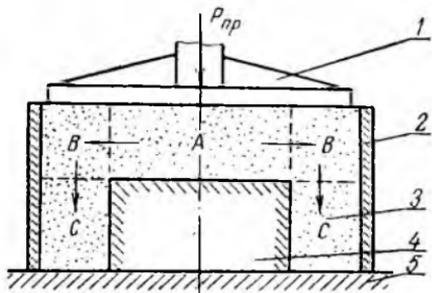


Рис. 11.2. Схема перетекания смеси
в процессе прессования формы:
1 — прессовая колодка; 2 — опока; 3 —
смесь; 4 — модель; 5 — стол машины

На рис. 11.1 показан элементарный объем смеси, в котором под действием внешних нагрузок возникают главные напряжения σ_1 и σ_2 . На косой площадке $m-n$, расположенной под углом α к горизонту, возникают нормальные напряжения σ_α и касательные τ_α :

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha;$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha.$$

При нагружении в смеси (как в сыпучем теле) возникает боковое давление на стенки сосуда (опоки, модели), в который она помещена. Это давление пропорционально меньшему главному напряжению $\sigma_2 = k\sigma_1$, где k — коэффициент подвижности смеси (см. формулу (7.6)).

При определенных значениях главных напряжений σ_1 и σ_2 ($\sigma_1 > \sigma_2$) происходит сдвиг верхней части рассматриваемого объема относительно нижней. Равновесие в системе наступит, когда увеличение σ_2 приведет к прекращению деформаций сдвига. Угол, который при этом составляет площадка сдвига с направлением меньшего напряжения для сыпучих тел, — $45^\circ + \varphi/2$.

Если такое равновесие наступит не на всех участках формы, в смеси возникнет множество поверхностей скольжения и она бу-

дет перетекать из одних полостей формы в другие до наступления состояния равновесия.

Зависимость между нормальными (сжимающими) и касательными (сдвигающими) напряжениями выражается следующим образом:

$$\tau_{\alpha} = \sigma_{\alpha} \operatorname{tg} \varphi + k_1,$$

где φ — угол внутреннего трения смеси; k_1 — сила сцепления, приходящаяся на единицу площади (для формовочных и стержневых смесей): $k_1 = (0,1-0,2) 10^5$ Па.

При перемещениях частицы смеси, кроме внутреннего трения, должны преодолевать еще и силы сцепления k_1 .

Уравнение состояния предельного равновесия имеет следующий вид:

$$\sigma_2 = \sigma_1 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2k_1 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Схема перетекания смеси в процессе уплотнения формы прессованием может быть представлена следующим образом (рис. 11.2). В начале процесса происходит более сильное сжатие объема A , расположенного выше модели. Здесь раньше наступает состояние предельного равновесия и происходят деформации сдвига. В результате часть смеси из этого объема перетекает в объемы B , где также приходит в состояние предельного равновесия. Затем в объемах B начинают происходить сдвиговые деформации, и часть смеси из них перетекает в объемы C . Процесс перетекания смеси продолжается до конца внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки.

Первоначальный объем смеси должен быть больше объема опоки с моделью на величину, размещаемую в наполнительной рамке, объем которой выбирается из условия обеспечения заданной плотности формы. При данных размерах опоки объем наполнительной рамки определяется ее высотой h , которую можно определить из равенства масс смеси до и после уплотнения (рис. 11.3, а):

$$[F_0(H+h) - V]\delta_0 = (F_0H - V)\delta,$$

откуда

$$h = \left(H - \frac{V}{F_0} \right) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right), \quad (11.1)$$

где F_0 — площадь опоки в плане, м^2 ; H — высота опоки, м ; h — высота наполнительной рамки, м ; V — объем модели, м^3 ; δ_0 и δ — плотность смеси соответственно до и после прессования, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для более равномерного уплотнения формы часто применяют профильные прессовые колодки (рис. 11.3, б), размеры выступов которых делаются в соответствии с контуром модели.

Высота наполнительной рамки при этом подсчитывается по формуле

$$h = (H - H_M) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right),$$

а высота выступов профильной колодки

$$x = H_{\text{м}} \left(1 - \frac{\delta_0}{\delta} \right).$$

При уплотнении литейных форм на машинах различают верхнее и нижнее прессования. При верхнем прессовании дополнительный объем смеси вдавливается в опоку прессовой колодкой со

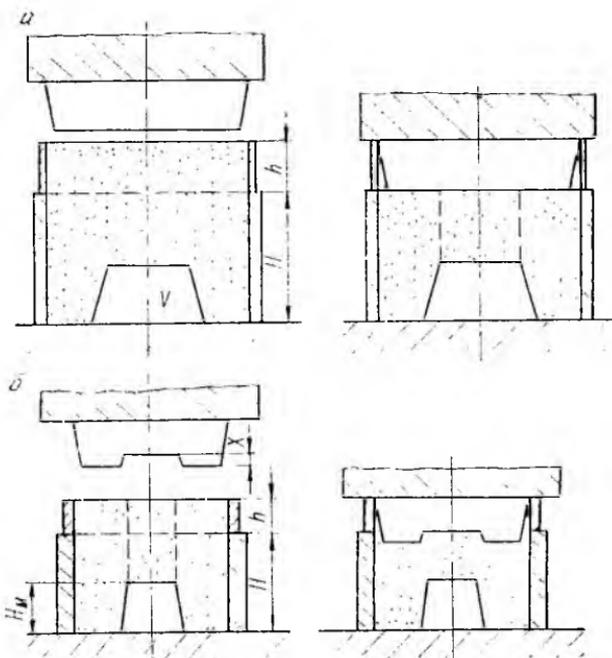


Рис. 11.3. К определению высоты дополнительной рамки при прессовании:

а — плоской колодкой; б — профильной колодкой

стороны, противоположной разъему формы (рис. 11.4, а). При нижнем прессовании этот дополнительный объем вводится со стороны разъема формы при помощи самой модели (рис. 11.4, б).

Распределение плотности смеси по высоте опоки при указанных методах прессования неодинаково. Наибольшая плотность создается в слоях, близких к поверхности, передающей силовое воздействие (прессовой колодке или модели), и по мере удаления от нее уменьшается вследствие торможения смеси о стенки опоки.

Чем выше опока, тем больше неравномерность распределения плотности смеси по ее высоте. Величина и характер распределения плотности зависят не только от высоты формы H , но и от отношения этой высоты к наименьшему поперечному сечению. Для получения равномерного уплотнения это отношение не должно превышать 1—1,25.

В приведенных рассуждениях учитывалось только трение смеси о стенку опоки, поэтому они относятся к литейным формам без моделей и могут быть применены лишь для случаев уплотнения с невысокими и хорошо обтекаемыми моделями. При уплотнении же форм с высокими моделями процесс определяется трением смеси, находящейся в наиболее неблагоприятных условиях между стенками опоки и модели. В этом случае величина и характер распределения плотности зависят от отношения высоты формы к наименьшему поперечному размеру зазора, образованного стенками опоки и модели.

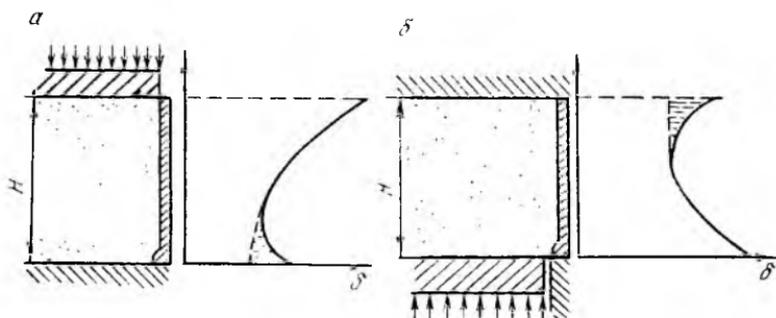


Рис. 11.4. Распределение плотности формовочной смеси по высоте опоки:

a — при верхнем прессовании; *б* — при нижнем прессовании

Основным фактором уплотняющего воздействия на форму при прессовании является удельное давление прессования p . Исследования, проведенные Н. П. Аксеновым, позволили получить зависимость средней плотности $\delta_{\text{ср}}$ (г/см^3) литейной формы от удельного давления прессования p (кгс/см^2):

$$\delta_{\text{ср}} = (1 + Cp^{0.25}), \quad (11.2)$$

или

$$p = \left(\frac{\delta_{\text{ср}} - 1}{C} \right)^4 10^5 \text{ Па}, \quad (11.2a)$$

где C — коэффициент уплотняемости смеси: $C = 0,4\text{—}0,6$.

Это эмпирическое уравнение позволяет определить степень уплотнения смеси в форме при удельных давлениях не выше $0,5\text{—}0,6$ МПа ($5\text{—}6$ кгс/см²).

Прессование под высоким удельным давлением $2\text{—}3$ МПа ($20\text{—}30$ кгс/см²) позволяет получать более плотные литейные формы с гладкой и малоподатливой рабочей поверхностью. Отливки, полученные в таких формах, имеют более точные размеры и высокую чистоту поверхности.

Для определения усилия прессования в этом случае можно воспользоваться приведенными выше уравнениями, характеризующими состояние предельного равновесия смеси, разработанными Г. М. Орловым.

Процесс уплотнения формы прессованием происходит в условиях внутреннего и внешнего трения смеси. Сила трения зависит от размеров, формы, конфигурации модели, скорости приложения уплотняющего усилия, коэффициента трения смеси о стенки опоки и модели, текучести формовочной смеси и др.

Состояние смеси при этом будет характеризоваться: а) боковым давлением, которое вызывает трение смеси о стенки опоки и поверхность модели. Величина этого давления составляет 0,3—0,5 вертикального сжимающего напряжения; б) торцевым трением смеси о прессовую колодку и модельную плиту, которое препятствует перемещению смеси.

Трение смеси о стенки опоки и модели снижает эффект прессования. В силу этого недостатка метод уплотнения форм прессованием ограничен и применяется для сравнительно низких онок ($H=0,15-0,20$ м).

При сообщении уплотняемой форме колебаний между формовочной смесью и стенками опоки (модели) образуется зазор, уменьшающий действие внешнего трения. Подвижность частиц при вибрации способствует преодолению внутреннего трения, т. е. перемещению их друг относительно друга.

Таким образом, положительное влияние вибрации на процесс уплотнения заключается главным образом в значительном уменьшении внешнего и внутреннего трения формовочной смеси, что способствует лучшему протеканию пластических деформаций и облегчает перемещение смеси между опокой и моделью.

При действии вибрации на формовочную смесь происходит непрерывное изменение взаимного расположения частиц, создаются новые комбинации их в системе, благоприятные для уплотнения формы.

Продольные волны вибрации, распространяясь в смеси, проходят через различные по плотности и упругости фазы (твердые зерна песка, воздушные промежутки, жидкие пленки связующего вещества). Чем менее однородна смесь, тем быстрее гасятся в ней колебания и тем продолжительнее должен быть процесс вибропрессования. По достижении определенной плотности и структуры смеси вибрирование формы не вызывает увеличения уплотнения.

Эффект вибрации обеспечивается подбором рациональных конструктивных факторов, к которым относятся величина возмущающих сил, создаваемых вибраторами, жесткость крепления оснастки и др.

Направление вибрации влияет как на плотность набивки формы, так и на условия вытяжки модельного комплекта. Если колебания, создаваемые вибратором, по направлению совпадают с движением прессующего модельного комплекта, то плотность набивки формы резко увеличивается, при этом условия вытяжки модели из формы остаются почти неизменными. Если направление вибрации перпендикулярно к направлению прессования, улучшается процесс вытяжки модели.

Для улучшения условий вытяжки модельного комплекта из

формы, увеличения степени и равномерности уплотнения ее рекомендуется устанавливать вибраторы внутри моделей или на наружной стороне модельной плиты под некоторым углом к плоскости стола машины.

11.2. Классификация прессующих механизмов и элементов прессовых машин

Прессующие механизмы формовочных машин разделяются на группы по следующим признакам:

а) по способу приложения прессующего воздействия — на механизмы с верхним и нижним прессованием (см. § 11.1);

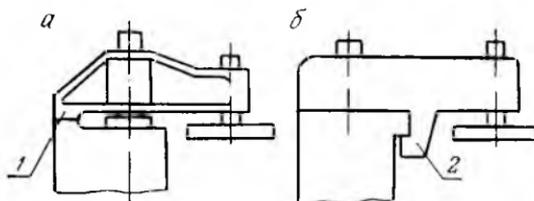


Рис. 11.5. Поворотные траверсы прессовых машин:

а — хвостовик траверсы; б — крюкообразный выступ

б) по величине прессующего воздействия — на механизмы с низким $p \leq 0,3$ МПа ($3,0$ кгс/см²); средним $p = 0,3—0,7$ МПа ($3—7$ кгс/см²); высоким $p = 2—5$ МПа ($20—50$ кгс/см²) и сверхвысоким $p > 5$ МПа (более 50 кгс/см²) удельными давлениями прессования;

в) по конструктивному выполнению — на поршневые, диафрагменные, многоплунжерные, катковые, рычажные и мундштучные (см. § 11.3);

г) по роду привода — на пневматические, гидравлические, пневмогидравлические и электромагнитные.

Для интенсификации процесса уплотнения прессовые машины могут снабжаться специальными вибраторами, тогда они называются *вибропрессовыми*.

Наполнять опоки формовочной смесью можно с подвешенного бункера при помощи затворов или дозаторов. В современных прессовых машинах смесь вдувается в опоки из резервуара. Такие машины получили название *пескодувно-прессовых*. При пескодувном наполнении опок отсутствуют потери смеси просыпанием, кроме того, сама смесь при наполнении предварительно уплотняется.

Прессовые траверсы формовочных машин выполняются подвижными (поворачивающимися, отклоняющимися, в виде кареток) и неподвижными.

На рис. 11.5 показаны два варианта поворотной траверсы. В одном из них приложенный к траверсе изгибающий момент вос-

принимается дополнительной опорой через хвостовик 1 траверсы, а в другом — выступом станины через крюкообразный прилив 2 траверсы. Неподвижные траверсы конструктивно наиболее просты и допускают минимальный зазор между прессовой колодкой и прессуемой формой. Они получили наибольшее распространение в современных прессовых автоматах проходного типа.

Станины прессовых машин выполняются С-образными в виде одной колонны, к которой примыкает машинный стол и поворотная траверса, либо в виде двух или четырех колонн, между которыми закрепляется стол машины, а сверху к ним крепится траверса. Такая конструкция станины позволяет в значительной мере уменьшить массу машины.

11.3. Конструктивные схемы и основы расчета прессовых формовочных машин

Вибропрессовая машина с поршневым прессующим механизмом мод. 226. Большинство прессовых формовочных машин, работающих с низким удельным давлением прессования 0,2—0,4 МПа (2—4 кгс/см²), используется в мелкосерийном производстве. Они снабжаются вибраторами и представляют литой прессовый цилиндр (рис. 11.6), в котором перемещается прессовый поршень 2, несущий на себе стол 4 машины.

Прессовый механизм крепится к станине-колонке 5, на которой установлена прессовая траверса 6. Штифтоподъемный механизм 1

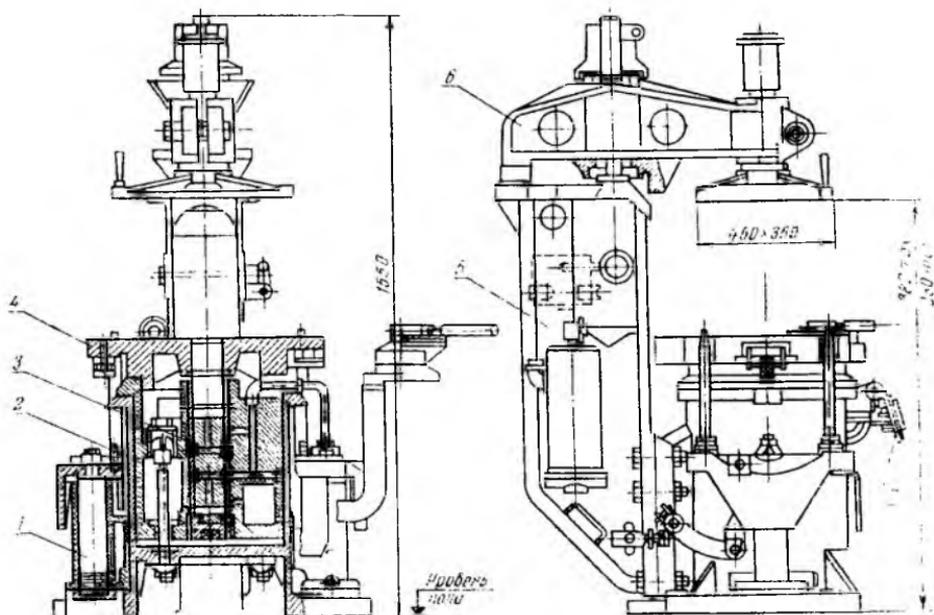


Рис. 11.6. Вибропрессовая формовочная машина мод. 226

выполнен в блоке с прессовым цилиндром. Пуск воздуха в прессовый цилиндр во многих машинах производится автоматически при установке траверсы и подготовленного комплекта (модель, опока, смесь) в рабочее положение. С этой целью некоторые машины снабжаются автоматическим клапаном давления, который выключает машину по достижении заданного давления прессования.

В вибропрессовых машинах цилиндр вибратора 1 обычно составляет одно целое с прессовым поршнем и размещается в средней его части. В цилиндр запрессована чугунная втулка, которая служит направляющей для плунжера вибратора 3 и обеспечивает воздухораспределение при его работе.

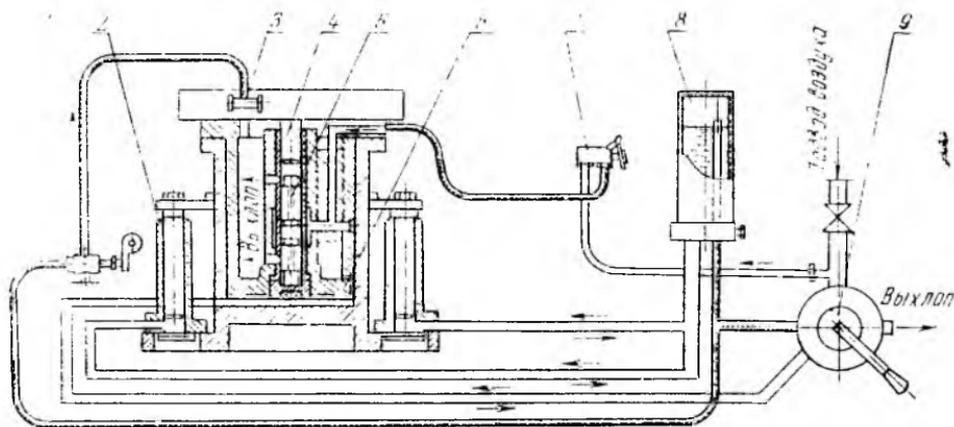


Рис. 11.7. Пневматическая схема машины мод. 226

Вибратор включается в работу при нажатии коленного клапана 7. При этом воздух из магистрали (рис. 11.7) проходит по каналам прессового поршня и поднимает плунжер 5. Когда нижние отверстия каналов гильзы и плунжера совпадут, воздух подбросит плунжер вверх и ударит им по хвостовику стола 4. Затем плунжер падает вниз, и процесс повторяется. Движение плунжера происходит до тех пор, пока нажат коленный клапан 7.

При повороте рукоятки воздухораспределителя 9 в положение прессования воздух проходит под прессовый поршень 6, поднимает его и прижимает опоку к прессовой плите. При обратном повороте рукоятки воздух выйдет из цилиндра и поршень со столом и опокой опустится. Затем рукоятка воздухораспределителя устанавливается на вытяжку, воздух попадет в резервуар с маслом 8 и выталкивает его под поршни вытяжных цилиндров 2. Поперечные штифты посредством рычагов связаны с уравнительным валом, поэтому штифты поднимаются равномерно без перекоса. Винт уравнительного вала нажимает на шпindelь проходного клапана 1, и воздух приводит в действие специальный вибратор для растапливания модели при ее вытяжке 3.

При отключении подачи воздуха в масляный резервуар масло перетекает в бак и поршни вытяжного механизма опускаются.

Техническая характеристика машины

Размеры опок, мм	500×400×150
Производительность, полуформ/ч	100
Максимальный ход прессования, мм	170
Усилие прессования, кН	62,50
Удельное давление прессования, Па	$3,2 \cdot 10^5$
Расход свободного воздуха на 1 цикл, м ³	0,4

Основы расчета. Основным показателем экономичности работы прессового механизма является отношение работы сжатого воздуха, затраченного на чистое прессование, к работе сил трения, возникающих в процессе прессования. Определить это отношение удобнее всего путем построения индикаторных диаграмм.

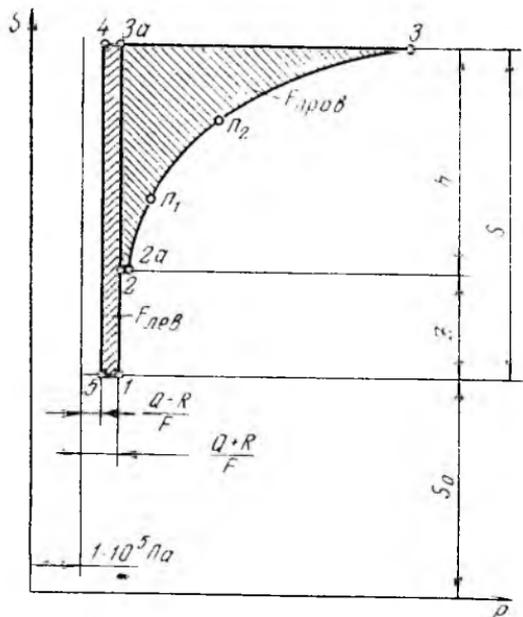


Рис. 11.8. Индикаторная диаграмма прессующего механизма

Индикаторная диаграмма прессового механизма строится в координатах $p—V$, произведение которых отображает работу сжатого воздуха в цилиндре машины. Если процесс рассматривается относительно единицы площади поршня, индикаторная диаграмма строится в координатах $p—s$, где s — высотные параметры механизма (рис. 11.8).

Точка 1 диаграммы соответствует началу подъема поршня. Давление воздуха на поршень должно быть достаточным, чтобы

преодолеть силу тяжести поднимаемых частей машины с полезной нагрузкой Q и силу трения поршня о стенки цилиндра R :

$$p_1 = \left(1 + \frac{Q + R}{F}\right) 10^5,$$

где F — площадь прессового поршня, м²:

$$F = \frac{pF_0 + Q + R}{p_0}, \quad (11.3)$$

p — давление прессования, Па; p_0 — давление воздуха в сети: $p_0 = 0,5—0,6$ МПа; F_0 — площадь опок в плане, м²: $(F_0:F) = 1,8—2,2$.

Силу тяжести поднимаемых частей машины с полезной нагрузкой и силу трения $Q+R$ в предварительных расчетах рекомендуется принимать в пределах $(0,1-0,15) pF_0$.

Ордината точки 1 диаграммы

$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0,$$

где V_0 — объем вредного пространства, m^3 ; s_0 — приведенная высота вредного пространства, m .

Точка 2 диаграммы соответствует такой высоте подъема поршня, при которой выбирается зазор z между наполнительной рамкой и прессовой колодкой. Так как при этом допускается, что дополнительных сопротивлений, препятствующих движению поршня вверх, не возникает, то и давление воздуха в цилиндре должно остаться неизменным: $p_2 = p_1$. При этом $s_2 = s_0 + z$.

Точка 2а диаграммы соответствует началу внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки.

Давление под прессовым поршнем растет с ростом сопротивления формы уплотнению. Так как начальная плотность смеси обычно превышает $1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ($1,0 \text{ г/см}^3$) и составляет $\delta_0 = 1,2-1,4 \text{ т/м}^3$ ($\delta_0 = 1,2-1,4 \text{ г/см}^3$), то давление воздуха под поршнем нарастает скачкообразно. Величина скачка (IIа) пропорциональна разности $\delta_0 - 1$:

$$p_{2a} = p_2 + \left(\frac{\delta_0 - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5,$$

где δ_0 — начальная плотность смеси, г/см^3 ; C — коэффициент уплотняемости смеси [см. формулу (11.2а)].

Ордината точки 2а $s_{2a} = s_2$.

Точка 3 диаграммы соответствует концу процесса прессования, т. е. тому моменту, когда прессовая колодка, переместившись на всю высоту наполнительной рамки, запрессовала весь объем смеси, находившийся в ней, в опоку. В этот период плотность формовочной смеси в опоке достигает заданной и давление воздуха на прессовый поршень составит

$$p_3 = p_2 + \left(\frac{\delta - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5,$$

где δ — заданная плотность смеси, г/см^3 .

Это давление не должно превышать расчетного давления сжатого воздуха в сети.

Ордината точки 3 $s_3 = s_0 + z + h$, где h — высота наполнительной рамки, m .

Промежуточные точки n диаграммы определяют характер кривой линии на участке 2а—3, соответствующей изменению давления воздуха на единицу площади поршня при его движении вверх. При движении поршня на участке 2а—3 прессовая колодка внедряется на глубину, равную высоте наполнительной рамки h , и смесь в опоке уплотняется до заданного значения δ . В промежуточных положениях прессовой колодки h_{n_1} и h_{n_2} плотность смеси в опоке будет меньше заданной.

Определим плотность смеси (г/см^3) в промежуточных точках n_1 и n_2 , пользуясь выражением (11.1) для высоты наполнительной рамки:

$$\delta_{n_1} = \delta_0 \left(\frac{h_{n_1}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right);$$

$$\delta_{n_2} = \delta_0 \left(\frac{h_{n_2}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right).$$

Зная δ_{n_1} и δ_{n_2} , находим удельные давления прессования из уравнения 11.2а:

$$p_{n_1} = \left(\frac{\delta_{n_1} - 1}{C} \right)^4 10^5;$$

$$p_{n_2} = \left(\frac{\delta_{n_2} - 1}{C} \right)^4 10^5.$$

Давление воздуха в прессовом цилиндре:

$$p_{\text{в } n_1} = p_2 + \left(\frac{\delta_{n_1} - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5;$$

$$p_{\text{в } n_2} = p_2 + \left(\frac{\delta_{n_2} - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5.$$

Ординаты точек n_1 и n_2 будут соответственно равны:

$$s_{n_1} = s_0 + z + h_{n_1};$$

$$s_{n_2} = s_0 + z + h_{n_2}.$$

Точка 4 диаграммы соответствует моменту, когда на участке 3—4 диаграммы давление воздуха в цилиндре резко падает вследствие открытия выхлопного клапана. Прессовый поршень начинает опускаться. Движущей силой при этом будет сила тяжести подвижных частей машины и полезной нагрузки, силой сопротивления движению — трение поршня о стенки цилиндра и других подвижных частей о свои направляющие.

При этом

$$p_4 = \left(1 + \frac{Q - R}{F} \right) 10^5;$$

$$s_4 = s_3.$$

Точка 5 диаграммы соответствует концу опускания поршня в исходное положение:

$$p_5 = p_4;$$

$$s_5 = s_4.$$

На участке 5—1 цилиндр наполняется воздухом.

Анализ индикаторной диаграммы. Работа прессования выражается на диаграмме площадью $F_{\text{прав}}$ (2—2а—3—3а—2). Таким же

образом работа трения выражается на диаграмме площадью $F_{лев}$ (1-3а-4-5-1):

$$F_{лев} = \left(\frac{Q+R}{F} - \frac{Q-R}{F} \right) (h+z) = \frac{2R(h+z)}{F}.$$

По отношению $F_{лев}:F_{прав}$, которое должно находиться в пределах 0,1—0,15, можно судить о совершенстве конструкции прессового поршневого механизма.

Индикаторный расход свободного воздуха на одно прессование (m^3) с некоторыми допущениями можно найти, если из объема воздуха в точке 3, пересчитанного на атмосферное давление, вычесть количество воздуха, оставшееся во вредном пространстве после выхлопа (в точке 5 диаграммы):

$$V = (Fs + V_0)(p_0 + 1) - V_0, \quad (11.4)$$

где F — площадь прессового поршня, m^2 ; s — ход прессового поршня, m ; V_0 — объем вредного пространства, m^3 ; p_0 — давление воздуха в сети, $атм$.

В форме допущено, что давление воздуха в точке 3 равно давлению воздуха в сети p_0 и что температура воздуха в процессе прессования не изменяется.

В практических расчетах при определении расхода воздуха на одно прессование необходимо также учитывать и протечку его через уплотнительные соединения поршневого механизма.

Площадь сечения впускного отверстия можно определить из уравнения сплошности потока воздуха

$$f_{вп} v_{в} = F v_{п},$$

откуда*

$$f_{вп} = \frac{F v_{п}}{v_{в}},$$

где $v_{в}$ — скорость воздуха в сети, m/c ; $v_{п}$ — средняя скорость подъема поршня при прессовании: $v_{п} = 0,015—0,02$ m/c .

Пневмогидравлические усилители (рис. 11.9). Эти устройства применяются в поршневых прессовых механизмах для увеличения удельного давления прессования в конечной стадии процесса.

Усилие прессования при этом

$$P_{прес} = p_0 \frac{\pi D_1^2}{4} K_y.$$

Пневмогидравлические усилители рационально применять при небольших по высоте перемещениях стола машины.

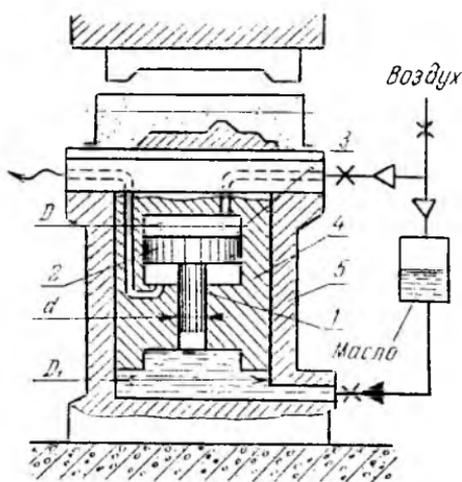


Рис. 11.9. Схема поршневого пневмогидравлического усилителя

В таком усилителе в цилиндре 5 под давлением сжатого воздуха из сети подается масло, которое давит на поршень 4 и поднимает его, перемещая при этом вверх стол с модельно-опочной оснасткой и смесью. При достижении поршнем высоты, соответствующей моменту соприкосновения прессовой колодки со смесью в наполнительной рамке, включается подача воздуха из сети в полость 3. При этом поршень 2, перемещаясь вниз, оказывает через плунжер 1 давление на масло в цилиндре 5. Так как масло практически несжимаемо, то давление на поршень 4 увеличится пропорционально отношению площадей поршня 2 и плунжера 1.

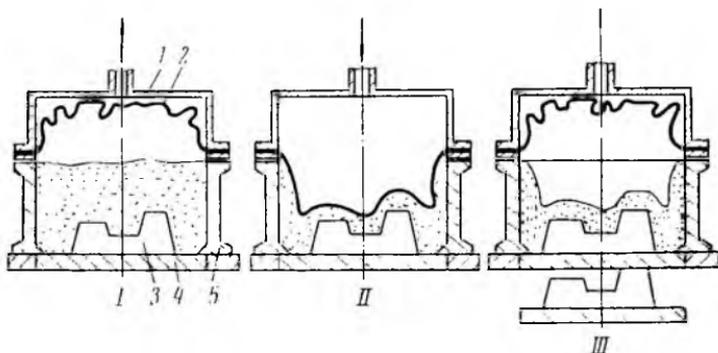


Рис. 11.10. Уплотнение формовочной смеси резиновой диафрагмой:

I — позиция перед началом прессования; II — прессование; III — выхлоп, подъем диафрагмы, вытяжка модели; 1 — кожух; 2 — резиновая диафрагма; 3 — модель; 4 — подмодельная плита; 5 — опока

Отношение указанных площадей называется *коэффициентом усиления*:

$$K_y = \frac{D^2}{d^2}.$$

Прессующий механизм с гибкой диафрагмой. При уплотнении смеси плоской колодкой над моделью и по ладу полуформы получается переуплотнение, а по боковым поверхностям модели — недоуплотнение смеси. Прессование литейных форм гибкой диафрагмой позволяет устранить этот существенный технологический недостаток метода уплотнения прессованием плоской колодкой. Достигается это тем, что гибкая диафрагма (рис. 11.10) под действием сжатого воздуха, впускаемого в головку машины, давит на формовочную смесь в опоке, обжимая и уплотняя ее равномерно со всех сторон модели. Рабочая поверхность диафрагмы обычно превышает площадь опоки на 30—40%. Давление диафрагмы на смесь, т. е. удельное давление прессования, будет равно давлению в заводской сети — 0,5—0,6 МПа (5—6 кг/см²). Стойкость резиновой диафрагмы толщиной 6 мм составляет ~ 23000 съемов (формовок).

Для диафрагменного прессования созданы специальные формовочные автоматы проходного типа, встроенные в автоматическую формовочную линию.

Прессующий механизм с многоплунжерной головкой. Уплотнение литейных форм многоплунжерной головкой, так же как и гибкой диафрагмой, обеспечивает более равномерное распределение плотности смеси как вокруг модели, так и по всему объему формы.

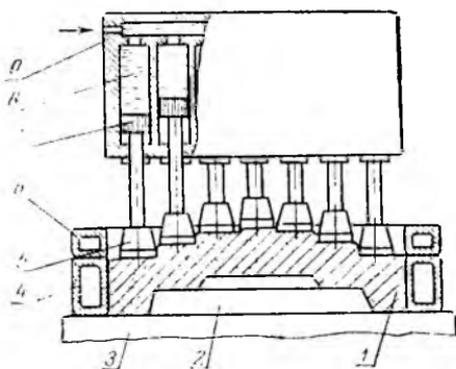


Рис. 11.11. Уплотнение формовочной смеси многоплунжерной прессовой головкой:

- 1 — смесь; 2 — модель; 3 — модельная плита; 4 — опока; 5 — колодка плунжера; 6 — наполнительная рамка; 7 — плунжер; 8 — масло; 9 — корпус головки

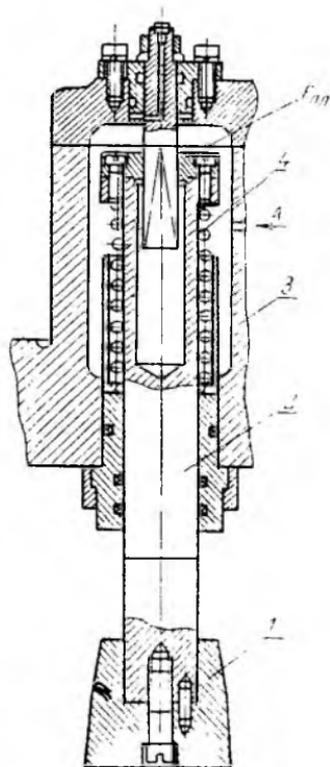


Рис. 11.12. Устройство плунжера

Многоплунжерная прессовая головка (рис. 11.11) в зависимости от размеров формы может иметь от 30 до 100 плунжеров, на штоках которых закреплены башмаки — подвижные прессовые колодки, уплотняющие формовочную смесь в опоке. Каждый башмак под действием давления масла осуществляет прессование независимо от других и обжимает смесь как над моделью, так и вокруг нее. Объединяя плунжеры в несколько групп и подавая в каждую масло под различным давлением, можно производить поочередное (раздельное по времени) прессование отдельных полостей форм, обеспечивая тем самым лучшие условия перетекания смеси внутри формы и более равномерное ее уплотнение. Такие плунжерные головки называются *активными*.

Устройство плунжера показано на рис. 11.12. При прессовании масло поступает по каналу в корпус головки 3 и давит на плун-

жер 2, перемещая его вместе с башмаками 1 вниз. При этом сжимается пружина 4, которая служит для возврата плунжера в исходное положение после снятия давления масла.

Общее усилие прессования P , передаваемое на смесь в опоке, будет определяться соотношением

$$P = p_m F_{пл} i,$$

где p_m — давление масла в системе, Па; $F_{пл}$ — активная площадь плунжера, м²; i — количество плунжеров в головке.

Удельное давление прессования под каждым башмаком плунжера

$$p = p_m \frac{F_{пл}}{F_{баш}},$$

где $F_{баш}$ — активная поверхность башмака, м².

Пассивными называются такие прессовые колодки, которые сами не создают усилий прессования, а только передают их смеси. Рабочие полости плунжеров соединены между собой, и масло может перетекать из полости одних плунжеров в полости других. При прессовании в зависимости от степени сопротивления смеси на отдельных участках формы плунжеры изменяют свое положение по высоте, что и обеспечивает равномерность уплотнения.

При разработке конструкций пневматических прессовых машин необходимо предусматривать оснащение их аппаратурой для подготовки воздуха на входе (водоотделителями, маслораспылителями); аппаратурой для стабилизации заданного давления сжатого воздуха (регуляторами давления, редуциционными клапанами, реле давления); аппаратурой для защиты механизмов и обслуживающего персонала (обратными клапанами, блокировочными устройствами и др.).

Рычажно-прессовый механизм. В рычажно-прессовых машинах усилие прессования создается механизмом, представляющим сочетание пневматического цилиндра с механическим усилителем рычажного типа. Такие механизмы позволяют создавать прогрессивно возрастающие усилия и получать высокие удельные давления прессования. Примером может служить прессовый пневморычажный автомат модели 5833Г (конструкции НИИ тракторосельхозмаша), устройство которого приведено на рис. 11.13.

На верхней плите машины установлен пневматический цилиндр 5, в котором перемещается поршень, шток 4 которого связан с рычажным механизмом 7. Нижние концы рычагов шарнирно соединены с подвижной плитой 8, к которой прикреплена плоская прессовая колодка 9. Наполнительная рамка 11 — подвижная. Механизм ее перемещения состоит из двух рабочих цилиндров 6 и двух цилиндров обратного хода, штоки поршней которых через зубчатую передачу связаны с колоннами 10. В нижней части машины размещены механизмы извлечения модели из формы 14, а также обдува и опрыскивания модели.

Питание автомата формовочной смесью осуществляется из бункера, под которым расположен коробчатый дозатор 3, переме-

нающийся с помощью пневмоцилиндра 2. Под цилиндром установлен пневмоцилиндр 1, служащий для выкатывания из автомата модельной плиты 13 при ее замене.

Работает автомат следующим образом. После опрыскивания модели опока 12 вместе с наполнительной рамкой устанавливается на модельную плиту. Затем дозатор 3, заполненный смесью, перемещается в положение над наполнительной рамкой 11 и заполняет смесь опоку. Далее срабатывает поршень цилиндра 5,

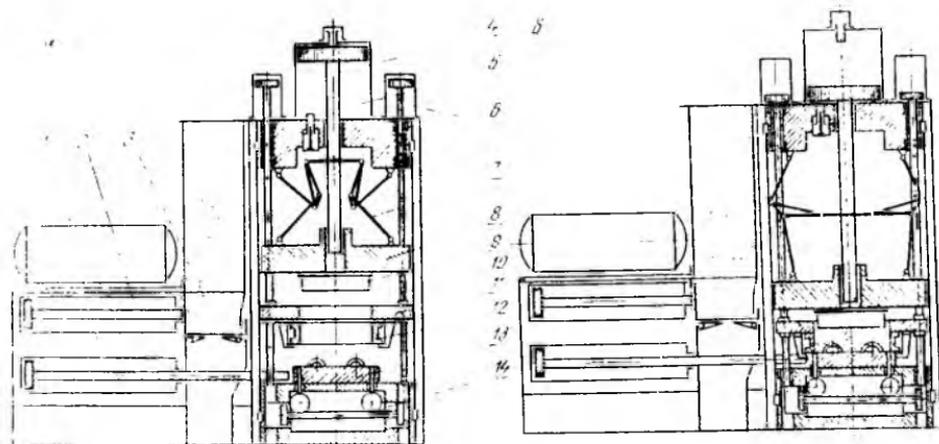


Рис. 11.13. Устройство прессового пневморычажного формовочного автомата мод. 5833Г:

a — исходное положение; *b* — прессование

приводится в действие рычажный механизм 7, опускающий подвижную плиту 8. Прессовая колодка 9, прикрепленная к плите, внедряется в объем наполнительной рамки — происходит уплотнение смеси в опоке.

Техническая характеристика автомата

Размер опок, мм	600×900×175/200
Производительность, полуформ/ч	180—240
Усилие прессования, кН	2000,0
Удельное давление прессования, Па	40·10 ⁵

Автомат работает в составе автоматической формовочной линии (для отливок массой до 50 кг), успешно эксплуатируемой на многих заводах нашей страны. Линия (рис. 11.14) состоит из следующих технологических участков: выбивки и распаривания опок; формовки верхних полуформ; формовки нижних полуформ; сборки форм (на рисунке не показано); заливки форм (на рисунке не показано); охлаждения форм.

В качестве транспортных средств для перемещения опок, полуформ, собранных и залитых форм в линии использованы приводные роликовые конвейеры, а также система специализированных толкателей и отсекателей. Такая система транспорта обеспечивает гибкую связь между элементами линии.

Залитые и охлажденные формы поступают на участок выбивки, где производится сталкивание их с подопочных плит, выбивка опок путем выдавливания кома, разделение (распаровка) опок на верхнюю и нижнюю с последующей передачей на соответствующие участки формовки.

Подготовленные на формовочных автоматах полуформы после простановки стержней поступают на участок сборки форм. Здесь верхняя полуформа поднимается и переворачивается вниз разъемом, а нижняя в это время устанавливается под ней. Затем верхняя опока устанавливается на нижнюю и таким образом собранная форма опускается на ролики конвейера, по которому и перемещается на участок заливки.

Мундштучные прессовые машины. Мундштучные прессовые машины (рис. 11.15) предназначены для формовки цилиндрических и призматических стержней с поперечными размерами 20—100 мм.

Особенностью мундштучных машин является то, что для изготовления стержней не требуется стержневых ящиков. Принцип работы этих машин основан на выдавливании стержневой массы через специальные сменные насадки — мундштуки. Стержни, изготовленные на таких машинах, обладают равномерной плотностью, хорошей газопроницаемостью, высокой прочностью и высококачественной поверхностью.

Рабочим органом у мундштучных машин является плунжер или шпек. В мундштуке устанавливается пруток для создания в стержне вентиляционного канала. После сушки стержни разрезаются на куски требуемой длины.

Мундштучные машины выпускаются одноручьевыми и многоручьевыми.

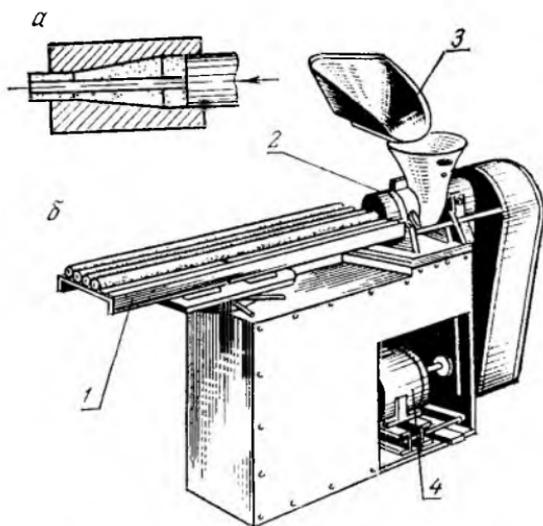


Рис. 11.15. Мундштучная прессовая машина:

a — схема мундштука; *b* — общий вид машины; 1 — сушильная плита; 2 — сменный мундштук; 3 — лоток; 4 — электродвигатель привода машины

11.4. Автоматический клапан давления

Степень уплотнения смеси при прессовании является функцией лишь давления прессования, которое в пневматических прессующих механизмах зависит только от давления воздуха в прессовом цилиндре. Поэтому решение задачи автоматической стабилизации плотности набивки форм в этих машинах сводится в основном

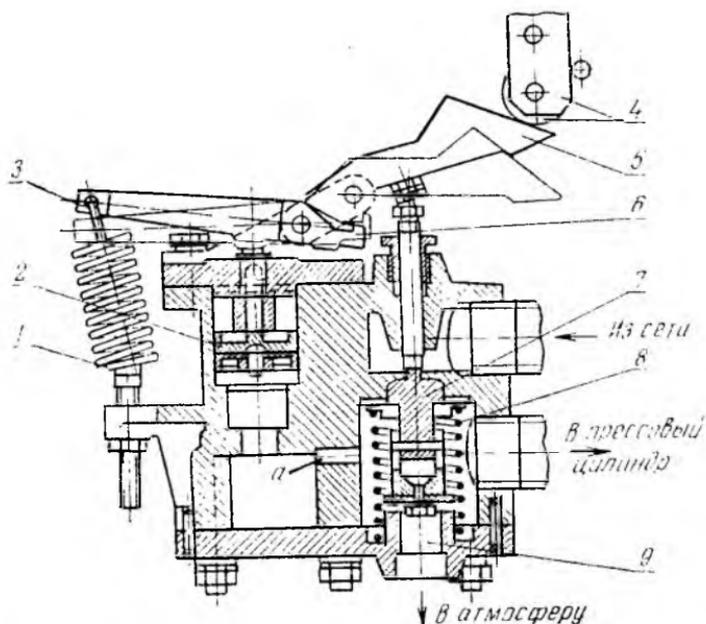


Рис. 11.16. Автоматический клапан давления

к переключению на выхлоп прессового цилиндра по достижению в нем заданного давления воздуха. Для этой цели обычно на подводящем воздух трубопроводе устанавливают автоматический клапан давления.

В качестве примера на рис. 11.16 изображена схема такого клапана. При установке прессовой траверсы в рабочее положение ролик 4 нажимает на рычаг 5 и клапан 7 опускается, закрывая выхлопное отверстие 9. Воздух попадает в прессовый цилиндр, и начинается прессование смеси. Одновременно воздух проходит по каналу *a* и давит на поршень 2, который через рычаг 3 нагружен пружиной 1. Пружина может растягиваться только после достижения заданного давления под поршнем 2.

Регулировкой натяжения пружины устанавливается желаемая степень уплотнения формы. При достижении заданного давления воздуха поршень 2 поднимается, поворачивая рычаг 3, выступ 6 которого соскакивает с выступа рычага 5. При этом клапан 7 под действием пружины 8 закрывает доступ сжатому воздуху и откры-

вает отверстие 9 для сообщения прессового цилиндра с атмосферой.

В машинах с нижним прессованием установка клапана давления не имеет смысла, так как ход поршня в этом случае должен быть всегда одним и тем же (до упора) независимо от давления воздуха в прессовом цилиндре.

Глава 12. ВСТРЯХИВАЮЩИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ МАШИНЫ

12.1. Особенности уплотнения форм встряхиванием

Уплотнение формы встряхиванием происходит под действием сил инерции смеси. Поднимаясь на некоторую высоту $h=0,05—0,08$ м, стол встряхивающей машины вместе с опокой, наполненной смесью, падает, ударяясь о препятствие. При этом кинетическая энергия, сообщенная смеси, переходит в работу ее уплотнения.

Продолжительность действия уплотняющих сил очень незначительна, и необходимое уплотнение может быть достигнуто только после 20—60 ударов. С увеличением числа ударов приращение степени уплотнения уменьшается, так как при этом происходит накопление пластических и упругих деформаций в смеси, перемещение ее из одних участков формы в другие, обтекание модели и выравнивание структуры смеси.

После некоторого числа ударов приращение уплотнения прекращается — наступает так называемая *стабилизация уплотнения*. Следовательно, для каждого случая можно найти и задать такой режим работы (т. е. оптимальное число ударов при данной высоте встряхивания), при котором качество уплотнения будет высоким, а расход энергии минимальным.

Степень уплотнения смеси при встряхивании по высоте опоки распределяется неравномерно (рис. 12.1, кривая 1). Наибольшее уплотнение — в нижней части, у модельной плиты, так как при ударе на этот слой действует сила инерции всей массы смеси, находящейся в опоке.

По мере удаления от модельной плиты вверх плотность смеси уменьшается. Верхний слой ее почти совсем не уплотняется, так как масса его незначительна. Поэтому после уплотнения встряхиванием верхний слой формы обычно доуплотняют одним из следующих способов: трамбованием при помощи ручных или пневматических трамбовок; помещением в опоку некоторого избытка формовочной смеси (в объеме дополнительной рамки) для компенсации уменьшения объема смеси при ее уплотнении, а также для создания дополнительного давления; нагружением формы (т. е. встряхиванием с добавочным грузом); подпрессовкой.

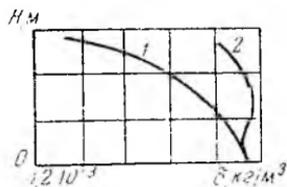


Рис. 12.1. Распределение степени уплотнения смеси по высоте формы

При подпрессовке давление прессовой колодки передается по всей высоте формы, уменьшаясь с глубиной (рис. 12.1, кривая 2).

За меру уплотняющего воздействия при встряхивании принимают удельную работу a (Дж/м²), сообщенную смеси за n ударов стола:

$$a = \frac{G}{F_0} h n \eta,$$

где G — сила тяжести формовочной смеси, Н; F_0 — площадь опоки, м²; h — высота подъема встряхивающего стола (высота падения), м; n — коэффициент, учитывающий потери живой силы падающих частей машины вследствие трения и противодействия воздуха: $\eta = 0,3—0,7$; или же работу, отнесенную к 1 Н силы тяжести смеси в опоке G_1 (Дж/Н):

$$a_0 = \frac{G}{G_1} h n \eta.$$

Обе формулы не учитывают энергию, которую получает форма в момент упругого удара падающего стола о неподвижные части машины. Эта энергия также уплотняет форму, составляя 10—15% общей энергии удара.

Для определения зависимости средней степени уплотнения формовочной смеси (кг/м³) от удельной работы встряхивания проф. Н. П. Аксеновым было предложено эмпирическое уравнение

$$\delta_{\text{ср}} = (1 + K a^{0,3}) \cdot 10^3,$$

где K — коэффициент уплотняемости формы встряхиваем; $K = 0,35—0,55$; a — удельная работа встряхивания, кгс·дм/см².

Как и эмпирическое уравнение прессования (11.2), уравнение встряхивания имеет пределы применения и позволяет получить зависимость, близкую к действительной только при определенных значениях a (наиболее часто встречающихся на практике).

Уплотнению встряхиванием присущи серьезные недостатки:

1) длительность процесса, особенно с учетом дополнительного уплотнения верхних слоев смеси;

2) многостадийность операции уплотнения;

3) высокие энергозатраты;

4) динамичность действия, требующая сооружения громоздких фундаментов;

5) тяжелые условия труда (шум, сотрясения и пр.);

6) трудность создания надежно действующих устройств для автоматической стабилизации плотности набивки форм;

7) трудность автоматизации всего комплекса операций процесса изготовления форм.

Несмотря на недостатки, встряхивающий метод широко распространен в литейном производстве. Это объясняется его универсальностью и невысокой чувствительностью к качеству смесей. На встряхивающих машинах можно уплотнять формы для большого диапазона развеса и конфигурации отливок как при мелкосерийном, так и при крупносерийном характере производства.

Вместе с тем, чтобы избежать многих из перечисленных недостатков, применяют встряхивающие механизмы в комбинации с прессующими. Встряхивание и одновременное прессование позволяют несколько сократить длительность цикла уплотнения, уменьшить количество стадий в процессе и облегчить его автоматизацию. Помимо этого, во встряхивающе-прессовых механизмах удары большей частью гасятся внутри машины, поэтому фундаменты для них могут быть менее громоздкими.

Конструкции таких механизмов будут рассмотрены ниже.

12.2. Классификация встряхивающих механизмов

У большинства машин встряхивающий механизм встроен в прессовый поршень, служащий для подпрессовки верхних слоев формы. Как правило, эти машины снабжаются прессовой траверсой, а также всеми другими устройствами, специфичными для прессовых машин. Исключение составляет группа, к которой относятся встряхивающие столы и машины с перекидным столом.

Классифицировать встряхивающие механизмы можно по роду привода, по степени амортизации ударов, по характеру рабочего процесса, по типу воздухораспределения.

Встряхивающий механизм в современных формовочных машинах чаще всего выполняется пневматическим, с давлением воздуха $p_0 = 6 \cdot 10^5$ Па (6 кгс/см²).

Принципиально возможно создание механизмов, у которых подъем рабочего стола с модельно-опочной оснасткой осуществлялся бы при помощи вращающихся кулачков определенного профиля.

Возможно создание встряхивающих механизмов на базе мощных электромагнитов, обеспечивающих подъем стола и оснастки с заданной частотой.

При создании новых машин выбор того или иного типа привода обусловлен большей частью совокупностью факторов, обеспечивающих удобную эксплуатацию всего комплекса оборудования формовочного передела.

Различают механизмы без амортизации ударов; со смягчением ударов и с полной амортизацией ударов.

Под *амортизацией* понимается поглощение живой силы ударов падающих масс внутри самого встряхивающего механизма.

В механизмах, работающих без амортизации ударов (рис. 12.2),

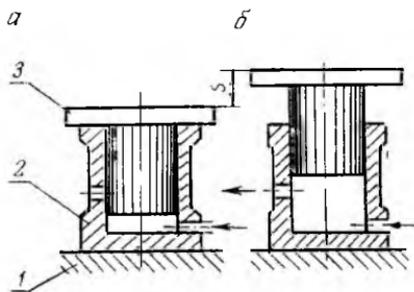


Рис. 12.2. Схема встряхивающего механизма без амортизации ударов:

а — в начале движения; *б* — при подъеме стола на высоту *s*; 1 — фундамент; 2 — встряхивающий цилиндр; 3 — встряхивающий поршень

большая часть энергии при падении стола передается на фундамент машины, что вызывает необходимость в массивности последних либо в применении специальных виброизолирующих элементов (см. § 12.6).

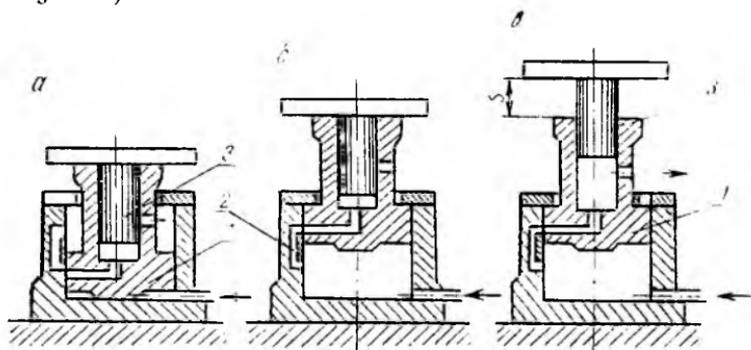


Рис. 12.3. Схема встряхивающего механизма со смягчением ударов:

а — в начале движения; б — верхнее положение подъемного поршня; в — встряхивание

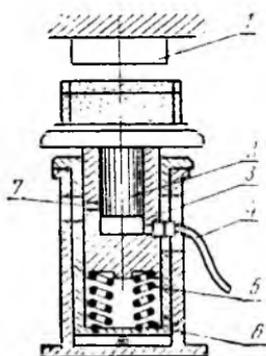


Рис. 12.4. Схема встряхивающе-прессового механизма с полной амортизацией ударов

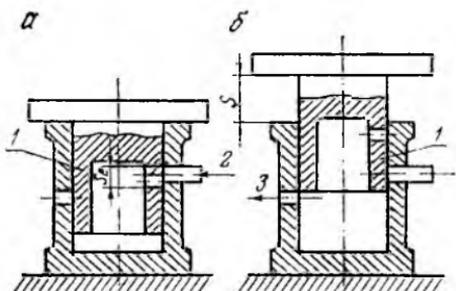


Рис. 12.5. Схема встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха:

а — нижнее положение; б — верхнее положение; 1 — встряхивающий поршень; 2 — впуск воздуха; 3 — выпуск; 4 — ход встряхивающего поршня

На рис. 12.3 приведена схема встряхивающего механизма с подъемным поршнем. Этот механизм обеспечивает работу машины со смягчением ударов. При пуске воздуха подъемный поршень 1 поднимается до упора, при этом воздух по каналам 2 поступает под встряхивающий поршень 3, и начинается встряхивание. Удары встряхивающего стола передаются на фундамент машины через воздушную подушку, образующуюся под подъемным поршнем.

Схема встряхивающе-прессового механизма с полной амортизацией ударов приведена на рис. 12.4. Встряхивающий поршень 2

движется в ударном поршне-цилиндре 3, опирающемся внизу на пружины 5. Ударный поршень в свою очередь может перемещаться внутри прессового поршня 6. При подаче воздуха 4 под встряхивающий поршень последний перемещается вверх, в то время как ударный поршень движется вниз, сжимая находящиеся под ним

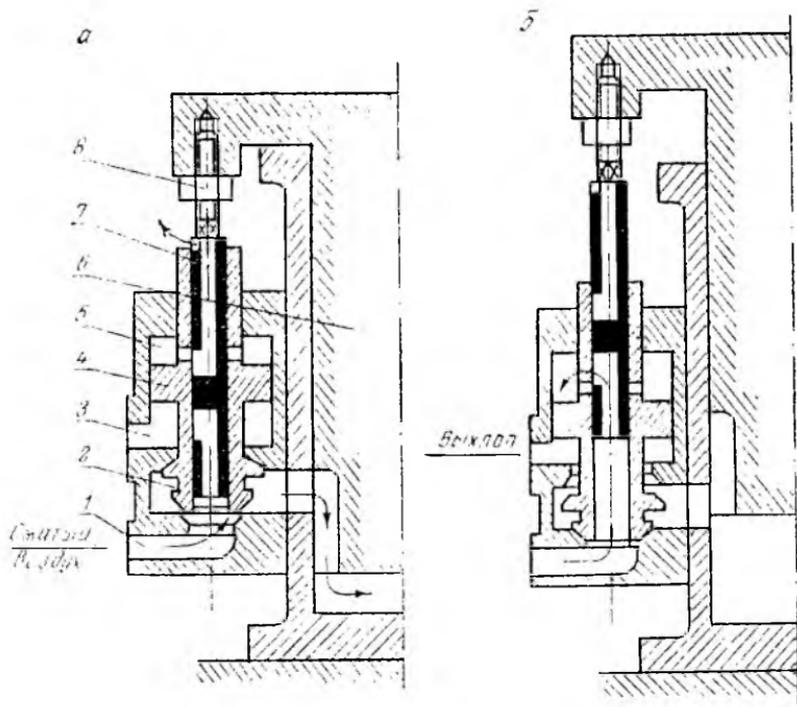


Рис. 12.6. Схема встряхивающего механизма с двухседельным перекидным клапаном:

а — при подъеме стола; б — при опускании стола; 1 — отверстие для ввода воздуха во встряхивающий механизм; 2 — двухседельный клапан; 3 — выхлопное отверстие; 4 — поршень клапана; 5 — надпоршневое пространство; 6 — встряхивающий поршень машины; 7 — пружина; 8 — регулирующий винт

пружины. После выхлопа воздуха через отверстие 7 встряхивающий поршень падает, а ударный под действием сжатых пружин поднимается. Происходит удар на весу с взаимным поглощением энергии удара.

Такой механизм может работать и в режиме встряхивания с одновременным прессованием. В этом случае воздух сначала подается под прессовый поршень и поднимает его вместе со столом и модельно-опочной оснасткой до момента внедрения прессовой колодки 1 в объем наполнительной рамки. Затем воздух подается и под встряхивающий поршень. Так как теперь перемещение встряхивающего поршня невозможно, то движение совершает только ударный поршень, сообщая удары снизу по столу, чем способствует

лучшему уплотнению смеси в опоке. И в этом случае энергия ударов в большой мере будет поглощаться внутри машины.

Машины с высокой степенью амортизации ударов передают на фундаменты меньшие нагрузки, чем машины без амортизации, а следовательно, и фундаменты, сооружаемые для них, могут быть меньшими.

По характеру рабочего процесса в цилиндре пневматические встряхивающие механизмы разделяются на работающие без отсечки и расширения воздуха (см. рис. 12.2); работающие с отсечкой и расширением (рис. 12.5); работающие с отсечкой и без расширения.

Под отсечкой понимается прекращение подачи воздуха в цилиндр. Встряхивающие механизмы, у которых после отсечки воздух остается в закрытом объеме цилиндра и продолжает перемещать поршень за счет своего расширения, более экономичны, так как полностью используют энергию сжатого воздуха.

По типу воздухораспределения различают механизмы с поршневым воздухораспределением (рис. 12.2—12.5), с воздухораспределением при помощи одно- и двухседельного перекидного клапана и с золотниковым воздухораспределением.

В механизмах с поршневым воздухораспределением открытие и закрытие впускных и выхлопных отверстий в цилиндре осуществляется самим встряхивающим поршнем. Такое воздухораспределение, несмотря на существенные недостатки (невозможность регулирования высоты встряхивания), широко применяют благодаря простоте и надежности.

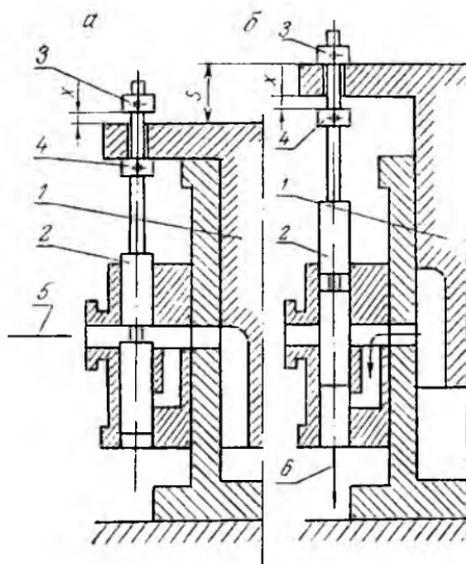


Рис. 12.7. Схема встряхивающего механизма с золотниковым воздухораспределением:

а — нижнее положение; *б* — верхнее положение; 1 — встряхивающий поршень; 2 — золотник; 3 — верхняя регулирующая гайка; 4 — нижняя регулирующая гайка; 5 — впуск воздуха; 6 — выхлоп

Воздухораспределение с двухседельным перекидным клапаном позволяет легко осуществлять регулировку механизма, однако исключает возможность использовать энергию расширения воздуха в цилиндре. На рис. 12.6 приведена схема такого клапана. Оба седла клапана попеременно перекрываются коническими тарелками, выполненными в одном блоке. Нижняя тарелка открывает отверстие, по которому сжатый воздух входит во встряхивающий цилиндр. Верхняя тарелка открывает выхлопное отверстие.

В нижнем положении встряхивающего поршня клапан прижат

давлением сжатого воздуха вверх, и поршень со столом начинает подниматься. По мере движения встряхивающего стола поднимается и находящийся в теле клапана плунжер, который, пройдя определенное расстояние, равное ходу наполнения, соединяет пространство над поршнем клапана с сетью сжатого воздуха. Клапан переместится в нижнее положение, закрыв выпуск и открыв отверстие для выхлопа.

При ходе встряхивающего поршня вниз клапан будет держать выхлоп открытым до тех пор, пока пространство над поршнем клапана сообщится с атмосферой через канал в плунжере.

Встряхивающий механизм с золотниковым воздухораспределением (рис. 12.7) дает возможность не только регулировать высоту подъема стола s , но и осуществлять работу машины с использованием энергии расширения воздуха.

Крепление золотника к машине позволяет ему проскальзывать относительно встряхивающего стола при подъеме и падении на величину x . Изменением этой величины и достигается регулировка элементов воздухораспределения встряхивающего механизма.

12.3. Основы расчета встряхивающих механизмов

При проектировании пневматических встряхивающих механизмов основной целью является выбор оптимальных конструктивных параметров, обеспечивающих наибольшую эффективность механизма. К таким параметрам относятся: площадь встряхивающего поршня, высота подъема рабочего стола, элементы воздухораспределения, расход сжатого воздуха на один удар встряхивания, сечения впускных и выпускных отверстий и др.

Эффективность встряхивающего механизма может быть оценена его производительностью, т. е. отдачей каждого кубического метра израсходованного воздуха и превращения его в полезную работу уплотнения смеси.

Изучение встряхивающих механизмов, выбор и анализ вариантов конструктивных решений удобнее всего проводить путем построения индикаторных диаграмм, являющихся изображением процессов, которые должны протекать в цилиндре машины.

Существует несколько методов построения индикаторных диаграмм поршневых машин. Рассмотрим метод приближенного построения по опытным данным, разработанный проф. Н. П. Аксеновым применительно к условиям встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха (рис. 12.8). Диаграмма строится

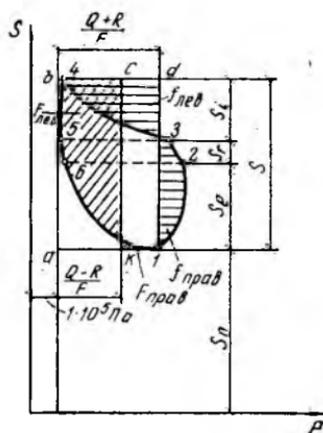


Рис. 12.8. Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

в координатах $p-V$, т. е. давление (Па) — объем (m^3), произведение которых отображает работу сжатого воздуха в цилиндре.

Рассматривая процесс относительно единицы площади поршня, индикаторную диаграмму строят в координатах $p-s$, где s — высотные параметры механизма.

Точка 1 диаграммы соответствует началу подъема поршня. Давление воздуха на поршень должно преодолеть суммарную силу тяжести поднимаемых частей машины с полезной нагрузкой Q и силу трения поршня о стенки цилиндра R :

$$p_1 = \left(1 + \frac{Q + R}{F}\right) 10^5, \quad (12.1)$$

где F — площадь встряхивающего поршня, m^2 .

Необходимое давление воздуха в начале движения поршня вверх должно быть на 50—10 кПа меньше p_0 , т. е. давления воздуха в сети.

Ордината точки 1 диаграммы (m)

$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0, \quad (12.2)$$

где V_0 — объем вредного пространства цилиндра, m^3 ; s_0 — приведенная высота вредного пространства, m .

Для машин с поршневым воздухораспределением s_0 обычно принимают равным (0,75—1,0) s , где s — полный ход поршня.

В машинах, где воздухораспределение осуществляется при помощи двухседельного перекидного или золотникового клапана, высота вредного пространства $s_0 = (0,15—0,30) s$.

Уменьшение объема вредного пространства в этих машинах позволяет снизить расход сжатого воздуха на один цикл.

Точка 2 диаграммы соответствует моменту закрытия впускного отверстия, т. е. концу наполнения цилиндра воздухом и началу расширения последнего. Давление воздуха

$$p_2 = p_1 + (0,5—1,0) 10^5 \leq p_0, \quad (12.3)$$

где p_1 и p_2 — давление воздуха в точках 1 и 2 диаграммы, Па; p_0 — давление сжатого воздуха в сети, Па.

Ордината точки 2

$$s_2 = s_0 + s_e, \quad (12.4)$$

где s_e — длина хода поршня, при которой цилиндр наполняется сжатым воздухом: $s_e = (0,4—0,5) s$.

На участке 1—2 диаграммы линия будет иметь параболический вид, так как скорость поршня в период наполнения возрастает.

Точка 3 диаграммы соответствует моменту открытия выпускного отверстия. На участке 2—3 происходит расширение воздуха. Степень расширения во встряхивающих машинах обычно небольшая.

Путь расширения s_r большей частью составляет 0,2—0,4 пути наполнения s_e .

Давление воздуха в точке 3:

$$p_3 = p_2 \left(\frac{s_0 + s_e}{s_0 + s_e + s_r} \right)^k. \quad (12.5)$$

Вследствие быстротечности процесса принимаем, что изменение состояния воздуха будет адиабатическим ($k=1,41$ — показатель адиабаты). Ордината точки 3

$$s_3 = s_0 + s_e + s_r. \quad (12.6)$$

На участке диаграммы 3—4 при открытом выпускном отверстии и отсутствии притока воздуха из сети поршень продолжает двигаться вверх за счет сил инерции.

Путь, который проходит поршень по инерции, $s_i = s - (s_e + s_r)$, или $s_i = 0,6 - 0,7s_e$.

Точка 4 диаграммы соответствует моменту, когда поршень, используя весь запас сообщенной ему энергии, останавливается и начинает двигаться вниз (падать).

Давление в точке 4 принимается

$$p_4 \approx 1, 2 \cdot 10^5; \quad (12.7)$$

$$p_4 < \left(1 + \frac{Q - R}{F} \right) 10^5.$$

Ордината точки 4

$$s_4 = s_0 + s_e + s_r + s_i. \quad (12.8)$$

Точка 5 диаграммы соответствует моменту закрытия выпускного отверстия при движении поршня вниз. Давление воздуха обычно не превышает

$$p_5 = 1 + 0,1 - 0,15 \cdot 10^5. \quad (12.9)$$

Положение поршня соответствует ординате s_3 :

$$s_5 = s_0 + s_e + s_r. \quad (12.10)$$

В точке 6 диаграммы открывается впускное отверстие, и цилиндр начинает наполняться сжатым воздухом. На участке 5—6 воздух в цилиндре сжимается, причем давление его в этот момент может быть определено так же, как и для точки 3:

$$p_6 = p_5 \left(\frac{s_0 + s_e + s_r}{s_0 + s_e} \right)^k; \quad (12.11)$$

$$s_6 = s_0 + s_e. \quad (12.12)$$

На участке 6—1 диаграммы цилиндр наполняется воздухом, давление на поршень растет и по достижении им значения p_1 начинает подниматься. Описанный цикл повторяется.

Энергия, сообщаемая поршню, при падении встряхивающего стола и его подъеме может быть определена путем анализа индикаторной диаграммы.

Так, при движении стола вниз вся энергия, сообщаемая поршню, или работа движущих сил, отнесенная к единице площади поршня, (Дж/м²):

$$A_{\text{дв}} = \frac{Q - R}{F} s,$$

и может быть выражена площадью $a - b - c - k$ на индикаторной диаграмме (рис. 12.8). Работа сил сопротивления при этом равна работе сжатого воздуха, находящегося под поршнем и оказывающего определенное противодействие. Эта работа выражается площадью $1-6-5-4-b-a$.

Энергия удара e представляет разность этих площадей, или разность площадок $F_{\text{лев}}$ и $F_{\text{прав}}$, умноженную на $\frac{K_{\Pi}}{\mu_p \mu_s}$, где K_{Π} — постоянная планиметра; μ_p и μ_s — масштабы соответственно давления и пути.

При движении стола вверх работа движущих сил равна работе сжатого воздуха и работе отражения стола e' после предшествующего удара. Работа сил сопротивления при этом (Дж/м²)

$$A_{\text{сопр}} = \frac{Q + R}{F} s$$

и может быть выражена площадью $a - b - d - l$. Работа же движущих сил выражается площадью $1-2-3-4-b-a$ на индикаторной диаграмме.

Тогда энергия отражения e' представляет разность этих площадей, или разность площадок $f_{\text{лев}}$ и $f_{\text{прав}}$, умноженную на $\frac{K_{\Pi}}{\mu_p \mu_s}$. Чаще всего $e' = 0,1 - 0,15$ энергии удара.

Основные параметры механизма определяются следующим образом. Расход сжатого воздуха за один удар встряхивания можно определить, если вычесть из объема воздуха, содержащегося в цилиндре до начала выхлопа, т. е. в точке 3 диаграммы, количество воздуха, оставшегося в цилиндре к концу выхлопа, т. е. в точке 5. В пересчете на свободный воздух расход его составит, м³

$$V = F(s_0 + s_c + s_r)(p_3 - p_5) 10^{-2}. \quad (12.13)$$

Приведенная формула дает ориентировочные результаты, так как не учитывает состояния воздуха в точках 3 и 5 диаграммы.

Производительность 1 м³ воздуха представляет энергию удара, получаемую с каждого кубического метра израсходованного воздуха (Дж/м³):

$$e_v = \frac{eF}{V}, \quad (12.14)$$

где e — энергия удара, отнесенная к единице площади поршня, Дж/м²; F — площадь поршня, м²; V — расход воздуха, м³/удар.

Величина e_v является показателем экономичности работы пневматического встряхивающего механизма.

Для существующих конструкций встряхивающих машин e_v равна $250 \cdot 10^2 - 350 \cdot 10^2$ Дж/м³.

Площадь сечения впускных и выпускных отверстий определяется объемом и скоростью проходящего через них воздуха.

При наполнении цилиндра воздухом на пути s_e объем его составляет:

$$V_{1-2} = F(s_0 + s_e)(p_2 - 1),$$

где p_2 — давление воздуха в точке 2 диаграммы, атм.

Время впуска

$$t_{\text{вп}} = \frac{s_e}{v_{\text{п}}},$$

где средняя скорость подъема поршня $v_{\text{п}}$ принимается в пределах 0,5—0,6 м/с.

Сечение впускного отверстия

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{1-2}}{v_{\text{в}} t_{\text{вп}}},$$

где $v_{\text{в}}$ — скорость прохода воздуха через впускное отверстие: $v_{\text{в}} = 15—25$ м/с.

Сечение $f_{\text{вп}}$ для небольших машин следует увеличивать на 10—20%, имея в виду загрязнение его во время эксплуатации.

Сечение выпускного отверстия подсчитывается так же, как и впускного:

$$f_{\text{вып}} = \frac{V_{3-5}}{v_{\text{в}} t_{\text{вып}}},$$

где $v_{\text{в}}$ принимают равной 10—20 м/с.

При проектировании пневматических встряхивающих механизмов формовочных машин обычно строят несколько вариантов индикаторных диаграмм и после их анализа и математической обработки выбирают тот, при котором отдача израсходованной энергии будет выше.

При снятии индикаторных диаграмм с действующих механизмов можно определить, в какой мере фактические данные сходятся с расчетными.

С помощью этих диаграмм можно также выявлять эксплуатационные недостатки в воздухораспределительной системе механизма, например такие, как засорение впускных и выпускных отверстий для воздуха, нарушение работы воздухораспределительной аппаратуры, степень износа поршневой пары и др.

12.4. Конструктивные схемы встряхивающих литейных формовочных машин

Индексация отечественных встряхивающих формовочных машин ранее обозначалась тремя цифрами: 2 — группа оборудования (формовочные и стержневые машины); 3, 5, 6, 7 — типы формовочных встряхивающих машин; 1—9 — размеры и конструктивные особенности машины.

Так, машины без поворота полуформы и допрессовки со штифтовым съемом обозначались — мод. 242, 243;

без поворота полуформы с допрессовкой — мод. 271;

без поворота полуформы с допрессовкой и рамочным съемом полуформ — мод. 265, 265М, 2М265, 266, 267, 268.

Буква М, стоящая в начале или в конце индекса, указывает на то, что конструкции этих машин подвергались модернизации; 2М — дважды модернизированная.

Машины с поворотом полуформы, допрессовкой и поворотным столом — мод. 253М, 254М, 255.

С поворотом полуформы, без допрессовки, с перекидным столом и вытяжным механизмом — мод. 231, 232, 233, 234М, 235, 236 и 237, а также машины с поворотным столом и откатной тележкой (специальные) — мод. 845, 846 и 847.

Большинство перечисленных марок машин постепенно будет снято с производства и заменено новыми моделями (табл. 12. 1).

Табл. 12.1. Встряхивающие формовочные машины

Наименование машины	Мо- дель	Размеры опок в свету, мм	Высота опок, мм	Наиболь- шая произ- водитель- ность, по- луформ/ч
Машина формовочная пневматическая встряхивающе-прессовая без поворота полуформы	22111	500×400	200	145
То же	22112	600×500	200	110
»	22113	800×700	300	130
»	22114	1000×800	350	125
»	22115	1200×1000	400	100
Машина формовочная пневматическая встряхивающе-прессовая с поворотом полуформы	22211	500×400	200	130
То же	22212	600×500	250	120
»	22213	800×700	300	100
»	22214А	1000×800	350	90
Машина формовочная пневмогидравлическая встряхивающе-прессовая с поворотом полуформы	22411	1200×1000	250—500	50
То же	22412	1600×1200	300—600	20
»	22413	2000×1600	350—700	15
»	22414	2500×2000	400—800	8

Примечание. Новую индексацию литейных машин см. в § 2.5.

Формовочный полуавтомат мод. 91271 (рис. 12.9) предназначен для формовки в мелких опоках (400×500×200 мм).

Цифра 9 обозначает, что машина автоматическая, 1 — однопозиционная, 271 — индекс базовой модели машины.

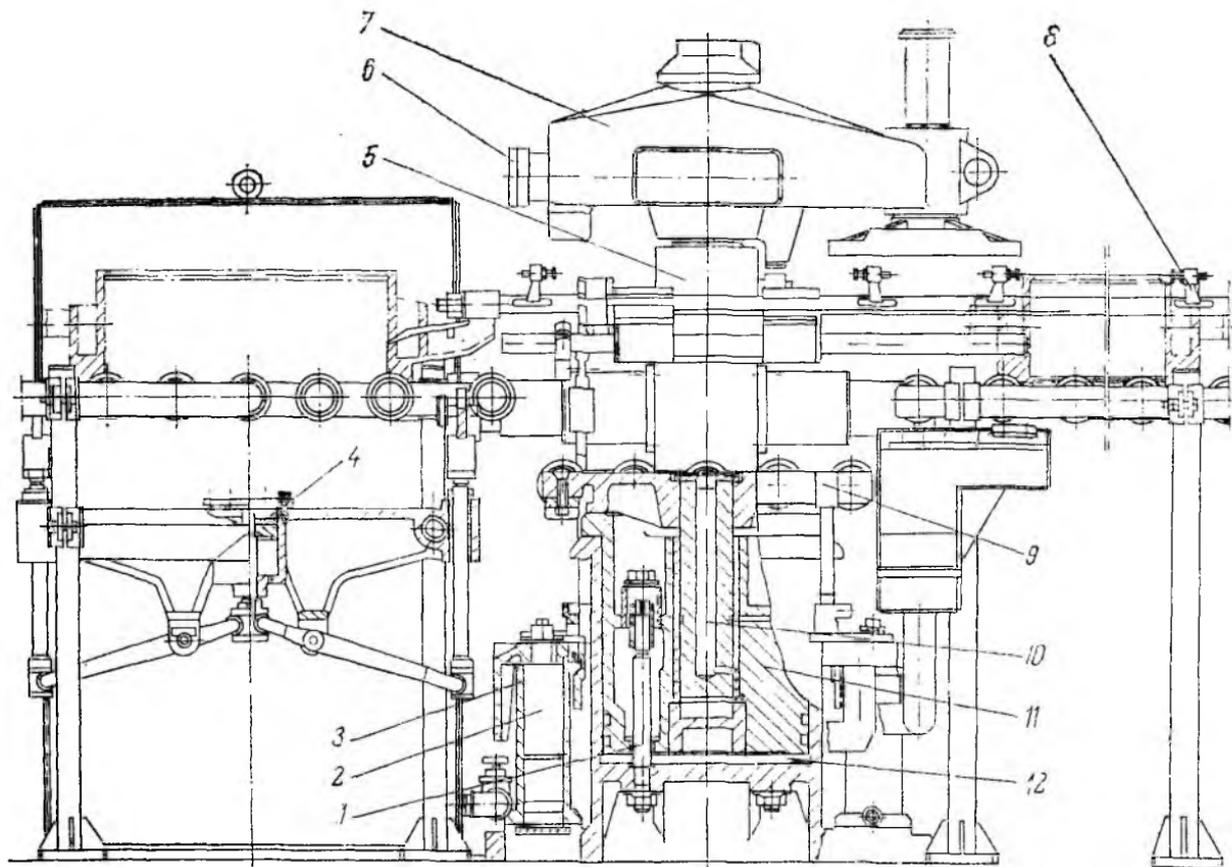


Рис. 12.9. Формовочный полуавтомат мод. 91271

Машина состоит из встряхивающего 2 и прессующего 3 механизмов, а также из механизма 7 подъема опоки, заключенных в одной станции.

Прессовый цилиндр 4 занимает центральную часть станции. В его дно вставлены два штоля 5, ограничивающие подъем пресового поршня, который одновременно служит цилиндром для встряхивающего поршня. В верхней части колонны 9, прикрепленной к станции, размещается прессовая траверса 11, которая поворачивается на оси при помощи специального пневматического цилиндра 10 со штоком-рейкой.

Вытяжной механизм состоит из двух цилиндров, прикрепленных к станции. В цилиндрах перемещаются поршни 6, к штокам которых привернуты поперечины. На поперечинах установлены штифты с кромочными рольгангами 1. При помощи вытяжного механизма производится также установка опоки на модель. В машине имеется механизм передвижения опок 12, а также устройство 8 для облегчения поворота готовой полуформы перед выдачей ее на сборку.

Максимальная производительность машины — 100—120 съемов в час, максимальная грузоподъемность встряхивания — 1,5 кН (150 кгс), сила прессования — 60 кН (6000 кгс).

На рис. 12.10 приведена схема управления такой машиной. Включение и выключение пневмоцилиндров Ц1, Ц2, Ц3 и Ц4 осуществляется в соответствии с циклограммой (рис. 12.10, б) главными воздухораспределителями Р1, Р2, Р3 и Р4, которые в свою очередь управляются вспомогательными воздухораспределителями РВ1, РВ2, РВ3 и РВ4.

Работает машина следующим образом (рис. 12.10, а). Устанавливая рукоятку воздухораспределителя РВ1 в положение II, направляем воздух в распределитель Р1 для перемещения его золотника. При этом воздух из сети начнет поступать в штоковые полости цилиндров Ц1, и рольганг 1 с опокой опустится на модельную плиту. Затем, после заполнения опоки смесью, воздействуя таким же образом на распределители РВ2 и Р2, включается цилиндр Ц2 встряхивающего стола 2. Начинается встряхивание. После определенного числа ударов переводят распределитель РВ2 в исходное положение. Встряхивание прекращается, так как распределитель Р2 перекрывает поступление воздуха во встряхивающий механизм.

Далее производят подпрессовку формы, для чего сначала через распределители РВ3 и Р3 направляют воздух из сети в нештоковую полость цилиндра Ц4 (штоковую полость соединяют с атмосферой) и тем самым устанавливают прессовую траверсу 4 над столом машины. Затем с помощью распределителей РВ4 и Р4 включают в работу прессовый цилиндр Ц3 и производят прессование.

По окончании прессования, воздействуя на соответствующие воздухораспределители РВ, опускают поршень 3 в исходное положение, отводят прессовую траверсу Ц4, поднимают рольганги Ц1—

производят отделение модели, а затем выкатывают готовую полуформу из машины на очередную позицию.

Управляет машиной оператор. В последних моделях этой машины (91271БМ) продолжительность циклов встряхивания и прессования регулируется реле времени, расположенным в шкафу управления.

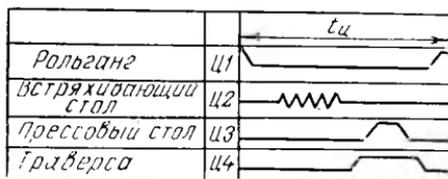
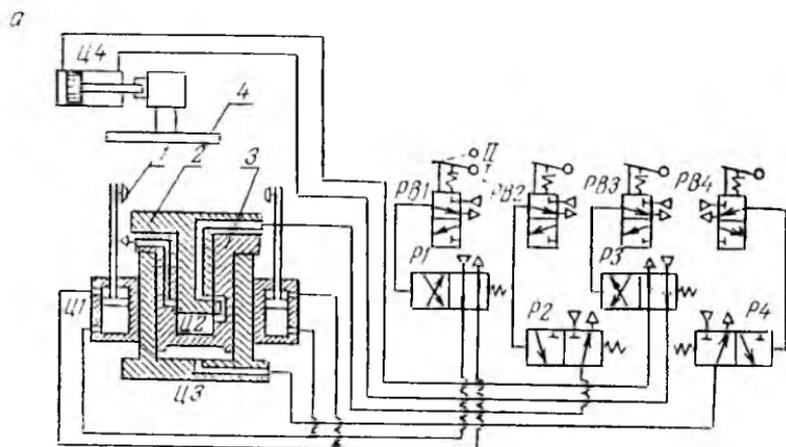


Рис. 12.10. Схема управления формовочным полуавтоматом мод. 91271

На базе машины мод. 91271 созданы и работают автоматические формовочные линии.

Формовочные машины мод. 2М265 (рис. 12.11) предназначены для изготовления полуформ в опоках размером 800×700×300 мм и состоят из литой станины, в центре которой расположен прессовый цилиндр 6 с поршнем 5. Прессовый поршень служит одновременно и цилиндром для встряхивающего поршня 4, отлитого заодно с рабочим столом, к которому снизу прикреплены два вибратора 3, включаемые при протяжке модели, а также для интенсификации процесса уплотнения смеси.

К верхней плоскости станины прикреплены четыре цилиндра 1, служащие для подъема и опускания протяжной рамы, к которой прикреплены механизмы 2 подъема кромочного рольганга.

Машина снабжена счетчиком ударов, прекращающим встряхивание при достижении заданного числа ударных циклов 7, а также обдувочным соплом 8.

Управление машиной осуществляется с пульта, на котором расположены необходимые аппараты (воздухораспределитель 11 и 10) и приборы 9.

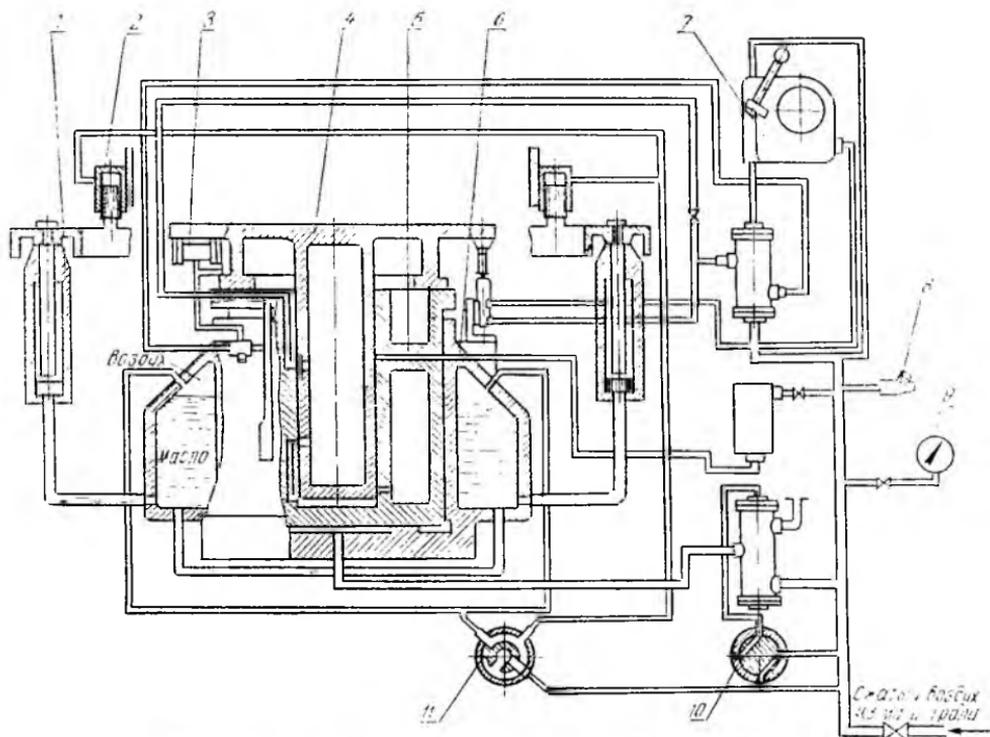


Рис. 12.11. Схема встряхивающей формовочной машины мод. 2М265

Работает машина следующим образом. После установки опоки на модельную плиту и заполнения ее смесью производят уплотнение встряхиванием путем подачи сжатого воздуха под встряхивающий поршень. Затем осуществляется подпрессовка, для чего воздух подается под прессовый поршень. Протяжка модели производится с помощью протяжной рамы, опускаемой и поднимаемой гидроцилиндрами. Давление масла в этих цилиндрах создается сжатым воздухом.

На базе этой машины созданы и работают автоматизированные формовочные блоки (мод. АЛ91265С), из которых komponуются автоматизированные формовочные линии.

Такие блоки предназначены для изготовления литейных форм сложных отливок в условиях мелкосерийного производства с применением облицовочных и наполнительных смесей.

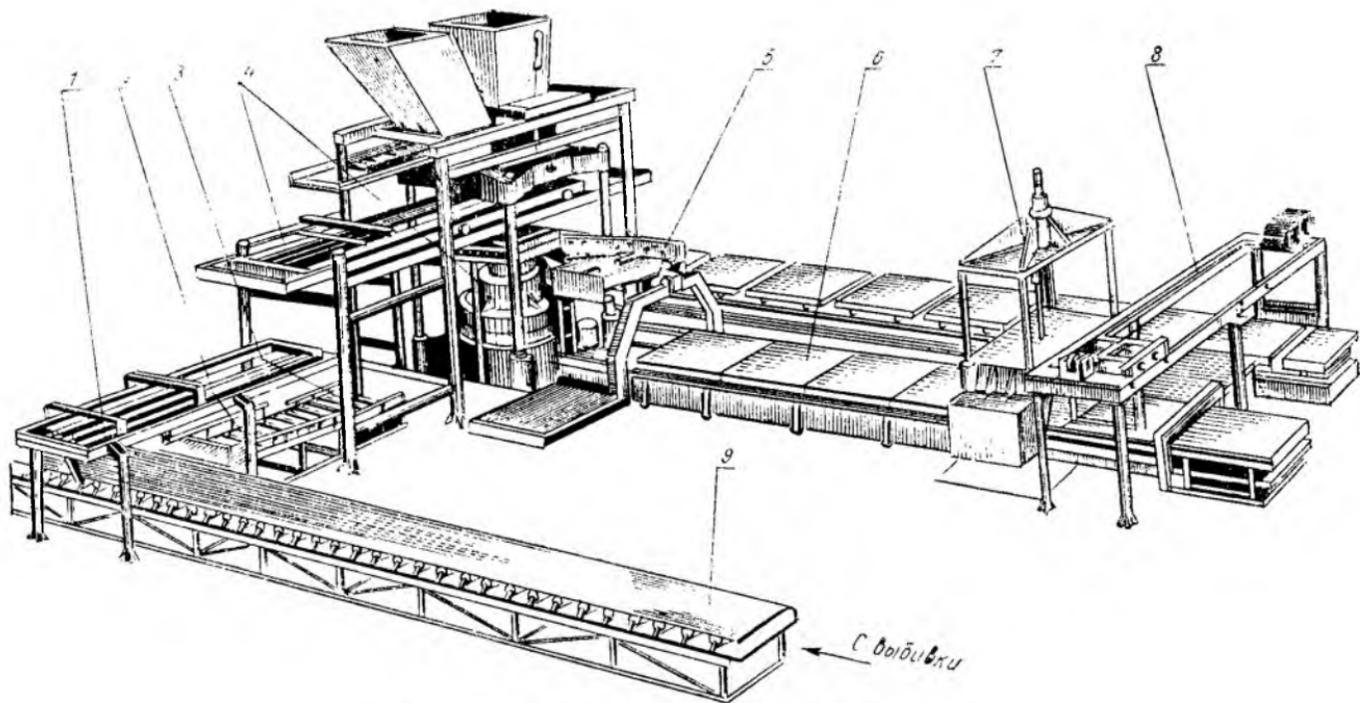


Рис. 12.12. Формовочный блок мод. АЛ91265С

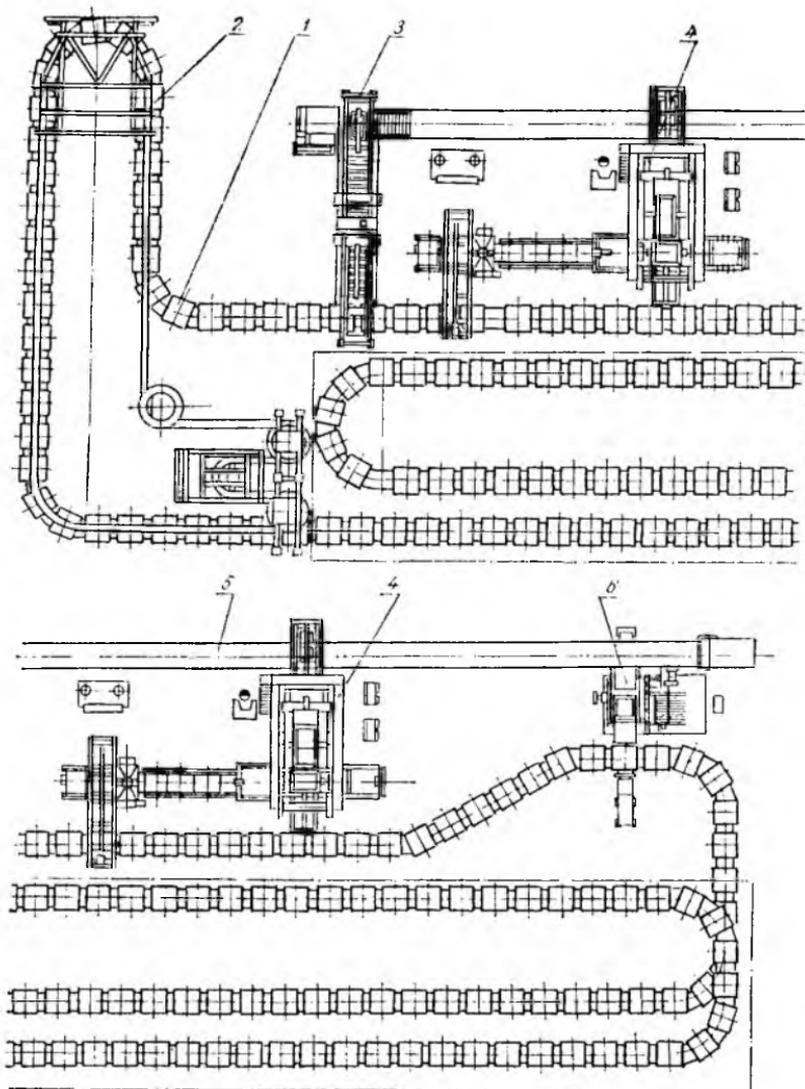


Рис. 12.13. Автоматизированная формовочно-литейная линия мод. 8Л91265СМ

В состав блока (рис. 12.12) входят следующие узлы: стаскиватель пустых опок 1, рольганг подачи пустых опок 2, подъемный стол 3, автоматическая формовочная машина 4 мод. 91265С, шаговый транспортер 6, механизм сборки форм 7, механизм выдачи форм на литейный конвейер 8.

Пустые опоки передаются стаскивателем с транспортера 9, идущего от установки выбивки, на рольганг подачи. По рольгангу опоки поступают на подъемный стол, попеременно подающий их

(сначала опоку верха, затем опоку низа) в формовочную машину. Уплотнение смеси в опоке осуществляется встряхиванием с последующей допрессовкой. Формовка производится попеременно по двум подмодельным плитам на одной машине. В то время как одна плита (например, плита низа) поступает на позицию формовки, другая поступает на позицию вытяжки 5, где кантуется вместе с полуформой, после чего производится вытяжка.

Полуформы верха и низа (рабочим ладом вверх) перемещаются по шаговому транспортеру (простановка стержней, отделка форм), доставляющему их в механизм сборки форм.

В формовочном блоке предусмотрена возможность быстрой смены подмодельных плит, что увеличивает его мобильность. Производительность блока — 40—50 форм в час.

Комплексная автоматизированная линия мод. 8Л91265СМ (рис. 12.13) используется в литейных цехах с мелкосерийным и серийным характером производства. В состав линии входят два, три и более формовочных блоков (в зависимости от требуемой производительности).

Поступающие по роликовому конвейеру 5 выбитые опоки поочередно вводятся в формовочный блок 4, где производится весь цикл операций, описанный выше.

Собранные формы попадают в зону действия механизма передачи форм, который передаст их на литейный конвейер 1. Перед заливкой форм специальным подвесным конвейером 2 на них накладываются грузы. Залитые и охлажденные формы сталкиваются с литейного конвейера на выбивную установку 6, с которой пустые опоки поступают на роликовый конвейер 5. Роликовый конвейер перемещает спаренные опоки к формовочным блокам, одновременно являясь и накопителем опок.

Неиспользованные пустые опоки перемещаются к установке возврата 3, которая передаст их на свободные тележки литейного конвейера.

Формовочная машина мод. 253М (рис. 12.14) предназначена для уплотнения нижних полуформ в опоках $600 \times 500 \times 250$ мм. Она представляет станцию 1, в которую вмонтирован механизм уплотнения 4, состоящий из встряхивающего поршня, отлитого вместе со столом, и прессового поршня, служащего одновременно цилиндром для поршня встряхивающего стола.

К станции на двух стойках 3 и 8 крепится поворотный механизм, состоящий из поворотного стола 2, серьги 12, рычага 11 и пневмоцилиндра 10. Стол поворачивается на 180° на цапфах, опирающихся на сухари, смонтированные в головках стоек.

Для приема заформованной опоки в машине предусмотрены рольганги 14, а для удаления излишков смеси по окончании встряхивания — скребок, приводимый в движение пневмоцилиндром 13.

Внутри поворотного стола вмонтированы пневматические зажимы 7 для закрепления опоки при повороте. Управление машиной осуществляется с пульта 9, на котором расположены приборы и аппараты воздухораспределения.

Работает машина следующим образом. На поворотный стол с подмодельной и модельной плитами устанавливают опоку и заполняют ее смесью. Под прессовый и встряхивающий поршень подают сжатый воздух — начинается встряхивание на воздушной подушке, продолжительность которого регулируется пневматическим реле времени. После встряхивания стол механизма уплотнения 4 опускается, скребок 5 сгребает излишек смеси с верха полу-

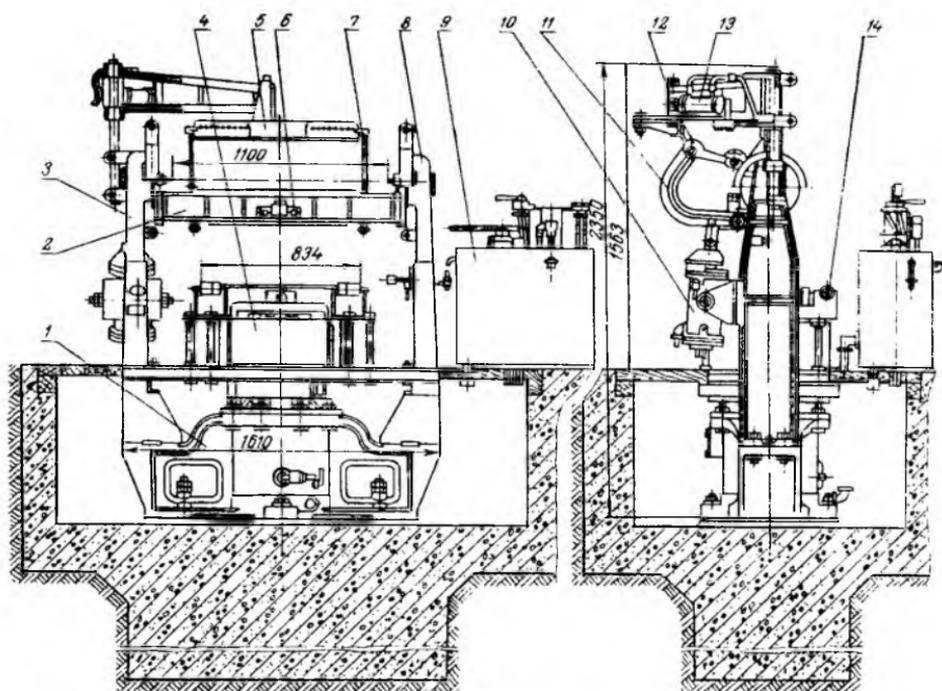


Рис. 12.14. Формовочная машина с поворотным столом мод. 253М

формы, оставляя слой ее на допрессовку. На опоку накладывают подпочный щиток и закрепляют его пневмозажимами 7. Затем производят поворот стола 2 на 180° и включают механизм прессования. В период прессования происходит автоматическое раскрытие пневмозажимов и включение вибраторов 6.

По окончании прессования пресс-поршень вместе со встряхивающим столом и опокой опускается вниз. Происходит вытяжка модели. Далее готовая полуформа ложится на рольганг, откуда перемещается на позицию укладки стержней и сборки.

Формовочные машины мод. 253М и 254М обычно устанавливают в паре с формовочными машинами, приспособленными для изготовления верхних полуформ, например мод. 2М265. Чаще всего их используют в литейных цехах с мелкосерийным характером производства.

Встряхивающая формовочная машина мод. 235С без допрессовки с перекидным столом (рис. 12.15) предназначена для изготовления литейных полуформ, требующих глубокой вытяжки, в опоках размером $2000 \times 1600 \times 700$ мм.

Машина состоит из механизма встряхивания 1, механизма поворота 6 и вытяжного 7, установленных на общем фундаменте.

Уплотнение формовочной смеси осуществляется встряхиванием с последующей подтрамбовкой верхних слоев.

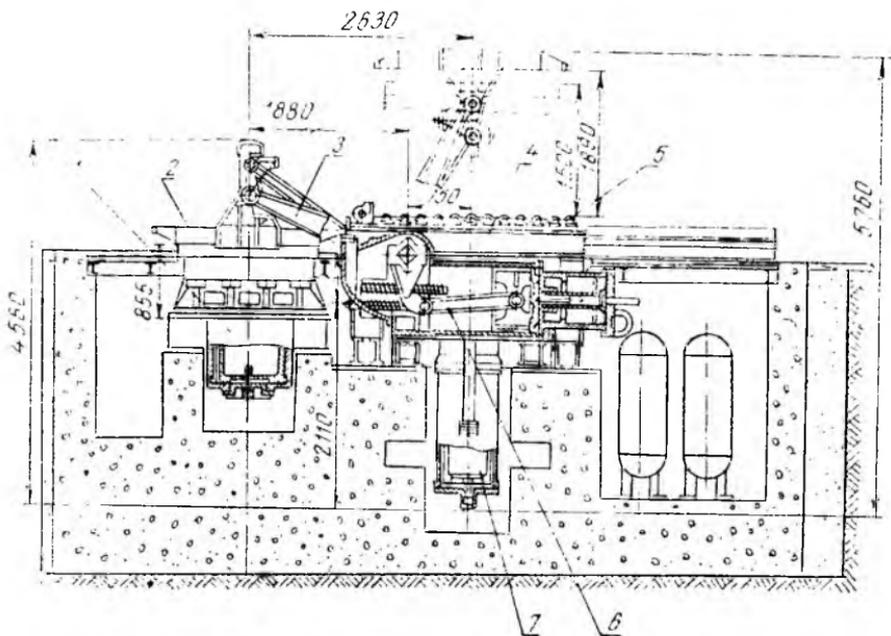


Рис. 12.15. Формовочная машина с перекидным столом мод. 235С.

Опока устанавливается на модельную плиту, укрепленную на перекидном столе 2, и наполняется смесью. После встряхивания на нее накладывается и закрепляется подопочный щиток, а затем с помощью рычагов 3 механизма поворота полуформа вместе со столом переворачивается и устанавливается над приемным столом 4 вытяжного механизма.

Поднимаясь до встречи с полуформой, приемный стол принимает ее на балки пивелирующего механизма, после чего происходит опускание стола и одновременное отделение формы от модели.

Затем полуформа опускается на рольганг 5 и сталкивается пневмоцилиндром на позицию установки стержней и сборки формы.

Встряхивающий механизм машины не имеет амортизации ударов. Воздухораспределение осуществляется при помощи двухседельного перекидного клапана.

Механизм поворота перекидного стола состоит из горизонтального цилиндра одностороннего действия. Для поворота в бесштоковую полость цилиндра подается масло, а для возврата в исходное положение служат пружины, которые были сжаты при прямом ходе.

Производительность машины ~ 15 полуформ/ч. Используется при мелкосерийном и индивидуальном характере производства отливок.

Встряхивающе-прессовая формовочная машина фирмы «Кюнкель Вагнер» (ФРГ) (рис. 12.16) предназначена для уплотнения полуформ в опоках размером $750 \times 750 \times 150$ мм. Производительность ее при работе в автоматическом режиме — 150 полуформ/ч. Машина челночного типа имеет три позиции: две (I и III) предназначены для уплотнения смеси и одна (II) для заполнения опоки смесью и извлечения модели из формы.

Позиция уплотнения состоит из верхней 6 и нижней 2 траверсы, соединенных между собой четырьмя колоннами 5. В нижнюю траверсу встроены встряхивающе-прессовый механизм 1, а в верхней размещена многоплунжерная прессовая колодка 7 (см. § 11.3).

Позиция заполнения опоки и протяжки модели представляет подъемно-опускное устройство 8, при помощи которого опока опускается на модельную плиту, а затем на опоку опускаются наполнительная рамка и дозатор 9. Этим же устройством производится подъем заформованной опоки и извлечение модели из формы.

Работает машина автоматически, совершая челночные движения модели с опокой 4 на тележке 3. Так, в то время, когда на позиции II происходит протяжка модели и выдача готовой полуформы, а затем установка очередной опоки и наполнение ее смесью, на позиции I производится уплотнение полуформы.

При следующем цикле заполненная опока на модельной плите передается с позиции II на позицию III для уплотнения, а полуформа с позиции I поступает на позицию II для протяжки модели и т. д.

Для сокращения внецикловых потерь времени (на переналадку машины) и повышения степени мобильности (см. § 1.1) машина снабжена системой циркуляции моделей 10, позволяющей производить их замену без остановки ее в процессе работы.

С этой же целью встряхивающе-прессовый механизм устроен так, что позволяет в зависимости от особенностей формы осуществлять один из четырех режимов уплотнения: 1) встряхивание с последующим прессованием; 2) встряхивание с одновременным прессованием; 3) предварительное встряхивание с последующим одновременным встряхиванием и прессованием; 4) только прессование (без встряхивания).

Машина встраивается в автоматическую формовочную линию и является ее главным узлом.

На рис. 12.17 приведена схема встряхивающе-прессового механизма, основными элементами которого являются: стол 1 с поршнем 3, ударный поршень 4, пружина 6, опирающаяся вверху на

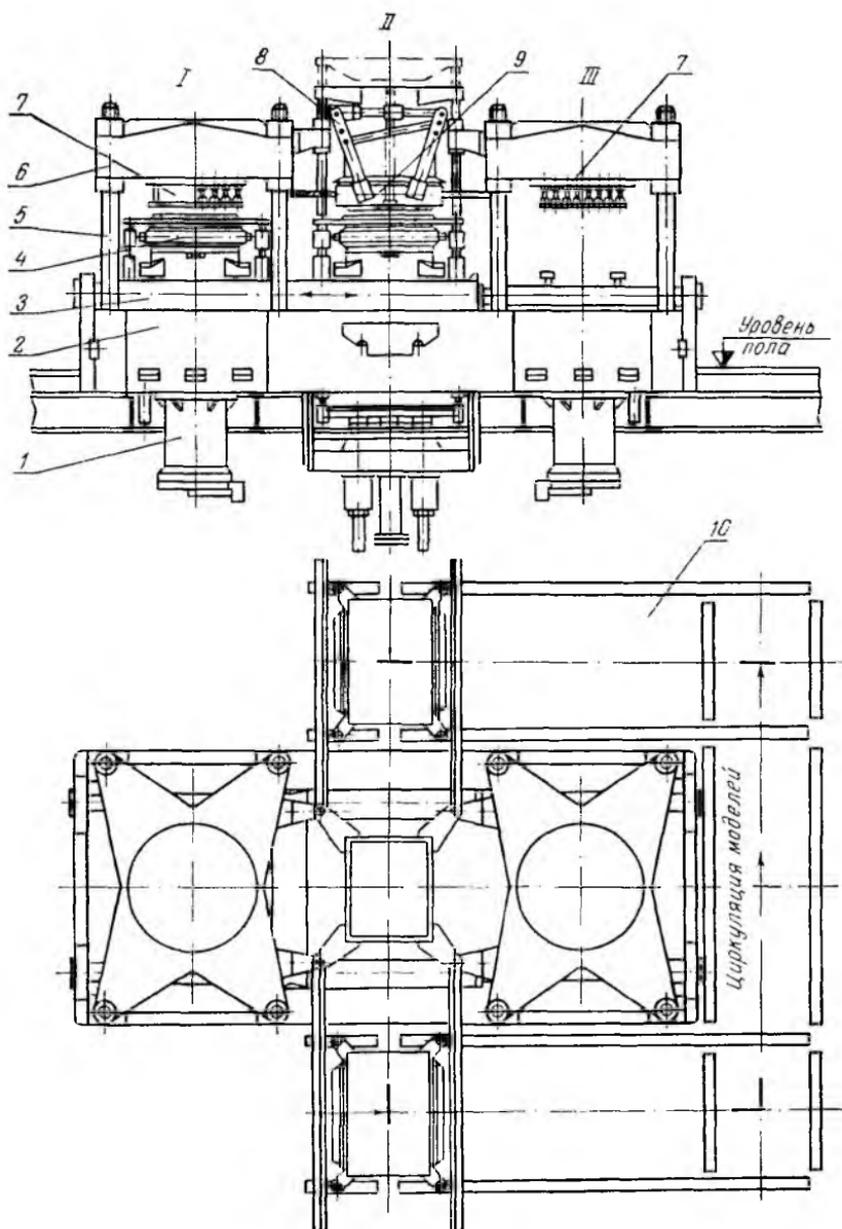


Рис. 12.16. Встряхивающе-прессовый формовочный автомат фирмы «Кюнкель Вагнер» (ФРГ)

фигурный фланец 5, а внизу на вспомогательный поршень 9, прессовый механизм, состоящий из двух поршней 10 и 12 и станины 11.

Работает механизм в режиме безударного встряхивания. Сжатый воздух по каналу 2 подается под вспомогательный поршень 9,

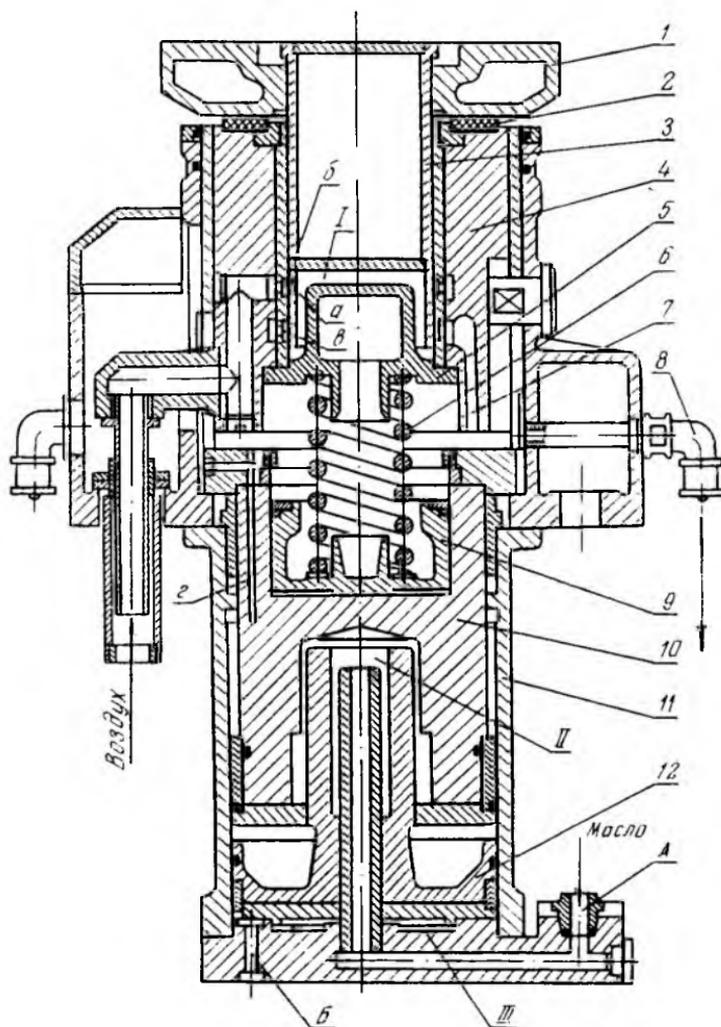


Рис. 12.17. Встряхивающе-прессовый механизм

который через пружину 6 поднимает ударный поршень 4, а затем и стол 1 на некоторую высоту. Одновременно воздух поступает через впускные окна а и б в полость I цилиндра, перемещая встряхивающий стол вверх, отжимая вниз фигурный фланец 5. Одновременно с фланцем опускается под собственным весом и ударный поршень. Когда откроются выпускные окна в, сжатый воздух из

полости 1 цилиндра уйдет по каналу 7 и трубопроводу 8 в атмосферу. Стол машины, падая, соударяется с ударным поршнем, движущимся вверх под действием сжатой пружины. Удар по столу происходит через упругую прокладку 2.

При работе механизма в режиме одновременного встряхивания и прессования в поршневую полость 11 по каналу *a* подается масло давлением $\sim 50 \cdot 10^5$ Па (50 кгс/см²). При этом прессовый поршень 10, а вместе с ним и встряхивающий стол машины поднимаются, производя прессование смеси в опоке. Затем масло подается по каналу *b* под поршень 12 и вся система вместе со столом поднимается дальше вверх, производя дополнительное прессование и одновременное встряхивание.

Встряхивание происходит при неподвижном столе в результате возвратно-поступательных движений ударного поршня 4, осуществляемых за счет энергии сжатого воздуха и энергии, накапливаемой пружиной 6.

Жесткость и частота ударов играют немаловажную роль в процессе уплотнения формы встряхиванием. Жесткость удара *C* (Н/м) определяется жесткостью упругой прокладки между столом и ударным поршнем машины:

$$C = \frac{EF}{h},$$

где *E* — модуль упругости материала прокладки, Па; *F* — площадь прокладки, м²; *h* — высота прокладки, м.

Частоту ударов определяет скорость движения ударного поршня, особенно в момент встречи его со столом машины. Для получения необходимой плотности формы число ударов обычно составляет 10—20.

Весь цикл операций по изготовлению литейных форм при помощи рассмотренных автоматов, а также по дальнейшей заливке, охлаждению и выбивке их осуществляется на автоматической формовочной линии, схема которой представлена на рис. 12.18.

Выбитые опоки после охлаждения формы разделяются в распаровщике и, пройдя установку для очистки, поступают в формовочный автомат. В линии установлен один формовочный автомат, на котором поочередно изготавливаются нижние и верхние полуформы.

Выйдя из автомата, готовые полуформы переворачиваются на 180° (кантуются) и передаются на шаговый конвейер, где их осматривают и устанавливают стержни. Затем верхняя полуформа вторично кантуется, после чего производится сборка формы и установка ее на литейный конвейер с пульсирующим движением.

По конвейеру формы поступают на участок заливки, где на них предварительно устанавливаются специальные грузы. Через некоторый промежуток времени залитые формы автоматически освобождаются от грузов, однако охлаждение их продолжается. Для интенсификации охлаждения форм, а также для уменьшения длины литейного конвейера и сокращения числа опок на линии преду-

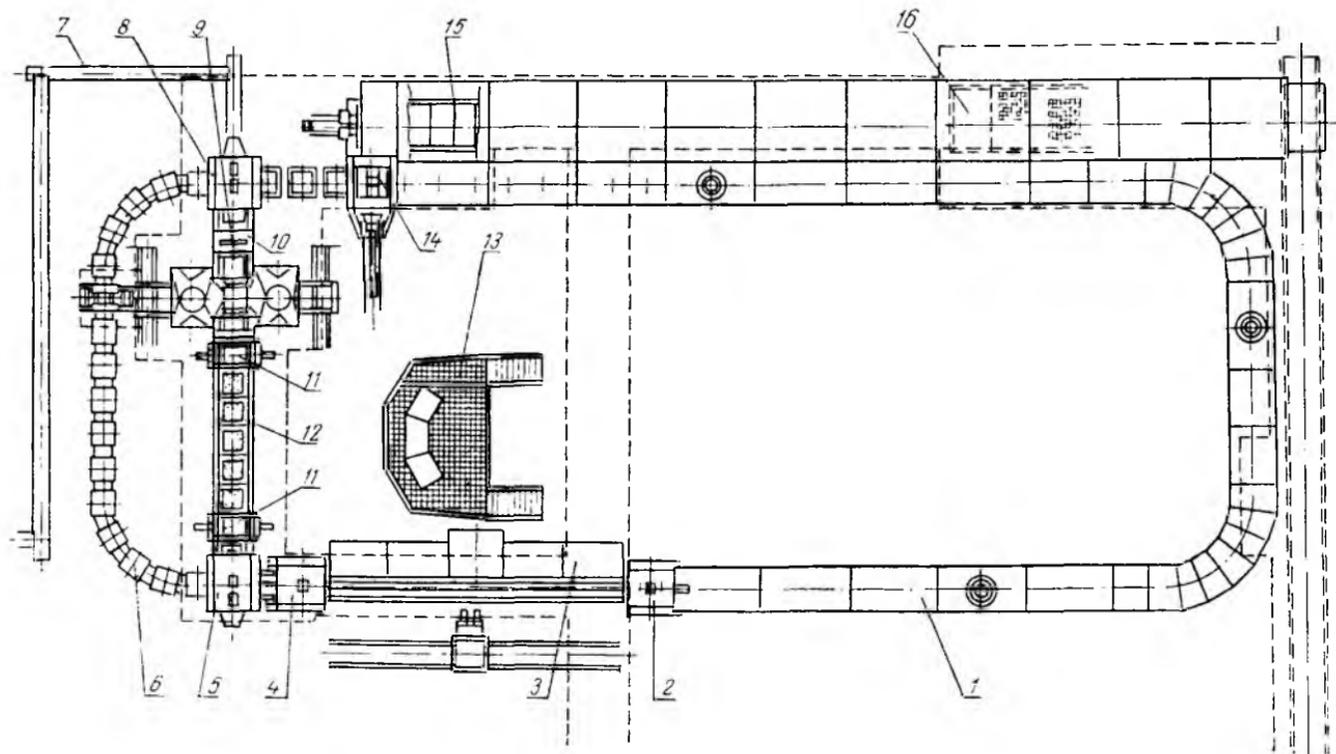


Рис. 12.18. Автоматизированная формовочная линия фирмы «Кюнкель Вагнер» (ФРГ):

1 — охладительная ветвь конвейера; 2 — съемник грузов; 3 — заливочный участок; 4 — укладчик грузов; 5 — спариватель полуформ; 6 — тележный пульсирующий конвейер; 7 — ленточные конвейеры для уборки просыпи смеси; 8 — распаровщик; 9 — формовочный автомат; 10 — устройство для очистки опок; 11 — кантователь; 12 — участок простановки стержней; 13 — площадка с пультом управления; 14 — установка для выдавливания кома из опок; 15 — участок для охлаждения кома; 16 — вибрационная решетка для отделения смеси от отливок

смотрено выдавливание еще не полностью остывшего кома из опоки и дополнительное его охлаждение до разделения отливки и смеси.

12.5. Стабилизация плотности набивки форм

Получение литейных форм с оптимальной плотностью смеси является одним из важнейших требований, предъявляемых к современным встряхивающим машинам.

Плотность формы зависит от числа ударов встряхивающего поршня, высоты подъема стола, жесткости фундамента, массы модельной опалочки и формовочной смеси, постоянства давления воздуха в сети, зернистости песча, количества и типа связующих веществ в составе формовочной смеси, высоты опоки, конфигурации модели и др.

Мерилом уплотняющего воздействия на форму при встряхивании можно считать удельную работу пластической деформации уплотнения см. § 12.1).

Обычно количество ударов, необходимое для уплотнения смеси, выбирается опытным путем и не всегда приводит к рациональному использованию возможностей оборудования.

Встряхивающие формовочные машины должны иметь устройство, которое регулировало бы процесс уплотнения, т. е. останавливало бы машину при накоплении уплотняемой формой определенного количества энергии.

Стабилизация степени уплотнения форм имеет особенно большое значение в крупносерийном и массовом производстве. В этих условиях непосредственное регулирование плотности формы при помощи автоматических устройств не только обеспечивает стабильно высокое качество форм, но и дает значительную экономию машинного времени, а следовательно, обеспечивает повышение производительности труда.

Методы автоматического регулирования плотности набивки форм можно разделить на прямые и косвенные.

Первые основаны на контроле плотности смеси в процессе уплотнения формы, вторые — на учете изменения различных факторов, связанных с плотностью набивки.

Для регулирования плотности формы предложены различные схемы авторегуляторов. Наиболее известные из них основаны на определении плотности: а) по количеству ударов (счетчики ударов); б) по времени встряхивания (гидравлический клапан истечения, реле времени и др.); в) по сопротивлению, оказываемому уплотненной смесью вращающимся в ней плужкам; г) по постоянству работы, выполняемой механизмом; д) по количеству работы, затраченной на уплотнение; е) по величине электросопротивления смеси в процессе ее уплотнения; ж) по величине электродвижущей силы, возникающей между двумя электродами, соприкасающимися с уплотняемой смесью.

Счетчики ударов серийно выпускаются нашей промышленностью

и представляют диск с храповым устройством, проворачивающимся при каждом ударе встряхивающего стола на один зуб. После поворота на заранее установленный угол, соответствующий определенному числу ударов, механизм автоматически прекращает встряхивание.

Для стабилизации плотности набивки применяются также различные реле, выключающие встряхивание через заданный промежуток времени.

Наиболее перспективными являются стабилизаторы, основанные на прямых методах измерения плотности и регулирования с использованием возможностей электроники.

12.6. Фундаменты формовочных машин

Фундаменты служат для восприятия статических и динамических нагрузок, создаваемых при работе машины, с целью обеспечения сохранности самих машин и предотвращения передачи этих нагрузок и колебаний строительным конструкциям цеха и оборудования.

При сооружении фундамента под формовочную машину следует учитывать величину и характер создаваемых ею нагрузок, которые определяют удельное давление, передаваемое на грунт.

В зависимости от местных условий допускаемые удельные давления на грунт p могут колебаться от 0,05—0,3 МПа. Так, для песчаных слежавшихся грунтов $p=0,2—0,25$ МПа, а для насыпных (разрыхленных) $p=0,05$ МПа.

Глубина заложения фундамента определяется в зависимости от глубины близлежащих фундаментов под строительные конструкции или оборудование цеха и выбирается с таким расчетом, чтобы часть подошвы сооружаемого фундамента не была посажена на насыпной грунт. Учитывается также глубина промерзания грунта (для наружных фундаментов) и уровень грунтовых вод.

Выполнение указанных требований обеспечивает устойчивость фундамента и исключает перекосы, которые могут появиться вследствие разнородности грунтов под его подошвой.

Нагрузки, передаваемые на фундамент, зависят от типа машины, их габаритов и веса, а также от степени амортизации ударов и вибраций в самих машинах. Так, наименьшие нагрузки передаются на грунт фундаментами прессовых и пескодувных машин. В этом случае при работе машины силовое замыкание происходит внутри ее, а фундамент испытывает главным образом статические нагрузки, равные весу машины с полезной нагрузкой. Давление на грунт при этом соответствует общей нагрузке и весу фундамента.

Более сложные нагрузки передаются на грунт фундаментами встряхивающих машин. Эти фундаменты испытывают, кроме статических, динамические нагрузки, поэтому их сооружают из армированного бетона высокой прочности.

Вес фундамента должен быть таким, чтобы в процессе работы машины создаваемые ею колебания не передавались строительным

конструкциям или другим агрегатам, расположенным вблизи нее, а не опирались самим фундаментом.

Вес (сила тяжести) фундамента в большой мере зависит от силы тяжести самой машины. Так, для встряхивающих машин без амортизации ударов, если они устанавливаются на первом этаже цеха, $\frac{G_{\text{ф}}}{G_{\text{м}}}$ обычно составляет 4—6, а для машин, устанавливаемых на втором этаже, фундаменты которых пронизывают весь первый этаж до грунта, $\frac{G_{\text{ф}}}{G_{\text{м}}} \approx 12—16$, где $G_{\text{ф}}$ — сила тяжести бетонного фундамента; $G_{\text{м}}$ — сила тяжести формовочной машины.

Такие фундаменты весьма громоздки и занимают много площади на первом этаже цеха. Поэтому в последние годы начинают получать распространение виброизолированные фундаменты, расположенные на междуэтажном перекрытии.

Форма фундамента может быть столбчатая или ступенчатая.

В случае устройства виброизолированных фундаментов между ними и основанием устанавливается виброизолирующий элемент.

В фундаментах под крупные встряхивающие машины виброизолирующим элементом могут быть деревянные брусья, металлические пластины и другие предметы, укладываемые в несколько рядов. Однако эта виброизоляция является недостаточной, так как упомянутые материалы обладают слабыми упругими свойствами. Эффективно в качестве виброизолирующего элемента применять стальные пружины в комбинации с демпферами или гасителями колебаний как сухого, так и вязкого трения.

При установке машины на перекрытии первого этажа под ней устанавливается особый виброизолятор — ловитель ударов (рис. 12.19).

Благодаря сравнительно малой массе ловителя ударов более компактны, чем виброизолированные фундаменты.

Фундаментные болты служат для крепления машины к фундаменту. Они могут быть заливными и анкерными. Глухие заливные

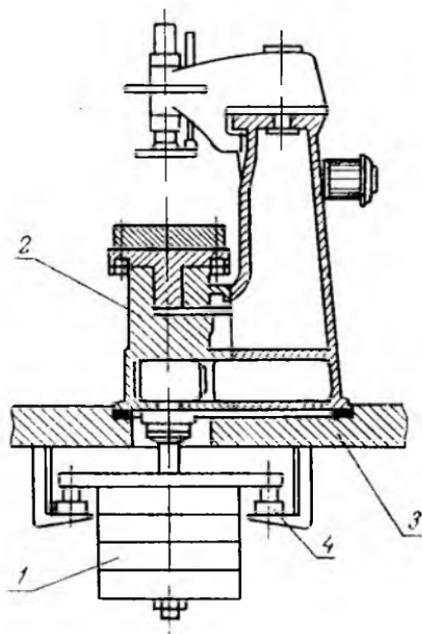


Рис. 12.19. Фундамент с ловителем ударов:

1 — груз; 2 — формовочная машина; 3 — междуэтажное перекрытие; 4 — виброизолирующий элемент

болты закладываются в фундамент при его сооружении и применяются в основном в неответственных конструкциях. Анкерные болты устанавливаются после изготовления фундамента, в котором делаются специальные колодцы с плитами. Фундаментный болт закладывается в колодец и поворотом на 90° фиксируется в плите.

Установку машины на фундамент производят в следующем порядке: а) устанавливают машину на призматических подкладках, выверяя горизонтальность ее стола по ватерпасу; б) поднимают машину на 150 мм выше уровня подкладок и подливают цементный раствор; в) опускают машину и удаляют выдавленный излишек раствора; после первоначального схватывания цементного раствора поднимают машину, укладывают деревянную подушку или другой виброизолятор; г) опускают машину на место, окончательно выверяют и закрепляют болтами на фундаменте.

Глава 13. ПЕСКОДУВНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ МАШИНЫ

13.1. Уплотнение формовочных и стержневых смесей пескодувным методом

При уплотнении смеси пескодувным способом сжатый воздух, поступая в резервуар 4 пескодувной машины (рис. 13.1, а), давит на формовочную или стержневую смесь, протекает через ее поры и увлекает за собой отдельные частицы. Вылетая из резервуара через вдувные отверстия 3, частицы смеси заполняют полость опоки или стержневого ящика 2, прижимаясь друг к другу силой воздушного потока. Отработанный воздух выходит из ящика через специальные вентиляционные отверстия 1.

Таким образом, сжатый воздух производит одновременно две операции: а) транспортирование смеси из рабочего резервуара в полость стержневого ящика или опоки; б) уплотнение смеси в объеме указанной оснастки.

Уплотнение смеси надувом происходит как за счет кинетической энергии пневмопесчаной струи, так и за счет перепада давления, возникающего при фильтрации воздуха, проходящего через неподвижный слой смеси в опоке или стержневом ящике.

Так как процесс надува весьма кратковременен, то оба фактора, вызывающие уплотнение смеси, действуют практически одновременно, изменяется только их соотношение в течение процесса.

При проектировании пескодувных машин важно правильно выбрать тип рабочего резервуара и его размеры, определить оптимальное живое сечение вдувных отверстий и их количество, обеспечить хорошую вентиляцию ящика, способствующую равномерно уплотнению смеси.

Воздух из ящика выходит через вентиляционные отверстия — венты, а смесь занимает его полость. Если воздух не будет вытеснен из ящика в определенное время и в данном направлении,

то неизбежно образование неуплотненных участков в стержнях и их непригодность как детали для литейной формы.

Рассмотренный нами пескодувный резервуар имеет нижнюю вентиляцию. В резервуарах с верхней вентиляцией (рис. 13.1, б) воздушно-песчаная смесь вдвухается в полость ящика через отверстие 3, а отработанный воздух выходит через вентиляционные отверстия 1, расположенные в наружном днище 7 резервуара 5.

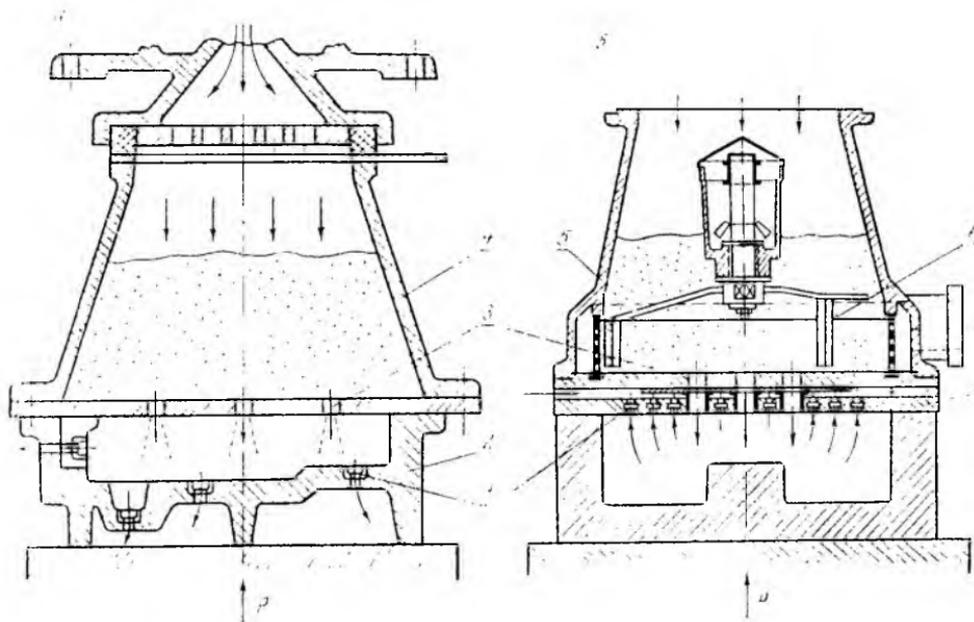


Рис. 13.1. Пескодувные резервуары:
а — с нижней вентиляцией; б — с верхней

При такой системе вентиляции установка вент в модельной оснастке отпадает или же значительно сокращается.

Для разрыхления смеси и направления ее к вдувным отверстиям в резервуаре предусмотрена механическая мешалка 6.

Кинетика процесса истечения песчано-воздушной смеси подробно исследована В. Л. Лесниченко. Рассмотрим характер изменения давления в пескодувном резервуаре в процессе выдува стержня (рис. 13.2).

Участок 0—1 кривой характеризует скорость нарастания давления в начальный момент процесса. Крутизна кривой зависит от давления воздуха, рабочего сечения впускного клапана, объема пескодувного резервуара и суммарного сечения вдувных отверстий.

Участок 1—2 соответствует скорости заполнения ящика смесью. Характер и продолжительность процесса зависят в основном от тех же параметров, что и для первого участка, а также и от скорости вентиляции стержневого ящика.

Участок 2—3 проходит почти параллельно оси абсцисс. На этом участке давление стабилизируется.

Участок 3—4 характеризует скорость падения давления в резервуаре после закрытия вдувного клапана и соединения полости резервуара с атмосферой (открытия выпускного клапана).

Для формирования стержня наибольшее значение имеют первые два участка диаграммы, т. е. период быстрого нарастания давления (0—1) и период плавного подъема давления (1—2). Период же стабилизации давления, означающий «равновесное состояние», связан лишь с расходом воздуха и времени и поэтому должен быть по возможности уменьшен.

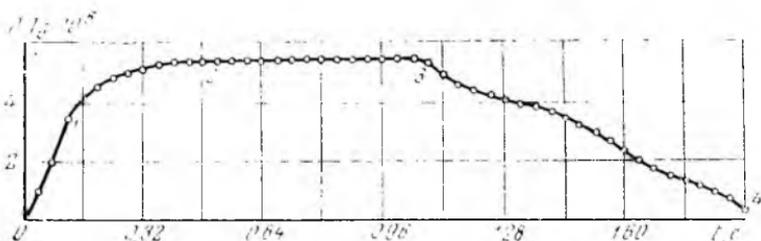


Рис. 13.2. Изменение давления в пескодувном резервуаре

Для устранения или сокращения периода стабилизации давления рекомендуется оснащать пескодувные машины реле времени, так как перекрыть впускной клапан с точностью до десятых долей секунды при ручном управлении практически невозможно.

Затраты времени на спад давления также нерациональны, так как ведут к увеличению цикла изготовления стержня. Сократить это время можно уменьшением гидравлического сопротивления на пути движения воздуха из пескодувного резервуара в атмосферу через выпускной клапан и через вентиляционные отверстия, а также уменьшением объема пескодувного резервуара.

Для достижения наибольшей разности давлений воздуха в резервуаре и ящике рекомендуется объем резервуара выбирать в пределах $V_p = (2,5—3,0) V_{\text{як}}$. Высота слоя смеси над вдувной плитой резервуара должна быть не ниже 150—200 мм.

Процесс уплотнения смеси пескострельным методом является разновидностью пескодувного, имеет много общего с ним и в то же время обладает рядом существенных особенностей.

Истечение смеси из резервуара в стержневой ящик при пескострельном методе происходит мгновенно, напоминая выстрел. Это объясняется сужением потока в конической насадке 9 на выходе из резервуара (рис. 13.3) и небольшим уплотнением смеси под действием давления сжатого воздуха с последующим выбросом непрерывно образующихся комков в ящик. Смесь из бункера 5 поступает в резервуар 3 при открытом шибере 4, управляемом пневмоцилиндром. Сжатый воздух через вдувной клапан 7, горизон-

гальные 6 и вертикальные 1 прорези входит во внутреннюю полость гильзы 2, отделяя от ее стенок смесь.

Как и в пескодувном резервуаре с верхней вентиляцией, вдвухная плита 10 является универсальной: имеет вентиляционные отверстия 11 для отвода воздуха из полости стержневого ящика 12. Резервуар выполнен в одном блоке с ресивером 8, обеспечивающим мгновенную подачу больших порций воздуха в рабочий резервуар машины.

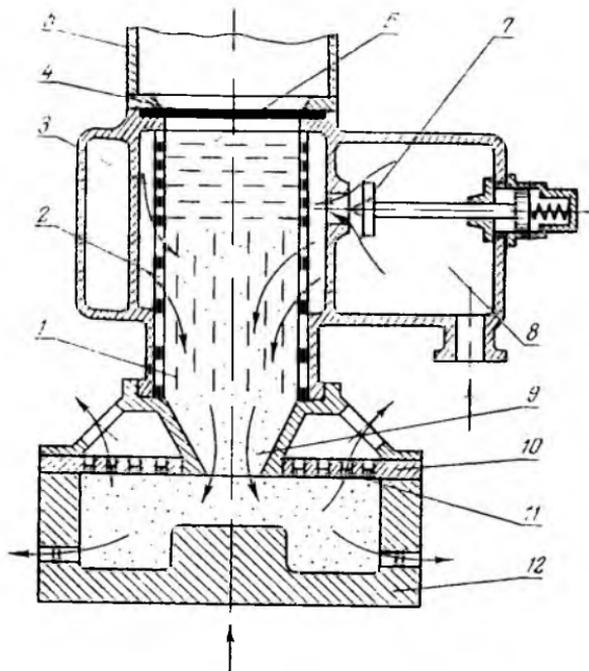


Рис. 13.3. Пескострельный резервуар

Как показали исследования (ВНИИЛИТМАШ), характер перемещения смеси внутри резервуара зависит главным образом от соотношения суммарных площадей сечения прорезей в верхней и нижней частях гильзы. Оптимальным является такое соотношение, при котором режим истечения характеризуется постоянной плотностью столба смеси.

Процесс формирования стержня условно можно разделить на два этапа.

На первом этапе ящик заполняется смесью из насадка резервуара, причем истечение ее в этот период происходит при небольшом давлении воздуха. Заполнение ящика и предварительное уплотнение смеси в большинстве случаев заканчивается до того, как давление воздуха в резервуаре достигнет максимума.

На втором этапе стержень окончательно уплотняется за счет выдавливания дополнительной порции смеси под действием разности давлений воздуха в резервуаре и ящике. Эта дополнительная порция, выпрессовываясь из насадка, принимает форму кома, уплотняющего смесь, находящуюся в стержневом ящике.

Конструктивные параметры резервуаров пескострельных машин должны обеспечивать неизменную плотность смеси при истечении и благоприятные условия для образования прессующего кома. Пескострельные машины имеют ряд преимуществ перед пескодувными: степень уплотнения в них значительно выше и распределение ее по высоте ящика более равномерно; расход воздуха примерно в 3—5 раз ниже, чем у пескодувных; меньше абразивное действие частиц смеси на стенки ящика; пескострельные головки конструктивно проще по сравнению с пескодувным резервуаром.

Следует также отметить преимущество пескострельных машин при использовании термореактивных быстротвердеющих смесей, формуемость которых ухудшается при длительном контакте с воздухом.

13.2. Классификация пескодувных формовочных литейных машин

Пескодувные машины можно классифицировать по следующим признакам: а) принципу работы; б) направлению дутья; в) назначению.

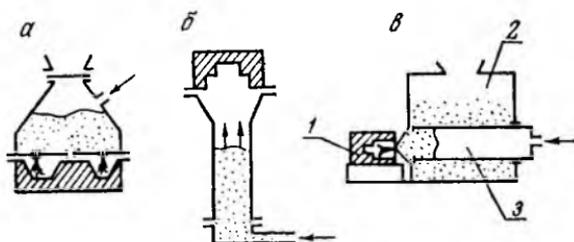


Рис. 13.4. Пескодувные машины с различным направлением дутья

По принципу работы пескодувные машины подразделяются на собственно пескодувные и пескострельные.

По направлению дутья различают машины с верхним (рис. 13.4, а), нижним (рис. 13.4, б) и боковым (рис. 13.4, в) дутьем.

Машины с верхним дутьем получили наибольшее распространение, так как конструктивно наиболее просты и легко вписываются в автоматические линии.

Машины с нижним дутьем встречаются значительно реже. Они применяются главным образом для изготовления оболочковых форм и стержней из песчано-смоляных смесей в нагретых ящиках.

В этом случае после снятия давления смесь, не успевшая затвердеть внутри ящика, падает вниз в резервуар машины.

Машины с боковым дутьем также встречаются редко. Отличительная особенность их та, что рабочий резервуар 3 периодически заполняется смесью из основного резервуара 2, а затем прижимается к стержневому ящику 1. При вдувании смеси в ящик давление воздуха распространяется не на весь объем смеси в основном резервуаре, а только на небольшую ее часть, заключенную в рабочем резервуаре.

По назначению пескодувные машины подразделяют на стержневые и формовочные.

Стержневые машины выполняются с различным направлением дутья и по принципу работы могут иметь как пескодувный, так и пескострельный механизм уплотнения.

Пескострельные стержневые машины в свою очередь можно разделить на две большие группы: машины для изготовления стержней с последующим отверждением их тепловой сушкой на плитах; машины для изготовления стержней с отверждением непосредственно в стержневой оснастке (ящиках).

Технические характеристики некоторых моделей машин первой группы приведены в табл. 13.1.

Табл. 13.1. Пескодувные и пескострельные стержневые машины

Наименование	Модель	Назначение	Масса стержня, кг	Производительность, цикл/ч	Размер стержневого ящика, мм
Полуавтоматическая настольная стержневая	348	Изготовление стержней в ящиках с горизонтальной и вертикальной плоскостью разреза	2,5	360	300×250×300
Полуавтоматическая пескострельная	2Б83	То же	6,0	360	400×300×400
Пескодувный стержневой полуавтомат	9128Б5	Изготовление песчаных стержней	16	200	600×500×450
То же	9128Б7	То же	40	160	800×600×400
»	9128Б9	»	100	125	1000×800×450

Во второй группе стержневых машин можно выделить: а) машины для изготовления стержней в нагреваемой оснастке; б) машины для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей; в) машины для изготовления стержней с отверждением их путем продувки углекислым газом.

Благодаря достоинствам (повышенная точность получаемых стержней, значительное сокращение цикла их изготовления, лик-

видания необходимости в применении сушильных плит, устранение армирования и др.) машины этой группы получают все большее распространение в условиях крупносерийного и массового производства. На базе этих машин созданы и работают поточные и автоматические линии, позволяющие в большой мере снизить трудоемкость изготовления стержней и повысить их качество.

13.3. Конструктивные схемы пескодувных формовочных литейных машин

Полуавтоматическая пескодувно-пескострельная стержневая машина мод. 348 (рис. 13.5) в зависимости от типа используемого насадка к рабочему резервуару может иметь пескодувный или пескострельный характер истечения смеси. Основными узлами машины являются: станция 1, на которой смонтирован подъемный стол 2 с пневмозажимом для стержневого ящика 3, пескострельная головка — рабочий резервуар 5 с насадком 4, лоток 6 с вибратором 7 для подачи смеси из бункера в резервуар. На передней стенке головки располагаются пусковая

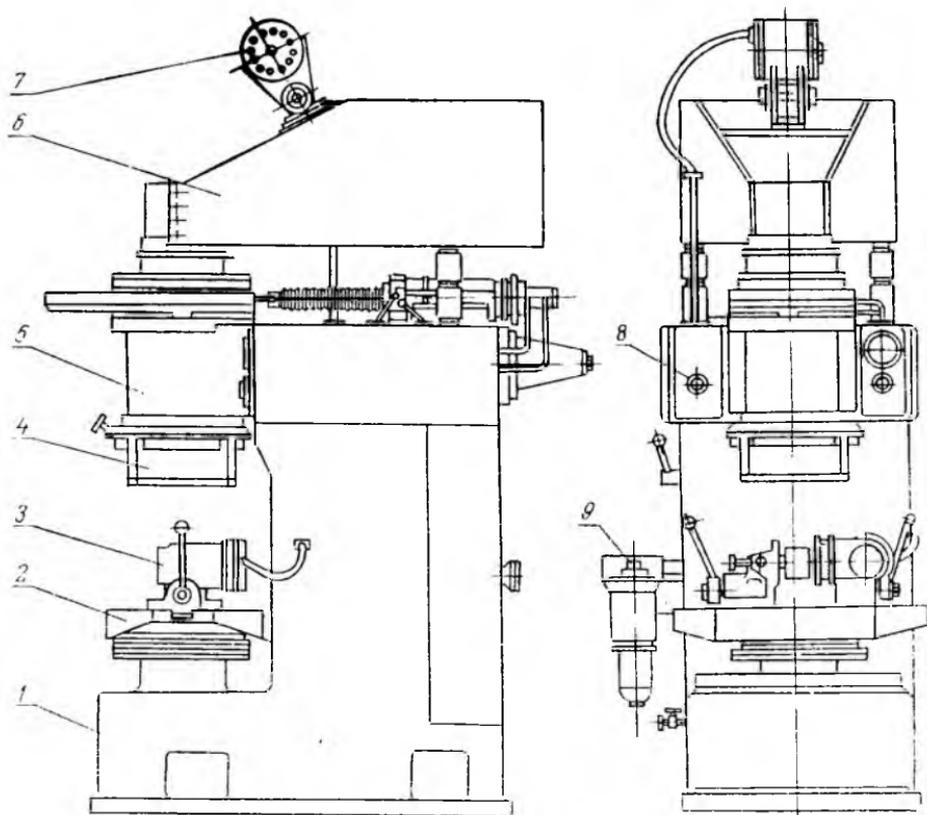


Рис. 13.5. Пескодувно-пескострельная машина мод. 318

кнопка 8 и манометр. На входе воздушной магистрали установлен влагоотделитель 9, маслораспылитель и редукционный клапан.

Для изготовления стержней массой до 6 кг у нас в стране используются пескострельные полуавтоматы мод. 2Б83 (рис. 13.6). На станине 1 этих машин смонтирована

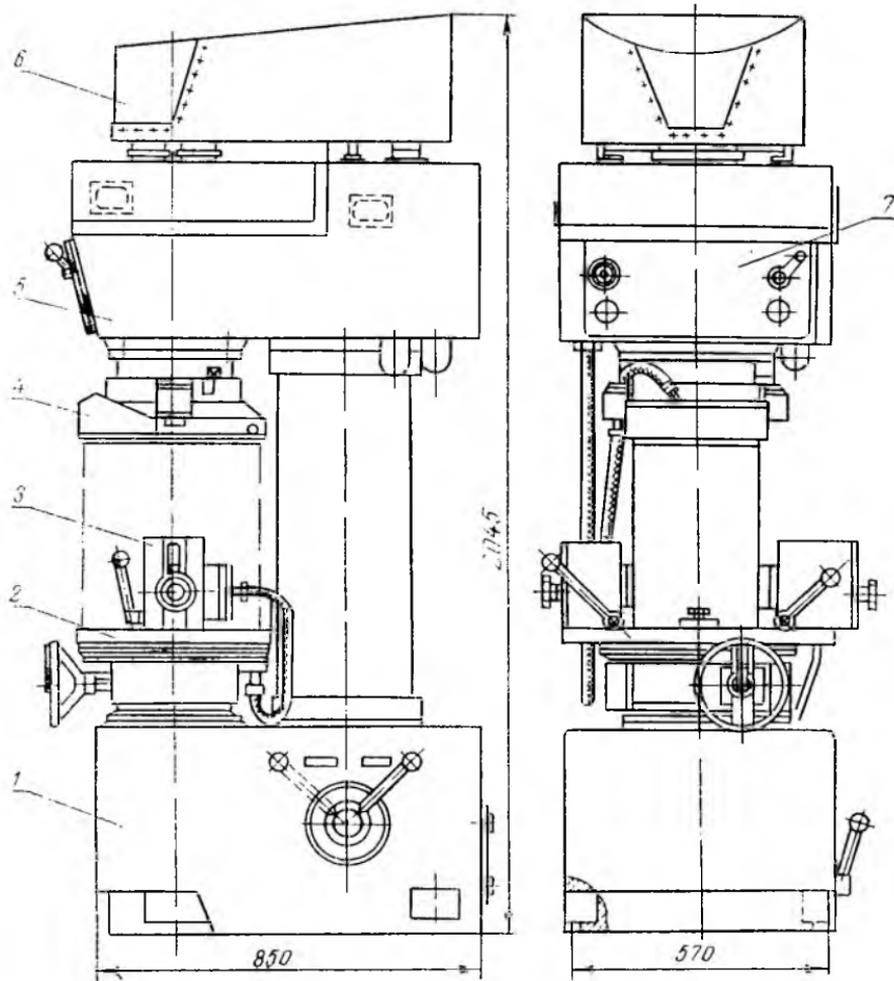


Рис. 13.6. Пескострельный полуавтомат мод. 2Б83

колонна с верхней траверсой 5, питателем 6 и панелью управления 7.

В верхней траверсе размещены пескострельный резервуар с насадком, механизм дутья, а также шибер с пневмоприводом и узел подготовки сжатого воздуха. В станину встроены прижимной стол 2, на котором смонтирован пневматический зажим 3 для стержневых щипков. Колонна станины представляет собой полый цилиндр, который

служит несущим элементом, а также ресивером в системе воздухообеспечения машины.

Пескострельный резервуар машины (рис. 13.7) состоит из корпуса 1 и щелевой гильзы 2, которая образует рабочую полость, заполняемую смесью. Снизу к резервуару примыкает сменный насадок с отверстием (на рисунке не показана), а сверху он периодически перекрывается шибером 3. В правой части корпуса имеется полость, в которой размещен клапан дутья 4, управляемый комбинированным механизмом. Клапан открывает доступ

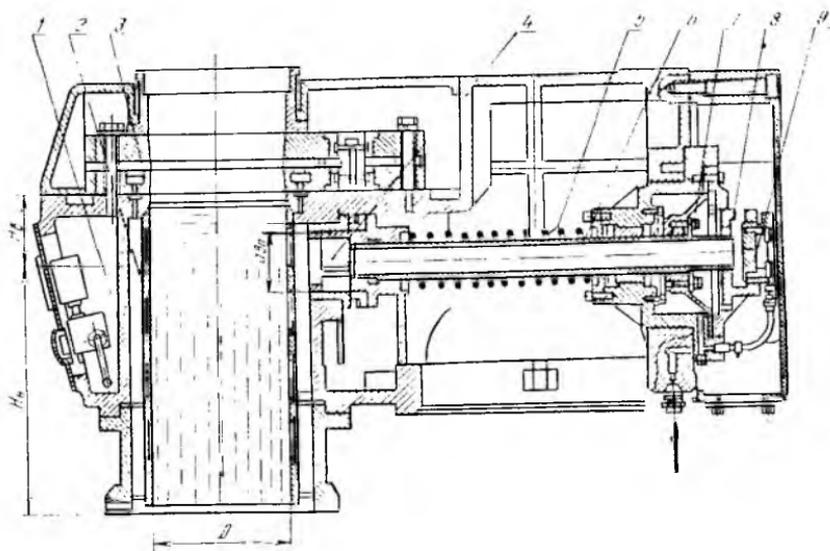


Рис. 13.7. Устройство пескострельного резервуара стержневого полуавтомата мод. 2Б83

сжатого воздуха в рабочий резервуар в период выдува смеси и выпускает оставшийся воздух в атмосферу через отверстие 8 (по окончании процесса).

Во время выдува отверстие в трубе 6 закрывается плунжером 9, а клапан 4 под действием диафрагменного привода 7 отводится вправо. В период выхлопа клапан под действием пружины 5 перемещается влево, отверстие в трубе открывается и воздух из резервуара выходит в атмосферу.

Рабочий стол машины (рис. 13.8) служит для установки и крепления на нем стержневого ящика, поджима его к насадке (надвунной плите) рабочего резервуара во время выдува. Подъем стола при регулировке его высоты производится с помощью маховика 6 и червячной пары 2, перемещающих винт 1, соединенный со столом. Для прижима стержневого ящика воздух подается под мембрану 5, поднимающую поршень 3 и плиту 4.

Основными узлами пескострельного стержневого полуавтомата мод. 9128Б7 (рис. 13.9) являются станина,

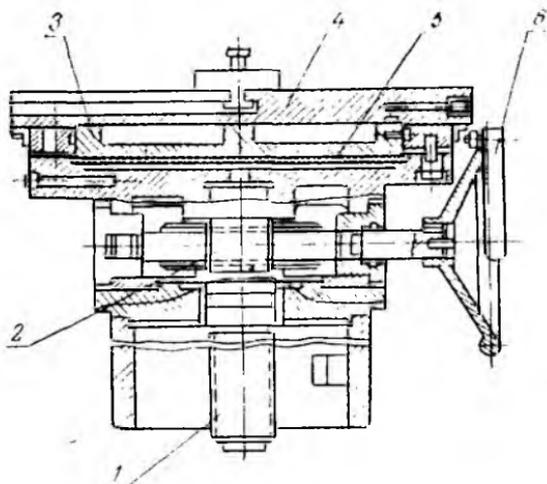


Рис. 13.8. Рабочий стол пескострельного полуавтомата мод. 2B83

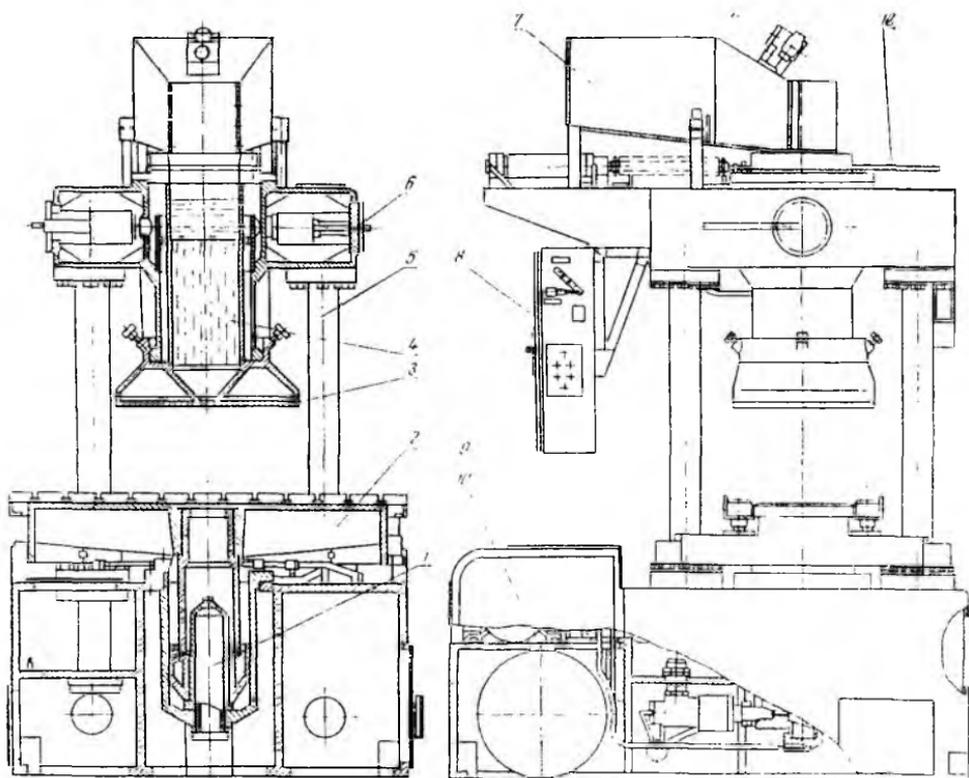


Рис. 13.9. Пескострельный полуавтомат мод. 9128B7

траверса и питатель. В станцию с четырьмя полыми стойками 5 встроены пневмопанель и баллон 10, служащий дополнительной емкостью для сжатого воздуха. На верхней плоскости станции установлен пневмогидравлический цилиндр 1 для подъема стола 2 и прижима стержневого ящика к надувной плите 3 пескострельного резервуара 4. Стол машины снабжен рольгангом 9, опирающимся на пневматические цилиндры, обеспечивающие свободное переме-

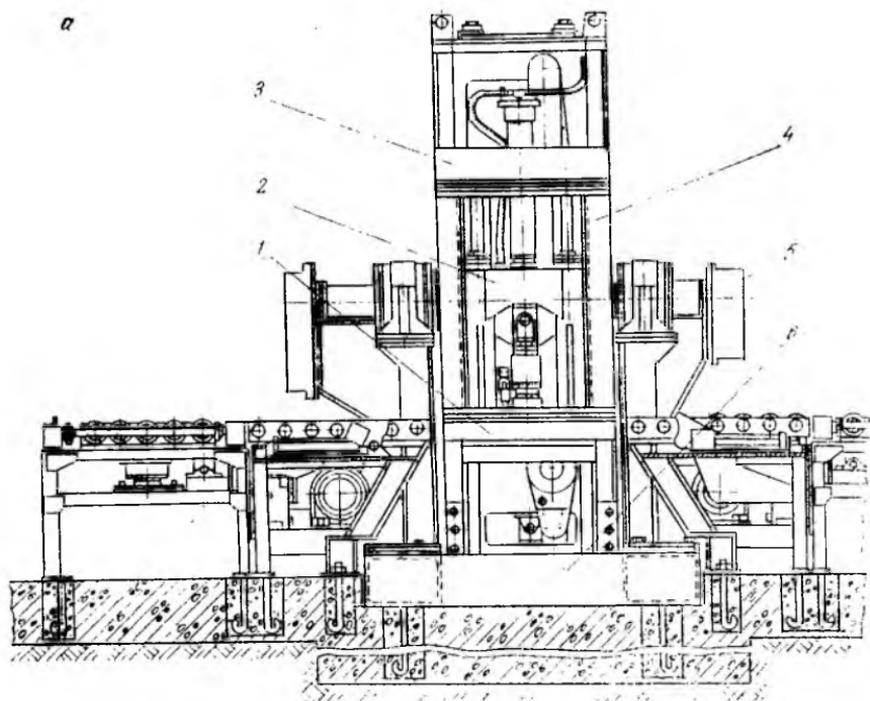


Рис. 13.10. Поворотно-вытяжная

щине стержневых ящиков по рольгангу при опущенном столе. В верхнем положении стола рольганг опускается на цилиндрах, и ящик прижимается столом к пескострельному резервуару.

Траверса крепится к четырем стойкам 5 станции. Центральная часть траверсы представляет пескострельный резервуар 4 с двумя дутьевыми 6 и одним выхлопным клапанами. Горловина резервуара закрывается шибером 12. В резервуар встроены датчик, прекращающий загрузку смеси по достижении ею определенного уровня. К траверсе крепятся шкаф с электроаппаратурой и пульт управления 8.

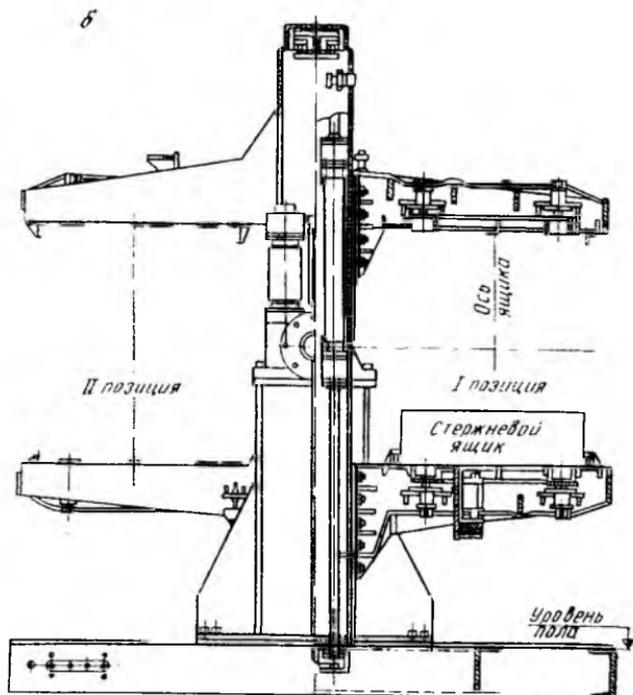
Питатель 7, предназначенный для загрузки стержневой смеси в рабочий резервуар, установлен на траверсе и приводится в действие с помощью пневматического турбовибратора 11.

После установки стержневого ящика на столе машины и нажатия кнопки пуска автоматически выполняются следующие опера-

ни; прижим стержневого ящика к рабочему резервуару и закрытие шиберов; заполнение ящика; опускание стола и открытие шиберов; загрузка рабочего резервуара смесью.

Для выполнения вспомогательных операций в паре с машинной обычно устанавливают поворотную-вытяжную машину и систему транспортных средств.

Поворотная-вытяжная машина (рис. 13.10, а) предназначена для поворота стержневых ящиков, вытяжки из них стер-



машина

жей, а также наложения сушильных плит на заформованные ящики. Основанием устройства является нижняя рама б, на которой смонтированы две стойки, служащие опорами поворотных механизмов 5. На валы этих механизмов посажена поворотная рама 4 с подвижными 1 и неподвижными 3 кронштейнами, которые снабжены рольгангами. Привод поворотной-вытяжной машины 2—гидравлический, от отдельной гидростанции.

Стержневой ящик со стержнем поступает в вытяжное устройство на неподвижные кронштейны поворотной рамы (рис. 13.10, б). На позиции I происходит установка сушильной плиты на ящик и прижатие ее подвижными кронштейнами. Затем рама поворачивается на 180°. При этом ящик со стержнем переносится на позицию II в перевернутом положении — сушильной плитой вниз. Происходит вытяжка стержня. При этом подвижные кронштейны опускаются и стержень с сушильной плитой скатывается по рольгангам

с устройства. На освободившееся место вкатывается новая сушильная плита. В это же время на позиции *I* происходит установка очередного заформованного стержневого ящика.

На базе подобных полуавтоматов (мод. 9128Б5, 9128Б7 и 9128Б9) и поворотнo-вытяжных машин соответствующих размеров созданы типовые автоматизированные стержневые линии для изготовления стержней массой 16—100 кг.

Типовая линия мод. Л9128Б9 (рис. 13.11), кроме стержневого полуавтомата *I* и поворотнo-вытяжного устройства 8,

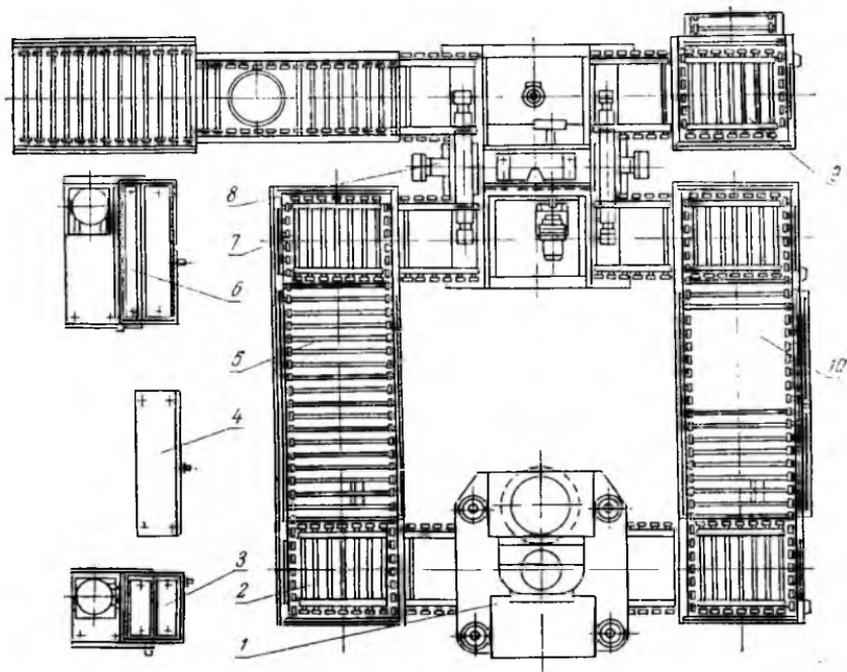


Рис. 13.11. Автоматизированная стержневая линия мод. Л9128Б9

состоит из следующих основных узлов: передающего механизма 2, промежуточного рольганга 5, рольганга подготовки стержневых ящиков 10, рольганга приема сушильных плит 7, рольганга выдачи стержней на сушильных плитах 9, гидрооборудования 3, 6, шкафа электрооборудования 4 и пульта управления.

Набитый стержневой ящик передается по рольгангам 2, 5 и 7 в кантовально-протяжное устройство, где на него накладывается сушильная плита, а затем производится кантование и вытяжка стержня с последующей выдачей его на транспортные средства, доставляющие его к сушилам. В течение этого же цикла пустой стержневой ящик передается по рольгангам 10 к стержневому полуавтомату.

Основы расчета. Исходной величиной для определения основных конструктивных параметров пескострельного резервуара является масса стержня $m_{ст}$.

Диаметр гильзы (м) (см. рис. 13.7, рис. П. 6)

$$D = 0,09 - 0,10 \sqrt[3]{m_{\text{ст}}}. \quad (13.1)$$

Высота гильзы $H = H_{\text{н}} + H_{\text{в}}$, где $H_{\text{н}}$ и $H_{\text{в}}$ — соответственно высота нижней и верхней частей:

$$H_{\text{н}} = (1,5 - 1,8)D; \quad (13.2)$$

$$H_{\text{в}} = (0,4 - 0,6)D. \quad (13.3)$$

Площадь проходного сечения вдувного клапана

$$F_{\text{вп}} = \frac{\pi d_{\text{вп}}^2}{4}, \quad (13.4)$$

где $d_{\text{вп}}$ — диаметр впускного клапана: $d_{\text{вп}} = 0,2 - 0,5D$.

Суммарная площадь прорезей в верхней и нижней частях гильзы: $F_{\text{в}} = 0,3 - 0,4F_{\text{вп}}$; $F_{\text{н}} = 0,8 - 1,2F_{\text{вп}}$.

Ширина прорезей $\Delta_{\text{в}} = 0,8 - 1,0$ мм; $\Delta_{\text{н}} = 0,3 - 0,5$ мм.

Площадь сечения выходного отверстия насадка

$$F_{\text{нас}} = \frac{\pi d_{\text{нас}}^2}{4}, \quad (13.5)$$

где $d_{\text{нас}}$ — диаметр выходного отверстия насадка: $d_{\text{нас}} = 0,3 - 0,5D$.

Угол наклона образующей конуса насадка к горизонту $\alpha = 45 - 60^\circ$.

Суммарная площадь сечения вентиляционных отверстий

$$F_{\text{вент}} = (0,5 - 1,0)F_{\text{нас}}. \quad (13.6)$$

Усилие прижима ящика к надувной плите

$$P_{\text{пр}} = 0,6F_{\text{ящ}}\rho_0 + Q - R, \quad (13.7)$$

где $F_{\text{ящ}}$ — максимальная площадь стержневого ящика в плане, м²; ρ_0 — давление воздуха в сети, Па; Q — сила тяжести стола и полезной нагрузки, Н; R — сила трения при отжиге стола, Н.

Машины для изготовления стержней в нагреваемой оснастке. В настоящее время широко применяется прогрессивный процесс изготовления стержней, при котором формообразование и твердение происходят непосредственно на самой машине в горячих ящиках. Стержни по такому процессу получают из смесей, приготовленных на терморективных связующих материалах.

Для получения таких стержней используются обычные пескоструйные (пескострельные) машины, снабженные специальными устройствами для нагрева стержневых ящиков. Их можно разделить на две большие группы:

- а) машины, в которых нагрев ящика осуществляется в специальных приставках (секциях) со встроенными подогревателями;
- б) машины, в которых ящик нагревается в специальных печах, являющихся частью машины.

Нагрев стержневых ящиков может быть газовым или электрическим.

Как те, так и другие машины имеют ящики либо с вертикальным, либо с горизонтальным разъемом.

Пескострельные головки этих машин принципиально не отличаются от рассмотренных в § 13.1. Особенностью их эксплуатации является необходимость тщательной очистки рабочего резервуара и всей машины от остатков смеси после прекращения работы даже на непродолжительное время. Это объясняется малым сроком живучести этих смесей, быстрой потерей ими подвижности и затвердеванием на поверхностях соприкосновения.

Автомат для изготовления мелких стержней мод. 4532А (рис. 13.12) выполнен в виде восьмипозиционной карусели, на которой установлены стержневые ящики с вертикальной плоскостью разъема. Каждый ящик помещен в отдельную секцию со встроенным подогревом.

На позиции *I* автомата стержневые ящики заполняются смесью, на позиции *II* происходит очистка верхней части стержневого ящика от излишков смеси. На позициях *II—VII* стержни отверждаются в ящиках, на позиции *VIII* ящик раскрывается, а стержни выталкиваются на приемный лоток.

На неподвижной центральной колонне установлен горизонтальный поворотный стол *2* с восемью радиально закрепленными кронштейнами *3*, на которых смонтированы стержневые ящики *4* и *9*. На траверсе *14*, жестко скрепленной с центральной *5* и боковыми *13* колоннами, установлены лоток *6*, пескострельная головка с насадкой *8*. На основании *1* закреплен механизм *10* прижима стержневого ящика и цилиндр поворота карусели *12*.

Перемещение ящика от позиции к позиции осуществляется гидrocилиндром, шарнирно соединенным с водилом и основанием с помощью двух цилиндров фиксации *11*.

К водилу, шарнирно установленному на нижней части вертикальной колонны, крепится подвижный цилиндр фиксации, шток которого своей клиновидной частью входит в зацепление с клиновым пазом одной из восьми втулок поворотного стола при его повороте. На опоре вертикальной колонны закреплен неподвижный цилиндр фиксации, клиновидная часть штока которого входит в зацепление с пазом втулки при остановке поворотного стола.

Автомат для изготовления средних стержней мод. 4509 (рис. 13.13) — карусельного типа, восьмипозиционный, с нагревательной печью. Стержневые ящики автомата имеют горизонтальную плоскость разъема.

На позиции *I* автомата осуществляется прижим нагретого ящика к пескострельной головке и заполнение его смесью. Позиция *II* предусмотрена свободной для переналадки автомата и смены стержневых ящиков. На *III—VII* позициях стержни отверждаются в ящиках, находящихся в нагревательной печи. На позиции *VIII* производится раскрытие стержневого ящика, извлечение готового стержня и обдув внутренней полости ящика сжатым воздухом.

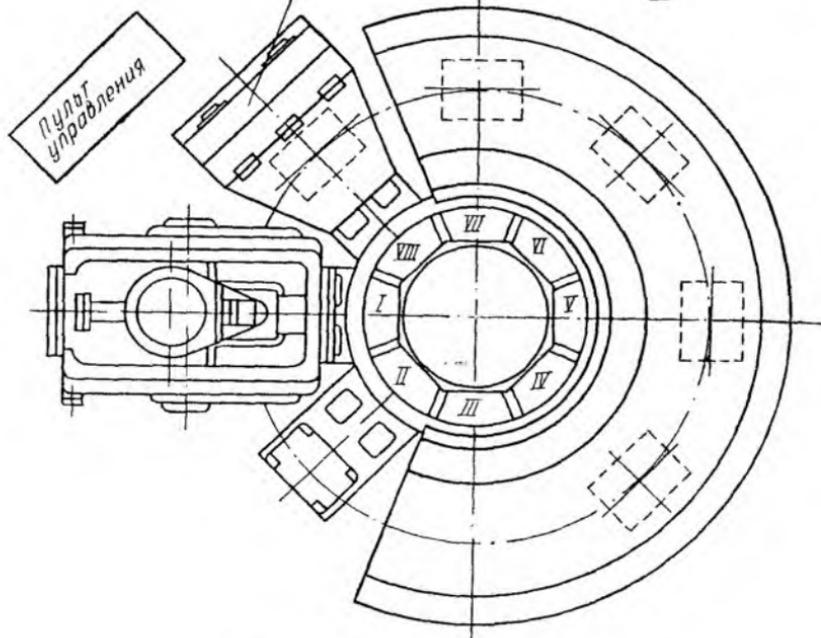
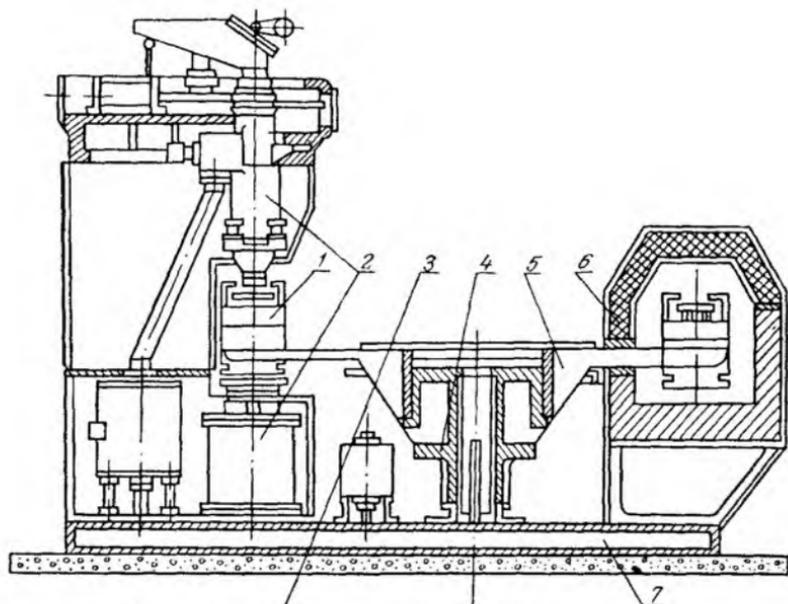


Рис. 13.13. Стержневой автомат мод. 4509:

1 — стержневой ящик; 2 — позиция надува; 3 — позиция разборки; 4 — привод поворота; 5 — стол поворотный; 6 — нагревательная печь; 7 — основание

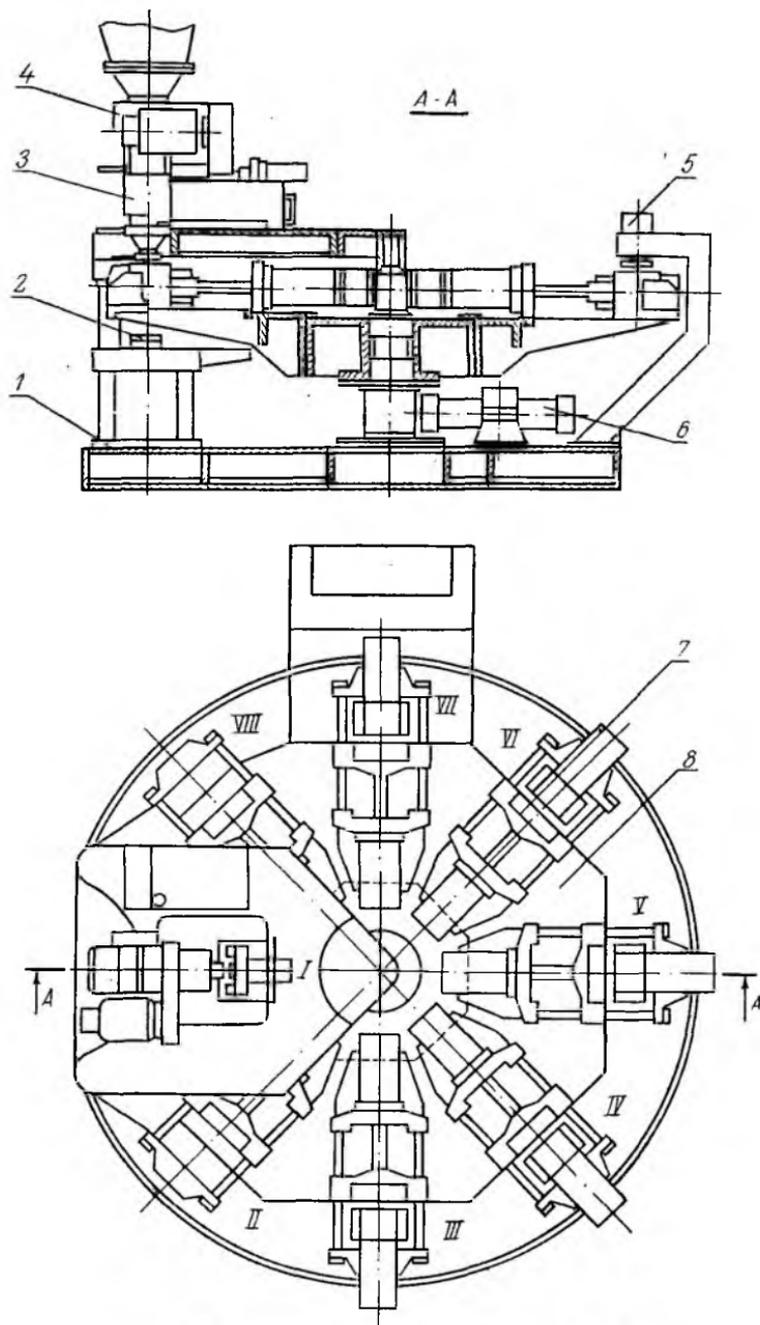


Рис. 13.14. Стержневой автомат мод. 4716А

Все узлы и части машины, находящиеся в зоне повышенной температуры или соприкасающиеся с горячими ящиками, — водоохлаждаемые. Пульт управления расположен вблизи машины.

Машины для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей. В основе процесса получения стержней из холоднотвердеющих смесей лежит использование органических (карбамидно- или фенолофурановых) связующих, приобретающих под действием катализаторов способность к интенсивному развитию поликонденсации при комнатной температуре.

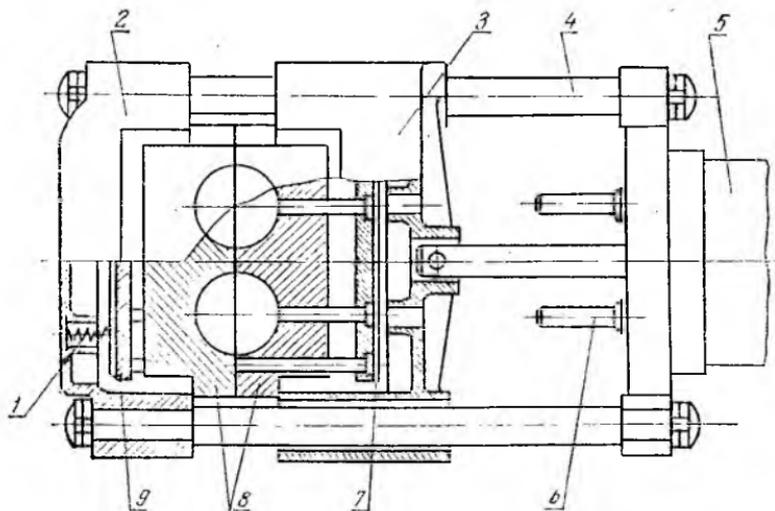


Рис. 13.15. Стержневая секция с оснасткой

Для крупносерийного и массового производства НИИЛИТавто-промом создано высокопроизводительное оборудование.

Восьмипозиционный стержневой автомат мод. 4716А (рис. 13.14) состоит из следующих основных узлов: основания 1 восьмипозиционной карусели 8, на которой установлены восемь секций 7 с оснасткой и механизмами открывания и закрывания ящиков, поворотного механизма 6, пескострельного резервуара 3, механизма поджима 2, смесеприготовительного агрегата 4 и продувных головок 5.

На позиции I приготавливается смесь и вдувается пескострельным способом в стержневую ящик. На позициях II, III, IV стержень продвигается сжатым воздухом. На позициях V, VI, VII стержни продолжают отверждаться за счет выдержки в ящике. Позиция VIII предназначена для выемки стержней из ящика и укладки их на транспортные средства.

Секция с оснасткой (рис. 13.15) состоит из подвижного 3 и неподвижного 2 корпусов, соединенных между собой направляющими скалками 4. На позиции раскрытия двух полуформ 8 ящика

и извлечения готовых стержней цилиндр 5 перемещает на себя подвижную половину со стержней до тех пор, пока штыри 6 не упрутся в плиту толкателей 7. При этом стержни выталкиваются на приемный стол. Из неподвижной половины ящика стержень выталкивается в подвижную половину за счет упругих сил пружин 1, действующих на систему толкателей 9.

Быстродействующий лопастный смеситель (рис. 13.16) состоит из корпуса 6 и лопастного вала 5. От пескострельного резервуара 7

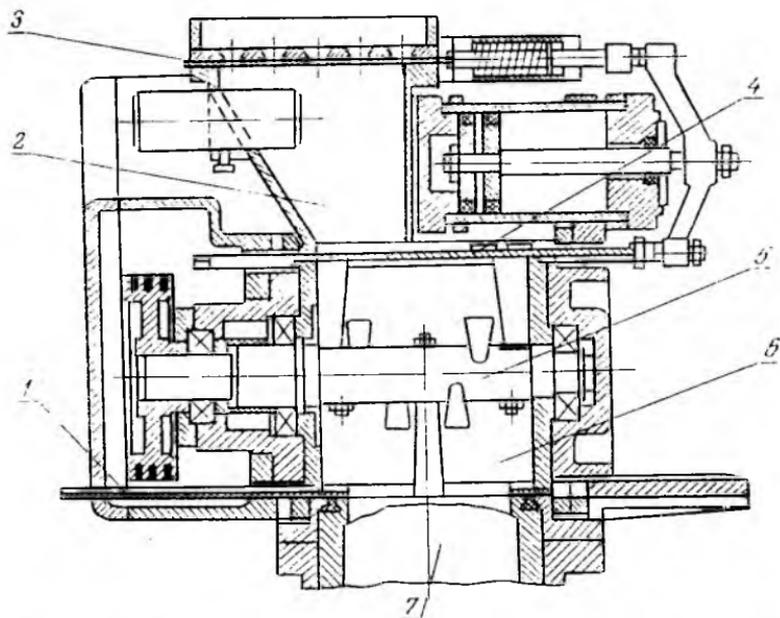


Рис. 13.16. Лопастный смеситель стержневого автомата мод. 4716

смеситель отделен шибером 1, а от дозатора песка 2 — шибером 4. При открытии шибера 4 срабатывает отсекающий 3, прекращающий поступление песка в дозатор.

Технические характеристики некоторых моделей машины для изготовления стержней с отверждением в оснастке приведены в табл. 13.2.

В последние годы создано новое семейство стержневых машин, в которых учтены современные требования и тенденции развития.

В машинах этой группы предусмотрены возможность работы с вертикальным, горизонтальным и сложным разъемом оснастки разных размеров, а также автоматизация всех операций, включая и операцию передачи стержней на цеховые транспортные средства.

Пескодувный метод уплотнения обеспечивает высокое качество стержней при минимальном времени на заполнение стержневого ящика. Объем пескодувного резервуара в базовых моделях этих машин составляет 2,5; 6,3; 16, 40 и 100 дм³. В зависимости от

Табл. 13.2. Стержневые машины (с отверждением стержней в оснастке)

Наименование машины	Модель	Назначение и область применения	Масса стержня, кг	Производительность, цикл/ч	Размер стержневого ящика, мм
Полуавтоматическая стержневая пескодувная	4554Б2	Изготовление стержней в горячих ящиках с вертикальной плоскостью разреза	2,5	60	220×150×200
Стержневой автомат	4532Б	То же	1	200—240	200×110×40/40
Стержневой восьмипозиционный карусельный автомат	4701	»	2,5	120—160	300×220×80/80
То же	4509А	»	5	120—150	400×300×100/100
Стержневой двухпозиционный челночный полуавтомат	4728	С горизонтальной плоскостью разреза	40	35—70	1200×800×200/200
То же	4705А	То же	16	40—90	830×320×220
Стержневой восьмипозиционный карусельный автомат	4716	Изготовление стержней (с вертикальной плоскостью разреза) из холоднотвердеющих смесей	6	150—180	300×220×125/125
Стержневой двухпозиционный челночный полуавтомат	4730	То же	6	80—120	400×300×125/125

объема резервуара, соответствующего массе изготавливаемого стержня и размерам стержневой оснастки, определены основные конструктивные параметры машин. Технические характеристики этих машин приведены в табл. 13.3.

С целью повышения уровня универсальности и мобильности машин (см. § 1.1) компоновка их выполнена однопозиционной с челночным движением резервуара, перемещающимся с позиции загрузки смеси на позицию надува.

Машина мод. 23225А1 (рис. 13.17) предназначена для изготовления стержней в нагреваемой оснастке с использованием влажных смесей.

Оснастка 1 — секция и стержневой ящик с вертикальным разъемом — установлена на станине 2, в верхней части которой расположены механизм надува с вдувным и выхлопным клапанами 3 и механизм загрузки смеси 4 в пескодувный резервуар 5. Резервуар в течение технологического цикла перемещается с позиции за-

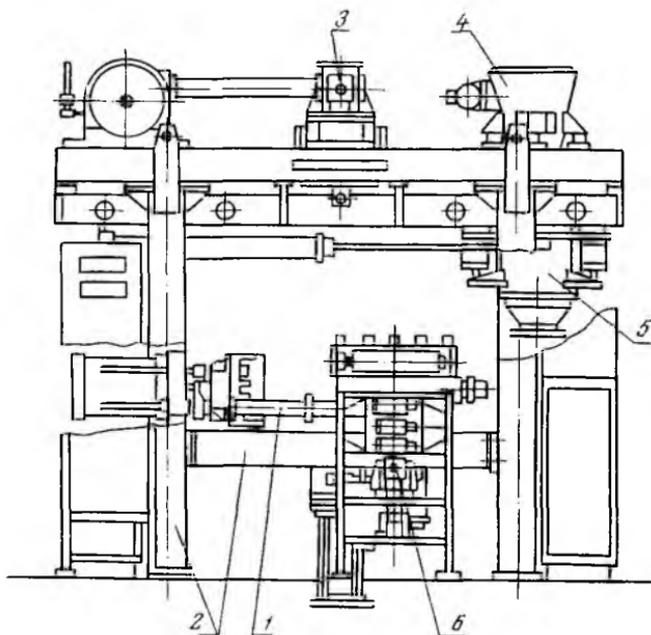


Рис. 13.17. Стержневая машина мод. 23225A1

Табл. 13.3. Стержневые машины новых моделей

Наименование машины	Модель	Наибольший объем стерж- ня, дм ³	Рабочая ем- кость резер- вуара, дм ³	Размеры стержне- вого ящика, мм	Длительность цикла, с
Машина стержневая пескодувная однопозиционная автоматическая с отверждением стержней в нагревае- мой оснастке, с вертикальным разь- емом стержневого ящика	23221A	1,6	2,5	400×320×300	15
То же	23223A1	4,0	6,3	630×400×400	18
»	23225A1	10	16	800×630×450	20
Машина стержневая пескодув- ная однопозиционная, автоматичес- кая с отверждением стержней в на- греваемой оснастке, с горизонталь- ным разъемом стержневого ящика	23227A2	25	40	1000×800×500	22
То же	23229A2	63	100	1600×1000×600	40

грузки на позицию надува, а затем возвращается в исходное положение.

После вдува смеси в ящик и отверждения стержня полуформы ящика разделяются. При этом одна половина секции с полуформой перемещается в крайнее положение, а вторая поворачивается со

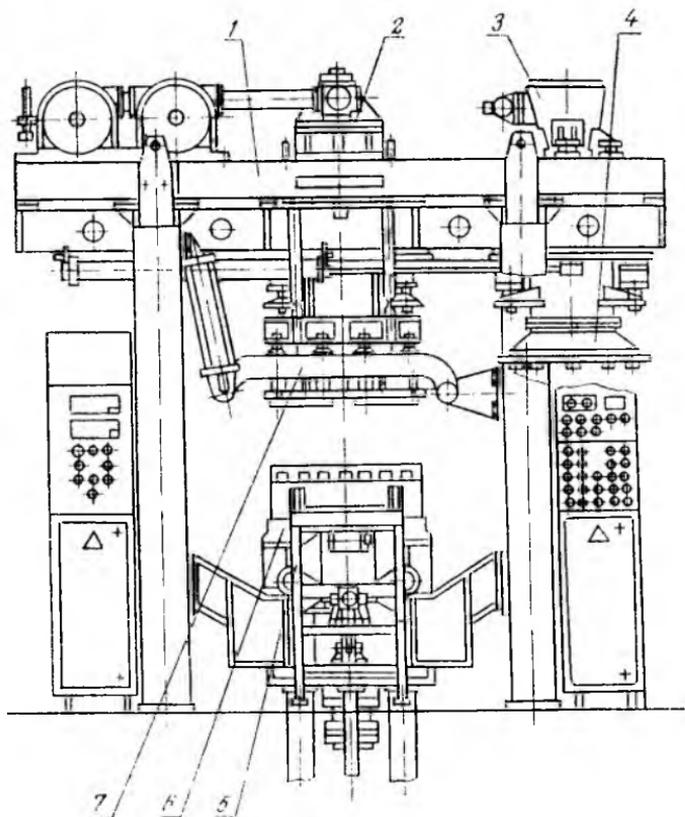


Рис. 13.18. Стержневая машина мод. 23227A2

стержнем на 90° . В этом положении производится протяжка готового стержня, а затем передача его в механизм съема б.

Операции выдачи стержня, обдува и опрыскивания рабочих поверхностей оснастки разделительным составом автоматизированы. Пескодувный резервуар, загрузочная воронка для смеси, насадок, надувная плита и сопла охлаждаются водой.

Машина мод. 23227A2 (рис. 13.18) также предназначена для изготовления стержней в нагреваемой оснастке. Принцип работы основан на пескодувном заполнении оснастки стержневой смесью. Компоновка машины однопозиционная с подвижным рабочим резервуаром 4, перемещающимся с позиции загрузки смеси

(механизм 3) на позицию надува (механизм 2) со стационарно установленной оснасткой 6, имеющей горизонтальный разъем. Верхняя полуформа крепится на металлоконструкции машины, нижняя с системой толкателей и элементами нагрева — на столе механизма 5 сборки-разборки оснастки. При изготовлении стержневой с газовым нагревом оснастки нижняя полуформа обогревается горелками, установленными на плите под нижней полуформой, а верхняя — горелками, закрепленными на специальном устройстве 7. При электрическом нагреве тепловые элементы размещаются в полуформах стержневого ящика. Все механизмы машины крепятся на четырехколонной станине 1.

Опрыскивание рабочих поверхностей оснастки, охлаждение пескодувного резервуара и других элементов машины осуществляется так же, как и в машине мод. 23225A1A.

13.4. Пескодувно-прессовые формовочные машины

Формовочные машины с пескодувным механизмом уплотнения смеси чаще всего встречаются в пескодувно-прессовом исполнении. Вдувание смеси в опоку с последующим прессованием под высоким удельным давлением позволяет получать высококачественные формы без потерь смеси россыпью. Отсутствие последней при заполнении опоки позволяет обходиться без специальных уборочных транспортеров и значительно упростить строительную часть формовочных отделений. Пескодувно-прессовые машины легко поддаются автоматизации.

Механизм уплотнения формовочной смеси пескодувным методом мало отличается от описанного выше для стержневых смесей. Различие заключается лишь в том, что формовочная смесь, обладающая меньшей текучестью, чем стержневая, оказывает большее сопротивление при перемещении ее в опоке. В результате давление воздуха в опоке возрастает, что вызывает резкое изменение перепада давлений и кинетической энергии воздушно-песчаной струи и, как следствие, неравномерность уплотнения формы. Поэтому при изготовлении форм пескодувный процесс целесообразно сочетать с интенсивным прессованием. В этом случае смесь можно вдувать в опоку при сравнительно низком давлении воздуха, добиваясь лишь заполнения и незначительного уплотнения формы ($\delta = 1,5 \text{ г/см}^3$), а доуплотнение осуществлять прессованием при повышенном давлении $\sim 1,0\text{--}1,5 \text{ МПа}$ ($10\text{--}15 \text{ кгс/см}^2$).

При уплотнении форм на пескодувных машинах живое сечение всех венг должно составлять $0,8\text{--}1,0$ сечения вдувных отверстий, диаметр вдувных отверстий $20\text{--}30 \text{ мм}$.

В последние годы широкое распространение получил безопочный способ изготовления форм на автоматах, в которых уплотнение смеси производится пескодувно-прессовым методом. К машинам этого типа можно отнести формовочные автоматы фирм «Велворк» (Англия) и «Дисаматик» (Дания).

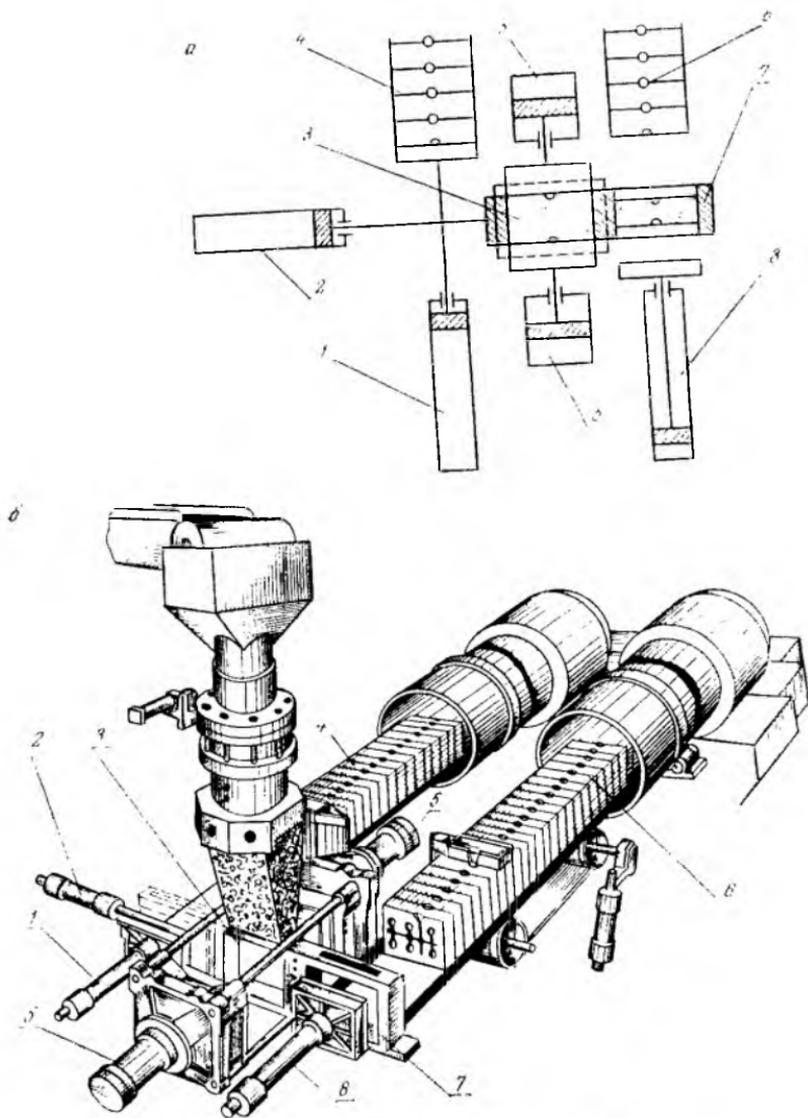


Рис. 13.19. Автоматическая линия фирмы «Волворк»

На рис. 13.19, а приведена схема работы пескодувио-прессового автомата «Волворк». Безопочные формы, подготавливаемые на этой машине, собираются в виде двух непрерывных горизонтальных стопок 4 и 6. Каждая форма в стопке используется с обеих сторон для отпечатков моделей. На позиции уплотнения 3 имеются пескодувный механизм и два гидроцилиндра 5 для последующего (после надува) прессования форм. Одновременно уплотняются две формы, располагаемые в одной рамке 7,

которая при помощи цилиндра 2 совершает челночные движения, останавливаясь то справа, то слева от позиции уплотнения для выталкивания готовых форм. Выталкивание и перемещение форм до встречи со своими стопками, а также дальнейшее продвижение стопок на один шаг (толщину одной формы) осуществляется с помощью цилиндров 1, 8.

На рис. 13.19, б показан общий вид автоматической линии для безопасного изготовления форм размером $450 \times 350 \times 100$ мм, производительностью 750—800 форм/ч. На линии производится заливка форм, охлаждение их и выбивка в барабанах, где осуществляется разделение кома на два потока — отливки и оборотной смеси.

На рис. 13.20, а изображен общий вид автомата «Дисаматик», который состоит из формовочной камеры 1 (см. также рис. 13.20, б, положение 1), поворотной модельной плиты 2, пескодувного резервуара 3, ресивера 4, прессового цилиндра 5 с поршнем 6, аккумулятора 7, заднего плунжера 8 и подвижной рамы 9.

Весь цикл изготовления форм состоит из шести операций:

I — вдув смеси в формовочную камеру;

II — прессование формы. Поворотная модельная плита находится в исходном положении и закрывает формовочную камеру спереди. Затем модельная плита, смонтированная на прессовом поршне, внедряется в объем камеры, уплотняя в ней смесь;

III — отделение передней (поворотной) модельной плиты. Модельная плита вибрирует и отодвигается от формы, после чего происходит ее поворот в верхнее горизонтальное положение. Формовочная камера спереди открывается для пропуска готовой полуформы. При этом масло подается в правую полость гидроцилиндра, а из центральной части уходит в аккумулятор. В это же время открывается шибер пескодувного резервуара и происходит наполнение последнего формовочной смесью;

IV — выталкивание изготовленной полуформы из формовочной камеры. Задняя модельная плита при движении вперед (влево) медленно перемещает полуформу до соприкосновения ее с ранее изготовленной, а затем ускоренным движением продвигает весь ряд изготовленных форм на один шаг, равный толщине формы. Такое движение происходит за счет подачи масла в правую полость цилиндра аккумулятора;

V — отделение задней модельной плиты. При подаче масла в левую полость прессующего гидроцилиндра поршень, перемещаясь вправо, направляет масло из центральной части механизма в левую полость цилиндра аккумулятора, отодвигая его поршень назад, в крайнее правое положение;

VI — закрытие формовочной камеры. Обе модельные плиты поочередно устанавливаются в исходное положение. Это достигается при подаче масла в правую полость цилиндра аккумулятора.

Установка стержней в формы в этих машинах осуществляется автоматически при помощи специального стержнеукладчика, представляющего вертикальную плиту, в которую предварительно уложен комплект стержней, удерживаемый путем подсоса воздуха

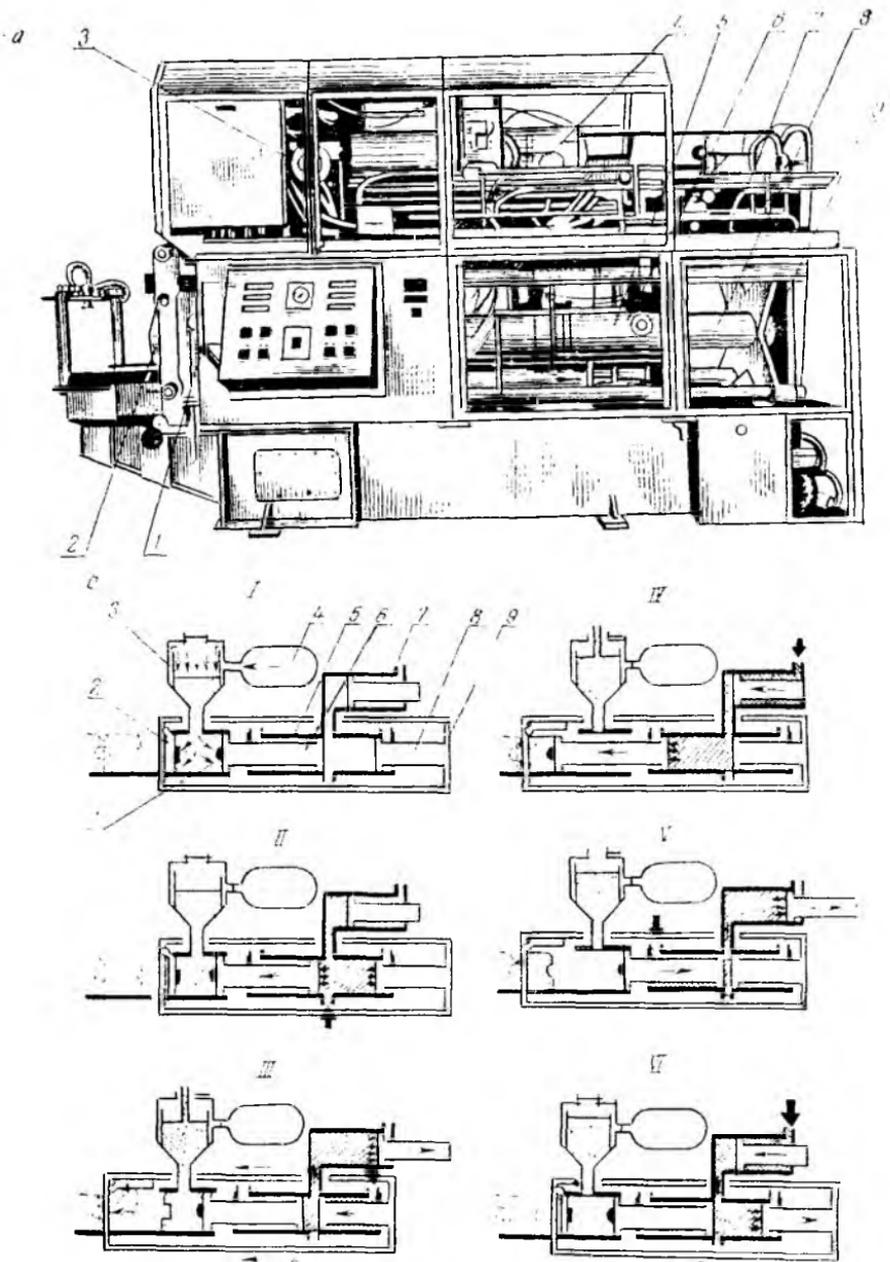


Рис. 13.20. Изготовление безошочных форм на автомате «Дисаматник»: а — общий вид машины; б — последовательность операций

в их знаках. Затем плита со стержнями перемещается в зону стопки форм и, передвигаясь в горизонтальном направлении, устанавливает стержни (выталкивает их сжатым воздухом) в крайнюю форму.

На рис. 13.21 показан общий вид двух автоматических линий «Дисаматик» с обслуживающей их системой смесеприготовления.

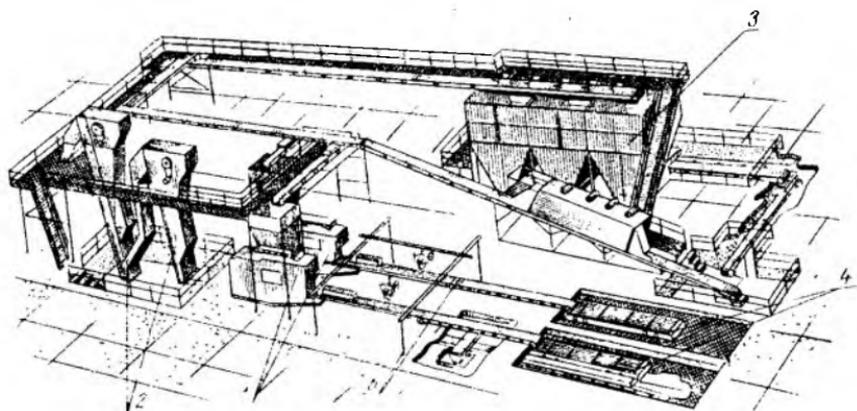


Рис. 13.21. Автоматизированные линии «Дисаматик»:

1 — автоматы «Дисаматик»; 2 — охладители оборотной смеси; 3 — смесеприготовительная установка; 4 — выбивные решетки; 5 — шагающие и ленточные конвейеры для безопочных форм

В СССР для изготовления мелких отливок массой от 5 кг на базе пескоудовно-прессовых машин выпускаются автоматические линии безопочной формовки мод. 7058 производительностью 300 форм/ч; для отливок массой до 20 кг — линия мод. АЛ2002 производительностью 400—500 форм/ч (см. рис. 15.14), а для средних отливок массой до 50 кг — комплексная автоматическая линия мод. АЛ23714 производительностью 300—360 форм/ч.

Глава 14. ПЕСКОМЕТЫ

14.1. Уплотнение смеси пескометным методом

Уплотнение литейных форм путем направления струи формовочной смеси на модель может осуществляться различными способами. В практике литейного производства известны способы сбрасывания смеси в опоку с определенной высоты, подачи струи формовочной смеси сжатым воздухом, метания на модель «пакетов» смеси, которым сообщена определенная скорость.

Последний способ, при котором скорость сообщается под действием центробежных сил, получил наибольшее распространение и в настоящее время является почти единственным, на базе кото-

рого создаются пескометные машины для уплотнения форм и стержней.

Достоинством центробежных пескометов является их сравнительно небольшая энергоемкость. Энергия, подводимая к пескометам, преобразуется в энергию уплотнения смеси без значительных трансформаций, имеющих место в машинах с пневматическим или гидравлическим приводом.

При уплотнении форм пескометом одновременно производится наполнение опоки смесью и ее уплотнение.

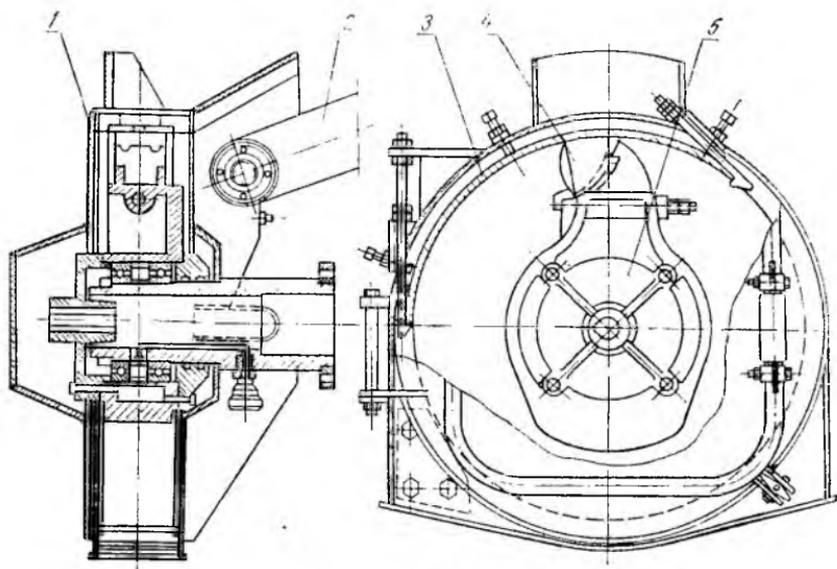


Рис. 14.1. Метательная головка пескомета

Пескометами можно производить набивку опок (стержневых ящиков) большой величины, расположенных на большой площади.

Пескометы обладают и недостатками, главными из которых являются: а) необходимость в доуплотнении верхних слоев формы, которое осуществляется большей частью вручную с помощью трамбовок; б) нерациональность уплотнения литейных форм в опоках малых размеров (менее 1000—1500 мм) вследствие относительно большой просыпи формовочной смеси; в) отсутствие в них механизма для извлечения модели из набитой полуформы.

Основным узлом (рабочим органом) пескомета, уплотняющим смесь, является метательная головка (рис. 14.1). Она представляет кожух 1, в котором относительно горизонтальной оси быстро вращается ротор 5 с ковшом-лопаткой 4. В кожухе ленточным конвейером 2 непрерывно подается формовочная смесь. Захватываемая и увлекаемая вращающимся ковшом смесь под действием инерционных сил прижимается к направляющей дуге 3, расположенной

между кожухом и ковшом, несколько уплотняется, образуя «пакет», и выбрасывается из головки в опоку.

Скорость выброса смеси из метательной головки и ее направление, а также скорость возвратно-поступательного движения головки над опокой определяет качество уплотнения формы пескометом.

Уплотнение смеси — весьма сложный процесс, который условно можно разделить на три последовательных этапа: 1) процессы, происходящие на роторе пескомета; 2) процессы, происходящие при сходе смеси с ротора; 3) процессы, происходящие при попадании смеси в набиваемую форму.

Подаваемая в метательную головку струя смеси перехватывается быстро вращающимся ковшом, прикрепленным к ротору машины. Количество смеси, подаваемой в метательную головку с помощью ленточного конвейера, должно соответствовать конструктивным параметрам как самого конвейера, так и метательной головки.

При соблюдении равенства $F_{\text{лент}} = F_{\text{ков}}$ можно определить скорость ленты конвейера

$$v_{\text{лент}} = bni, \quad (14.1)$$

где $F_{\text{лент}}$ — площадь сечения материала (смеси) на ленте конвейера, м^2 ; $F_{\text{ков}}$ — площадь сечения ковшей (пакетов смеси), м^2 ; b — ширина ковша, м ; i — число ковшей на роторе; n — частота вращения ротора, с^{-1} .

Под действием центробежных сил смесь прижимается к направляющей дуге, образуя пакет с различной по длине плотностью.

Больше уплотняется слой смеси, примыкающий непосредственно к направляющей дуге, так как на него действует также прижимающая сила всех остальных слоев пакета.

Центробежная сила, удельное давление прессования и степень уплотнения смеси зависят от радиуса, на котором лежит данный слой пакета. Для обеспечения более благоприятных условий движения и направления выхода смеси лопатка колеса на роторе повернута на угол $\gamma = 15-25^\circ$ к радиусу ротора.

Приведем схему действия сил на частицу массой m , движущуюся по вращающейся лопатке (рис. 14.2, а). За время t , двигаясь по лопатке из точки 1 (координата x_1), частица перемещается в точку 2, характеризуемую текущей координатой x .

Уравнение движения частицы по лопатке будет иметь следующий вид:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = P_{\text{ц}} \cos \gamma - P_{\text{тр}},$$

где $P_{\text{ц}}$ — центробежная сила инерции: $P_{\text{ц}} = m\omega^2 r$.

Так как $\cos \gamma = \frac{x}{r}$, то $P_{\text{ц}} \cos \gamma = m\omega^2 x$; $P_{\text{ц}} \sin \gamma = m\omega^2 r_{\text{н}}$.

Сила Кориолиса P_k , действующая перпендикулярно к лопатке:

$$P_k = 2m\omega \frac{dx}{dt}.$$

Сила трения частицы о лопатку

$$P_{\text{тр}} = f(P_k - P_{\text{ц}} \sin \gamma) = mf \left(2\omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 r_{\text{н}} \right),$$

где f — коэффициент трения частицы о лопатку.

Тогда уравнение движения частицы

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2f\omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 x = f\omega^2 r_{\text{н}}.$$

Решение этого уравнения позволяет найти все параметры схода пакета смеси с ковша-лопатки пескомета, в том числе и относительную скорость пакета по лопатке.

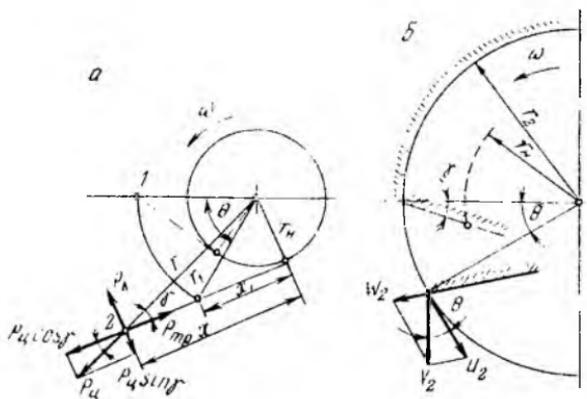


Рис. 14.2. К расчету металлической головки пескомета

При ориентировочных расчетах движение смеси по лопатке можно рассматривать без учета сил трения. Тогда уравнение движения частицы будет иметь следующий вид:

$$m \frac{d\omega}{dt} = m\omega^2 r \cos \gamma,$$

где ω — текущее значение скорости движения центра тяжести пакета по лопатке.

Произведя необходимые подстановки, получим $\omega d\omega = \omega^2 x dx$.

Принтегрировав это уравнение в пределах от r_1 до r_2 и от ω_1 до ω_2 , находим относительную скорость схода пакета смеси с лопатки ω_2 (рис. 14.2, б):

$$\int_{\omega_1}^{\omega_2} \omega d\omega = \int_{r_1}^{r_2} \omega^2 x dx;$$

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = \omega^2 (r_2^2 - r_1^2);$$

$$\omega_2 = \sqrt{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2) + \omega_1^2}.$$

При сходе с ковша-лопатки пакет смеси будет выбрасываться с абсолютной скоростью u_2 , направление которой определяется углом θ .

Важно, чтобы струя смеси, вылетающая из головки пескомета, была направлена строго перпендикулярно к плоскости подмодельной плиты.

Значение абсолютной скорости выброса пакета v_2 может быть найдено при геометрическом суммировании векторов u_2 — окружной скорости на радиусе r_2 и относительной скорости ω_2 по лопатке.

При встрече пакета с моделью или с ранее уложенными слоями смеси возникают мгновенные давления. Такие чередующиеся импульсы уплотняют смесь в опоке, причем сами пакеты также при этом уплотняются под действием собственных сил шерции, поглощаемых при ударе.

Степень уплотнения формы связана также со скоростью горизонтального перемещения головки над опоккой v_1 . При слишком медленном перемещении головки падающие пакеты, нагромождаясь и растекаясь, создают рыхлую структуру с большой пористостью, что снижает среднюю плотность набивки.

Таким образом, увеличение плотности формы достигается повышением как скорости схода пакета смеси с ковша-лопатки, так и скорости горизонтального перемещения головки относительно набиваемой формы.

Энергия, сообщаемая метательной головке, расходуется на выполнение полезной работы, т. е. на уплотнение смеси и на преодоление вредных сопротивлений:

$$N = N_{\text{пол}} + \sum N_{\text{сопр}}$$

Мощность (кВт), расходуемая на выполнение полезной работы, определяется секундной кинетической энергией пакетов и может быть выражена формулой

$$N_{\text{пол}} = \frac{P\gamma v^3}{2 \cdot 10^3 g}, \quad (14.2)$$

где P — производительность головки, м³/с; γ — удельная сила тяжести смеси, Н/м³; g — ускорение силы тяжести, м/с²; v — абсолютная скорость вылета пакета смеси, м/с.

Мощность, расходуемая на преодоление вредных сопротивлений,

$$\sum N_{\text{сопр}} = N_1 + N_2 + N_3,$$

где N_1 — мощность, необходимая для преодоления трения между пакетом смеси и направляющей дугой [10]:

$$N_1 = 615 \varepsilon f_1 k r_2^2 b n, \quad (14.3)$$

где ε — коэффициент, учитывающий, на какой части окружности происходит трение между пакетом смеси и направляющей дугой: для одноковшовой головки $\varepsilon = 0,25$; f_1 — коэффициент трения формовочной смеси по стали в движении: $f_1 = 0,3—0,4$; k — параметр, зависящий от скорости ковша, количества ковшей, производительности пескомета и др.: $k = 0,85—4,0$ кгс/см²; r_2 — радиус направляющей

щей дуги, м; b — ширина ковша, м; N_2 — мощность, необходимая для преодоления вентиляционных потерь:

$$N_2 \approx (0,4-0,5) \text{ кВт}, \quad (14.4)$$

N_3 — мощность, затрачиваемая на преодоление трения в подшипниках ротора:

$$N_3 \approx (0,2-0,3) \text{ кВт}. \quad (14.5)$$

14.2. Классификация и маркировка пескометов

По конструкции пескометы разделяются на подвесные; стационарные; передвижные.

Передвижные пескометы выполняются консольного, локомотивного и мостового типов.

В соответствии с ранее принятой системой индексации пескометы маркировались тремя цифрами: первые две — 29 — указывали на их принадлежность к группе пескометов, а третья — на их конструктивные особенности. Так, 0 — подвесные пескометы (мод. 290, 2A90, 2Б90); 2 и 3 — стационарные пескометы (мод. 292, 293, 293С, 2A93, 2АП93); 4 и 5 — локомотивные (мод. 294М, 295, 295М, 297); 1 и 6 — консольные (мод. 296, 296М).

Во всех перечисленных моделях пескометов буквы обозначают: М — модернизированный; А — автоматизированный; П — с программным управлением.

Индексация и технические характеристики выпускаемых в СССР некоторых моделей пескометов по ныне действующей системе приведены в табл. 14.1.

Табл. 14.1. Пескометы

Наименование оборудования	Модель	Производительность по уплотненной смеси, м ³ /ч	Общий вылет рукавов, м	Установленная мощность электродвигателя, кВт
Пескомет формовочный стационарный консольный с дистанционным управлением	2Б93	12,5	4,6	25,0
То же	24324	12,5	4,6	—
»	24337	25	7,5	66,4
Пескомет формовочный передвижной консольный с дистанционным управлением	296М2	25	7,5	42,6
То же	24437	25	7,5	73,0
Пескомет формовочный мостовой с программным управлением	24511	25	—	—
Пескомет формовочный мостовой с дистанционным управлением	ПН40М	40	—	85,0
То же	2ПН40М	80	—	170,0
Пескомет формовочный мостовой с программным управлением	24512	50	—	85,0

Метательные головки пескометов бывают однороторными и многороторными, с одним, двумя или с тремя ковшами-лопатками на каждом роторе.

Чтобы механизировать операцию извлечения модели из набитой полуформы, у пескометов предусматриваются специальные поворотные-вытяжные машины, которые по устройству и принципу действия аналогичны формовочным машинам с перекидным столом (см. рис. 12.15), но без встряхивающего механизма.

Для обслуживания высокопроизводительных пескометов в точно-механизированных линиях применяются специальные круговые кантователи, снабженные устройством для вытяжки моделей.

14.3. Конструктивные схемы пескометов

Подвесные пескометы мод. 290 (рис. 14.3) применяют для набивки небольших опок в условиях мелкосерийного производства. Их размещают непосредственно над карусельной установкой или пульсирующим конвейером. Рабочим органом пескомета является метательная головка 7, установленная на валу электродвигателя 4 мощностью 7 кВт. Смесь подается на лопатку ротора через воронку 6. Крепление пескомета на подвеске 5 обеспечивает возможность наклона рукава 3 до 10° от вертикальной оси. На рукоятках 1, служащих для ручного наклона головки, расположена кнопочная станция 2 для управления пескометом.

Стационарный пескомет (рис. 14.4) предназначен для наполнения и уплотнения смеси в средних опоках. На неподвижной тумбе 11 смонтированы поворотная часть 10 и траверса 1 с кронштейном 2, несущая большой 8 и малый 6 рукава, а также гидроцилиндр 9, при помощи которого поднимаются и опускаются эти рукава. На одном конце траверсы 7 малого рукава установлена метательная головка 5, а на другом — электродвигатель 3, который приводит во вращение ротор метательной головки и транспортер малого рукава. Управление пескометом осуществляется с выносного пульта 4. В неподвижной тумбе 11 размещены панели с электроаппаратурой. Производительность таких пескометов — $12,5-25,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ уплотненной смеси.

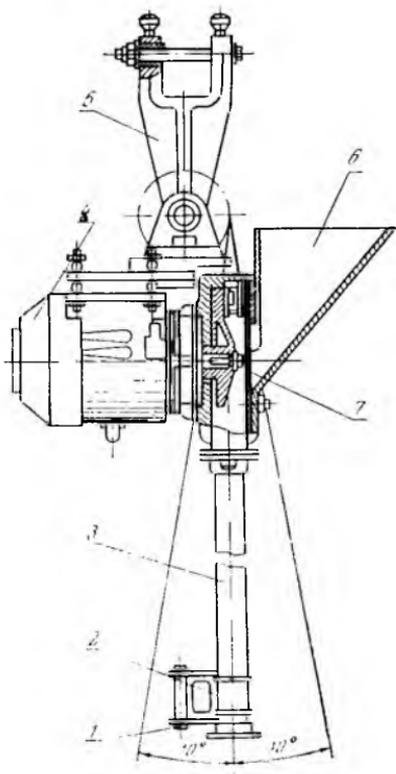


Рис. 14.3. Подвесной пескомет мод. 290

Устойчивость стационарных пескометов зависит от того, насколько правильно выбраны размеры и вес фундаментов. Чтобы определить вес фундамента, необходимо составить уравнение моментов всех сил относительно ребра опрокидывания при расположении большого и малого рукава по одной прямой линии.

После выбора веса и размеров фундамента определяется удельное давление на его подошву.

Передвижной консольный пескомет мод. 296 (рис. 14.5) предназначен для набивки крупных опок шириной до 4500 мм. Он передвигается вдоль стены или вдоль линии колонн

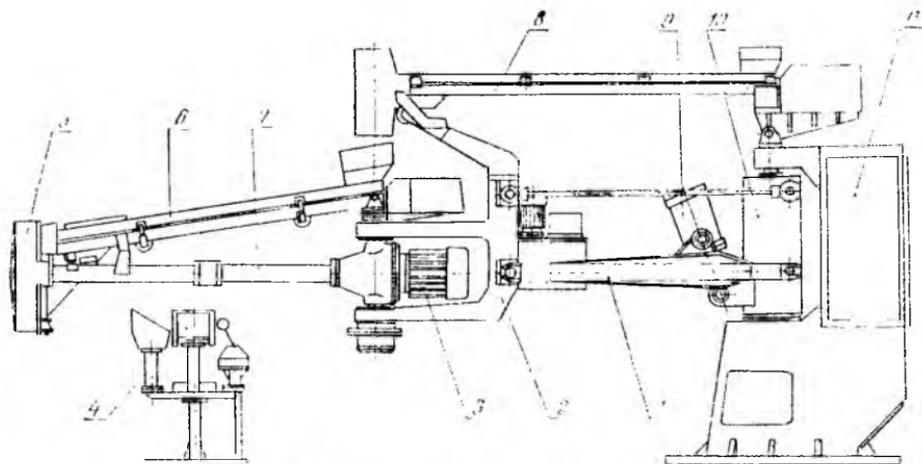


Рис. 14.4. Стационарный пескомет мод. 293

пролета на тележке 8 по одному рельсу 9, уложенному на полу цеха, и катками 7 по верхнему опорному пути 6 подобно велосипедному крану.

Пескомет имеет два рукава — большой с вылетом 3800 мм и малый с вылетом 3000 мм. Формовочная смесь подается ленточным транспортером 4 с помощью сбрасывающего скрепка 3.

Все движения рабочих органов пескомета механизированы и управляются с пульта, расположенного у метательной головки 2 и сидения формовщика 1.

Тележка 8, метательная головка 2 и ленточные транспортеры большого и малого рукавов приводятся с помощью электродвигателей. Подъем и опускание, а также поворот сбрасывающего плужка, поворот большого и малого рукавов в горизонтальной плоскости, подъем и опускание большого рукава выполняются с помощью гидравлических цилиндров.

Метательная головка 2 имеет диаметр 620 мм и приводится во вращение электродвигателем ($N=22$ кВт и $n=1450$ об/мин), при этом скорость выхода формовочной смеси из головки составляет 46,7 м/с. Горизонтальное положение головки при подъеме

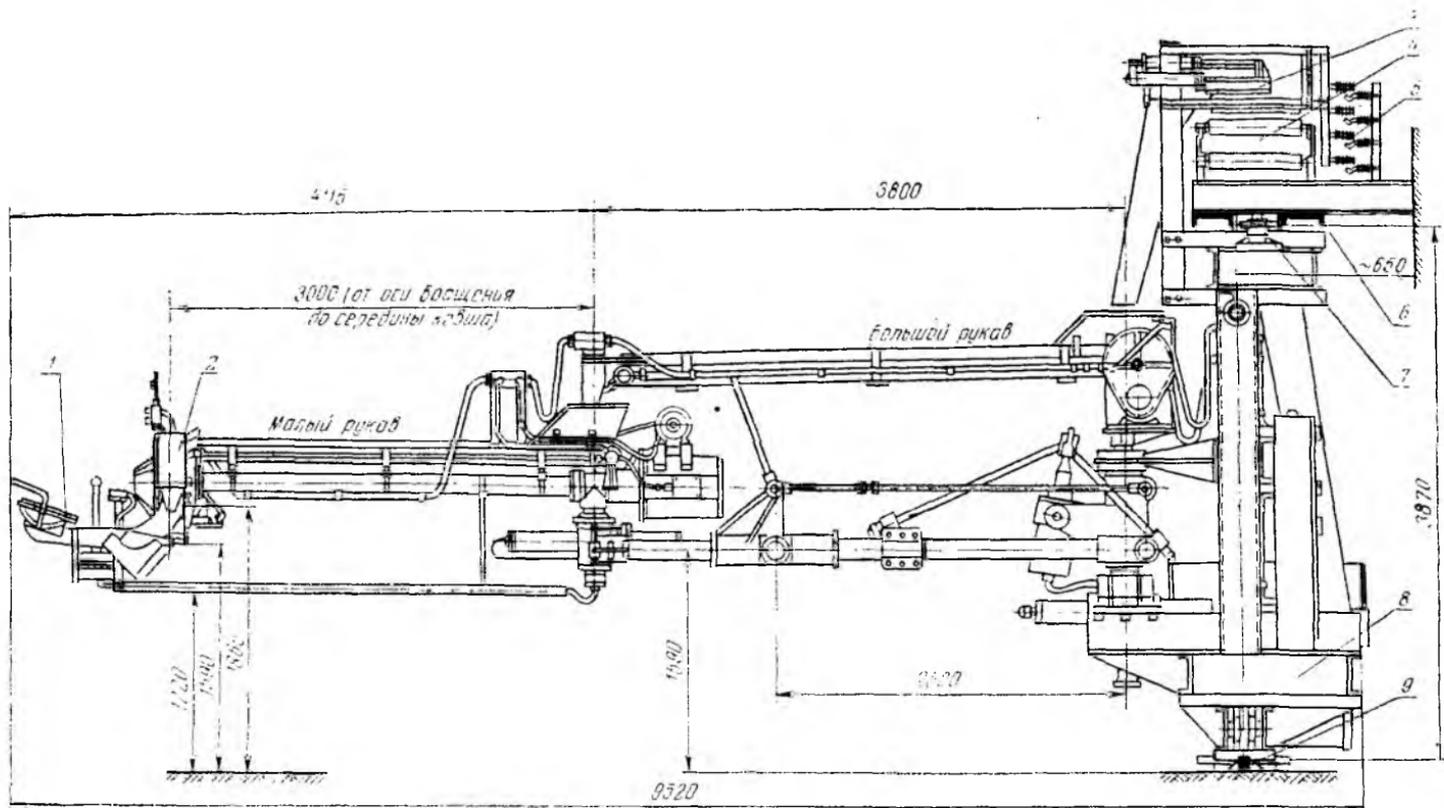


Рис. 14.5. Передвижной консольный пескочет мод. 296

рукавов пескомета обеспечивается специальным шарнирным параллелограммом.

Производительность пескомета — 20—25 м³/ч уплотненной смеси.

При расчете устойчивости передвижных (велосипедных) пескометов необходимо также учесть возможность опрокидывания их в плоскости движения, т. е. при расположении обоих рукавов параллельно опорным путям.

Передвижной пескомет мод. 295М (рис. 14.6) предназначен для изготовления крупных форм в опоках или кессонах.

Пескомет обслуживается одним рабочим-оператором с пульта управления 1, прикрепленного к метательной головке 2. Метательная головка крепится к трубе 3 малого рукава. Внутри трубы проходит приводной вал головки, который приводится во вращение электродвигателем 5.

Малый рукав 4 состоит из трубы и двух стяжек, на которых монтируется ленточный транспортер, подающий формовочную смесь в метательную головку пескомета.

Большой рукав 6 состоит из двух параллельно расположенных труб и тяг 7, образующих четырехзвенный механизм, сохраняющий горизонтальное положение малого рукава при подъеме и опускании метательной головки. Рукава поднимаются гидравлическим цилиндром 8.

Элеватор 9 обеспечивает подачу формовочной смеси на ленточный транспортер большого рукава. В элеватор смесь подается через сито питателем 12. Питатель смонтирован на верхней раме 13, которая опирается на переднюю и заднюю тумбы. Над питателем установлено основание бункера 11 со щелевым затвором. На основании устанавливается сменный бункер 10 с самораскрывающимся днищем.

Все узлы машины монтируются на раме 15, на которой располагается также и кабельный барабан 14. Рама устанавливается на две двухосные тележки, из которых задняя приводная. Приводятся тележки в движение от электродвигателя через редуктор и цепную передачу.

Питается пескомет от цеховой сети напряжением 380 В. Для освещения набиваемой формы под метательной головкой пескомета установлена фара.

Производительность пескомета 12,5 м³/ч, максимальный радиус действия метательной головки 4,5 м, емкость сменного бункера 4,5 м³.

Повышение производительности труда при пескометной набивке предусматривает создание автоматизированных пескометов и включение их в поточные линии.

Механизированная поточная линия пескометной формовки (рис. 14.7, см. передний форзац) состоит из карусели, оборудованной тележками; механизма для поворота полуформ (кантователя) 3; механизированного рольганга 1.

Карусель 5 представляет шестипозиционный тележечный кон-

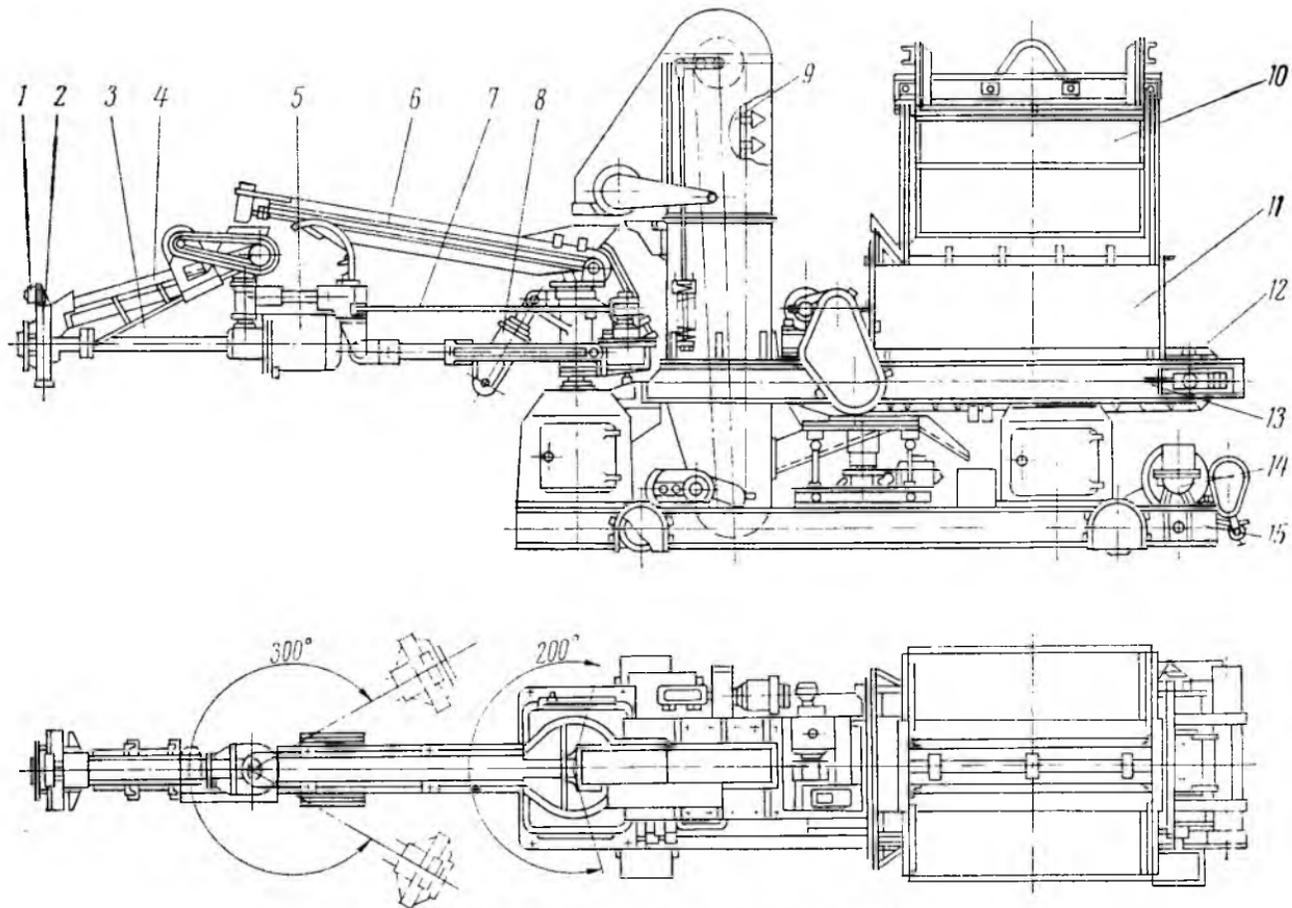


Рис. 14.6. Передвижной пескомер мод. 295М

вейер замкнутого типа, обслуживающий участок формовки и кантования полуформ. Шесть тележек, корпуса которых выполнены в виде стальных литых рам, перемещаются по кольцевому рельсовому пути. На каждую тележку устанавливается подмодельная

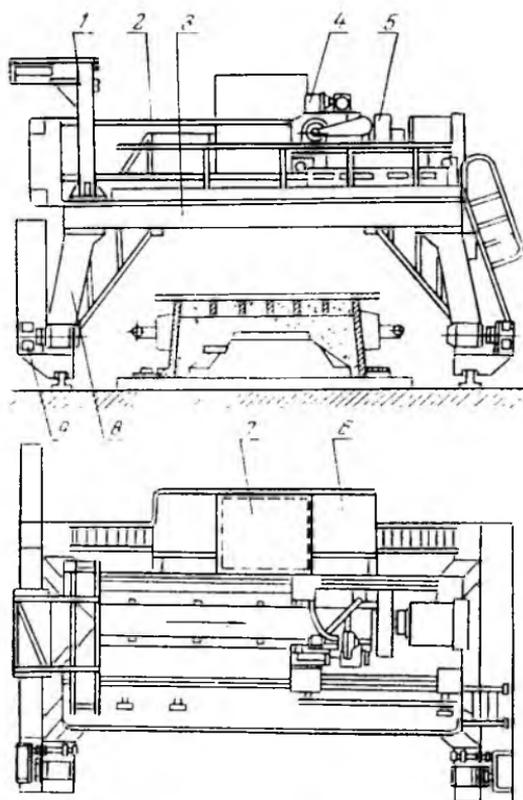


Рис. 14.8. Мостовой пескомет:

1 — механизм подачи формовочной смеси с цехового транспортера; 2 — малый ленточный конвейер пескомета; 3 — мост с опорами 8 и приводом перемещения 9; 4 — тележка; 5 — метательная головка с приводом; 6 — площадка обслуживания с кабиной оператора 7

плита, имеющая координатные отверстия для центрирования моделей. В нижней части тележек установлено по два пневматических вибратора, которые подключаются к воздушной сети в период извлечения модели из формы в кантователе 3.

Тележки перемещаются по рельсовому пути с помощью гидравлического привода. Все операции по кантовке полуформ и протяжке модели автоматизированы. Движением карусели и кантователя управляют с кнопочного пульта 2.

На позиции I карусели устанавливают модель. На позиции II устанавливают опоку, на позиции III навешивают крючки на ребра опоки, на позиции IV в опоку подают облицовочную смесь, а на позиции V при помощи пескомета 4 набивают полуформу наполнительной смесью и удаляют ее излишки, на VI — кантуют полуформы и извлекают модель. Повернутая полуформа выкатывается по наклонному рольгангу кантователя на механизированный рольганг I, а тележка карусели с под-

модельной плитой и моделью возвращается на позицию I.

Мостовой пескомет мод. 2ПН-40МС1 (рис. 14.8) предназначен для набивки форм крупных изложниц. В большинстве случаев контур набивки форм представляет прямоугольник с округленными углами, заполнение которого требует прямолинейного перемещения метательной головки в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Метательная головка перемещается в результате сочетания возвратно-поступательных движений двух реверсивных тележек.

Пакеты смеси, вылетающие из пескометной головки, равномерно накладываются вдоль набиваемых щелей. Для подачи смеси в метательную головку предусмотрена специальная система из двух ленточных транспортеров, из которых один неподвижный, а второй перемещается вместе с мостом пескомета.

Набивка осуществляется автоматически. При этом устанавливаются оптимальные скорости перемещения моста и тележки и количество формовочной смеси, подаваемой в пескометную головку.

Пескомет представляет собой мост козлового типа, который несет на себе тележку с пескометной головкой и передвигается по рельсовому пути. Подача смеси в пескометную головку осуществляется непосредственно с цехового транспортера с помощью плужка и бункера на малый транспортер пескомета.

Пескомет (рис. 14.8), передвигаясь по рельсам вдоль цехового транспортера, останавливается над опокой. Оператор последовательно включает ротор метательной головки, малый транспортер 2, механизм перемещения тележки и моста. При этом пескометная головка начинает перемещаться над опокой по заданной программе в зависимости от конфигурации и формы модели.

Пескомет может работать индивидуально (изготовление форм в опоках и кессонах) и встраиваться в поточные линии.

14.4. Автоматизация пескометов

Автоматизация набивки с помощью программирующего устройства значительно повышает эффективность использования пескометных агрегатов и улучшает качество форм.

Подготовка программы (определение и запись необходимых перемещений головки, изменения скоростей передвижения, скоростей вращения ротора и т. д.) может производиться двумя методами — программированием по образцу, т. е. путем записи всех операций, выполнявшихся опытным рабочим-наладчиком при набивке на пескомете первого образца формы или стержня, и расчетным программированием, при котором разрабатывается предварительная программа, учитывающая различные факторы, влияющие на качество набивки.

В первом случае в качестве программноносителей используются специальные диски с записью программы, магнитные и перфорированные ленты, во втором — наборы кулачков и конечных выключателей.

На каждый типоразмер формы или изложницы составляется своя программа путем набора сменных рамок с укрепленными на них кулачками. Рамки крепятся к тележке и к мосту пескомета.

Программированию подлежат повороты большого и малого рукавов, дросселей, управляющих скоростями при движении обоих рукавов, автоматическое переключение электродвигателя привода головки с одной скорости на другую, автоматическое управление сбрасывающим скребком и автоматическое возвращение всех рабочих механизмов пескомета в исходное положение.

15.1. Классификация поточных формовочно-литейных линий

Высшей формой поточного производства считается непрерывный поток с регламентированным ритмом.

Созданные за последние годы формовочно-литейные линии отвечают указанным выше требованиям, различаясь лишь уровнем

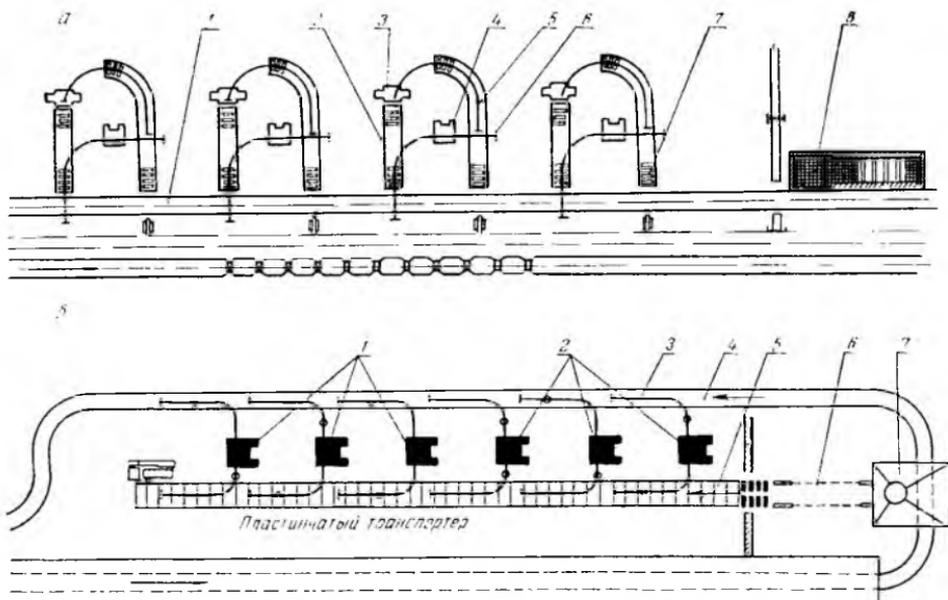


Рис. 15.1. Схемы механизированных поточных линий формовки:

а — со сборкой форм вне конвейера; б — со сборкой форм на литейном конвейере

постоянно совершенствуемой техники, а также вариантами компоновки оборудования.

Поэтому классифицировать формовочно-литейные линии следует, учитывая в основном последние два признака — уровень техники и варианты компоновки оборудования.

Различают механизированные и автоматизированные поточные линии.

Механизированные формовочные линии в свою очередь разделяются на такие, в которых сборка форм производится вне транспортирующего устройства, и на линии, в которых сборка форм осуществляется непосредственно на транспортирующем устройстве, т. е. на формовочном конвейере.

В первом случае (рис. 15.1, а) выбитые на решетке 8 опоки в нераспарованном виде сталкиваются на рольганг 7, с которого

верхняя опока с помощью подъемника на монорельсе 6 снимается и перемещается к формовочной машине 4 для изготовления верхних полуформ, а нижняя опока таким же образом по монорельсу 5 подводится к машине 3 для изготовления нижних полуформ. Заформованная нижняя опока выдвигается на рольганг 2, где производится укладка стержней, а затем и установка верхней полуформы на нижнюю — сборка формы. Готовая форма сталкивается или устанавливается на формовочно-литейный конвейер 1, который перемещает ее на заливочный участок.

По второй схеме (рис. 15.1, б) выбитые на решетке 7 опоки, проходя через распаровщик 6, поступают раздельно (верхняя и нижняя) на специальный пластинчатый конвейер 5, который доставляет их к формовочным машинам. Группа машин 2 приспособлена для формования нижних опок, а группа 1 — верхних. Заформованные нижние опоки с помощью подъемника и монорельса 3 устанавливаются на формовочно-литейный конвейер 4, где производится укладка стержней и по мере продвижения их на конвейере — установка верхней полуформы на нижнюю, т. е. сборка формы.

Обе схемы еще применяются в литейных цехах, несмотря на то что вызывают необходимость в значительных затратах ручного труда. Однако все чаще используются автоматизированные формовочные линии, в которых ручной труд используется только на операциях укладки стержней и заливки металла в формы.

Автоматизированные формовочные линии являются основными технологическими комплексами современных литейных цехов.

Компоновка — составление из отдельных элементов единой линии — включает вопросы, касающиеся разделения линии на участки расположения формовочных автоматов и других устройств, включая транспортные устройства.

На компоновку автоматизированных линий влияют в основном следующие факторы: годовая программа линии; размеры и конфигурация отливок; выбранный технологический процесс; принципиальная и конструктивная схемы формовочного автомата; тип литейного конвейера и межоперационных транспортных средств.

Во всех случаях определяющим условием выбора компоновки является минимальная потребность в производственных площадях для размещения всех элементов линии при удобстве их обслуживания и надежность работы линии.

Несмотря на разнообразие автоматизированных формовочных линий, единой классификации их структурных схем еще не создано. Наиболее полной можно считать классификацию автоматизированных линий опочной формовки, приведенную в работе [10], охватывающую главные структурные связи этих линий.

В этой классификации (рис. 15.2) приняты единые условные обозначения типовых механизмов автоматизированных линий, которые рекомендуется применять при вычерчивании структурных схем формовочных линий.

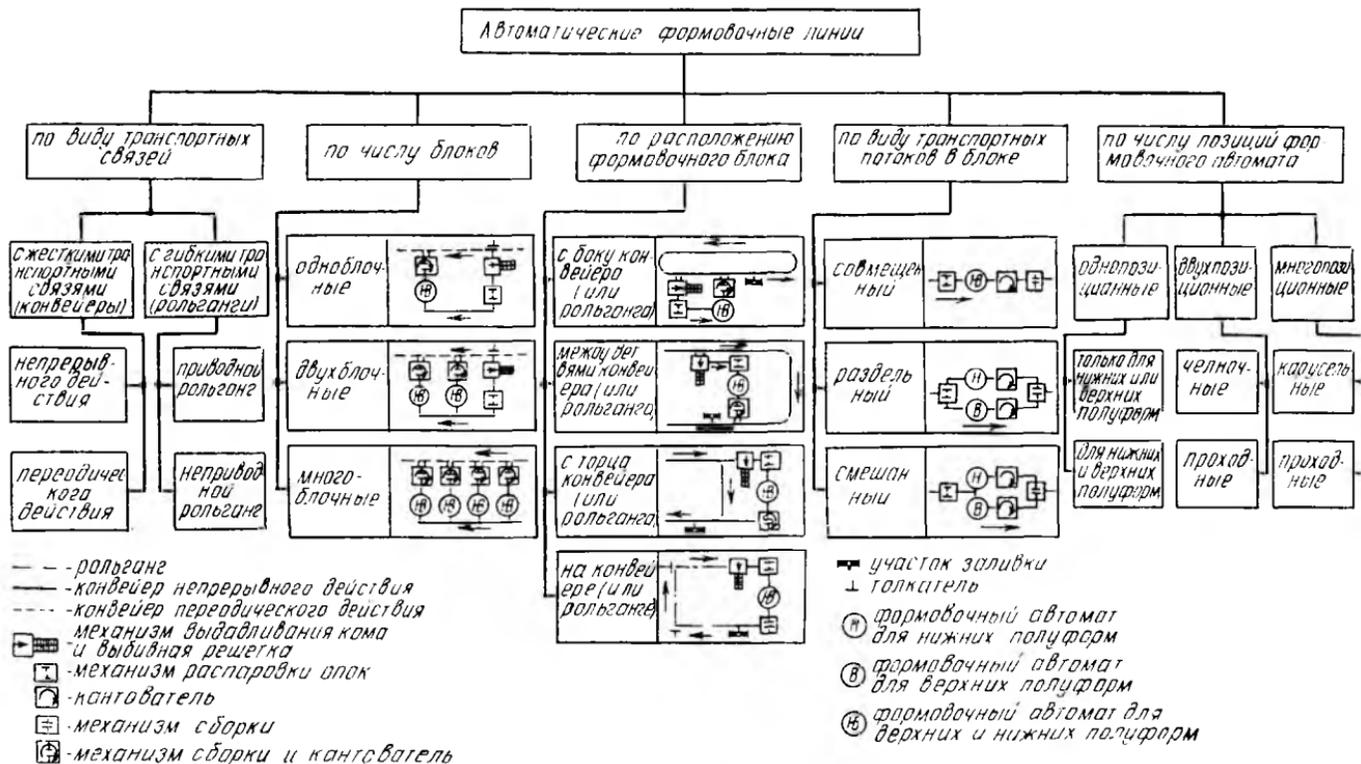


Рис. 15.2. Классификация автоматизированных (автоматических) формовочных линий

15.2. Состав автоматизированных формовочно-литейных линий

Автоматизированная линия изготовления отливок в опоках обычно состоит из следующих элементов:

- а) автоматического устройства для выбивки и разделения пары опок (распаровки);
- б) транспортных устройств для доставки пустых опок к формовочным автоматам (в этом случае могут применяться специальные конвейеры либо использоваться площадки литейного конвейера);
- в) формовочных автоматов для нижних и верхних полуформ с дозаторами формовочной смеси и устройствами для поворота (кантования) нижних опок и полуформ: возможна установка одного автомата для изготовления нижних и верхних полуформ;
- г) автоматического устройства для установки нижней полуформы на литейный или специальный сборочный конвейер (установщик полуформ);
- д) сборочного конвейера (не всегда), на котором производится укладка стержней в нижнюю полуформу и сборка всей формы;
- е) автоматического устройства для установки верхней полуформы на нижнюю (сборщик форм) и установки собранных форм на литейный конвейер;
- ж) автоматического устройства для нагружения форм перед заливкой;
- з) заливочного устройства;
- и) литейного конвейера с комплектом специализированных опок;
- к) охлаждающей камеры;
- л) пульта управления.

В зависимости от принятой принципиальной схемы формовочного автомата, компоновки элементов автоматизированной линии и их конструктивной схемы некоторые из перечисленных элементов могут либо вовсе отсутствовать, либо совмещаться в один узел.

Конструктивные схемы элементов формовочной линии определяются их назначением и характером выполняемых операций. Конструкции некоторых из них приводятся ниже (§ 15.4).

15.3. Выбор типа формовочного автомата

Формовочный автомат — основное звено в цепи машин и устройств, составляющих автоматизированную линию, — должен базироваться на наиболее прогрессивном технологическом процессе для данного типа производства.

Выбор принципиальной схемы автомата является важнейшим этапом в разработке формовочно-литейной линии. Он включает определение числа позиций типа системы управления, компоновочного решения основных узлов, разработку кинематической схемы и др.

В общем виде производительность формовочной установки

$$Q = \frac{3600}{T_{ц}} \text{ форм/ч,}$$

где $T_{ц}$ — цикл установки (время, через которое выдается одна готовая форма), с.

Для данного метода уплотнения форм

$$T_{ц} = f(q, \Sigma t_{п}, \Sigma t_{р}, \Sigma t_{м}),$$

где q — число позиций, на которых производится формовка; $\Sigma t_{п}$ — продолжительность операций подачи пустых опок в машину и удаление заформованных; $\Sigma t_{р}$ — продолжительность операций подвода и отвода рабочих органов (прессовой плиты, дозатора и др.); $\Sigma t_{м}$ — продолжительность перемещения модельных комплектов с позиции на позицию.

В общем виде продолжительность цикла

$$T_{ц} = \frac{\Sigma t_{о} + \Sigma t_{п} + \Sigma t_{р}}{q} + \Sigma t_{м},$$

где $\Sigma t_{о}$ — продолжительность операций по заполнению опок смесью, уплотнению смеси и выемке модели.

Рассматривая в этом плане различные конструктивные схемы формовочных автоматов, приходим к выводу, что наиболее про-

изводительными являются много-позиционные машины карусельного или проходного типов, в которых операции разделены по месту и совмещены по времени. Модельные плиты с опоками в этих машинах последовательно перемещаются от позиции к позиции, на которых совершаются определенные операции.

Поскольку перемещение модельных плит возможно только тогда, когда будут завершены операции на самой загруженной позиции, то

$$T_{ц} = t_{\text{макс}} + t_{м},$$

где $t_{\text{макс}}$ — длительность операций на самой загруженной позиции.

Для перемещения модельных плит применяют транспортные

устройства (челночные, карусельные, проходные). Плиты, укрепленные на челноке, карусели или тележке, перемещаются в определенной последовательности с одной позиции на другую и затем возвращаются в исходное положение.

Замена модельных плит в этих случаях — довольно длительная операция, требующая больших затрат ручного труда. В современ-

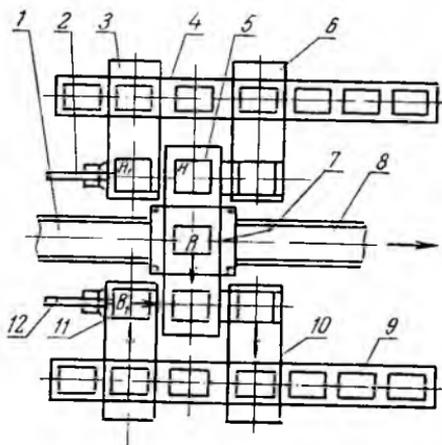


Рис. 15.3. Система автоматизированной замены модельных плит на одно-позиционном автомате

ных автоматизированных формовочных машинах это осуществляется автоматически.

На рис. 15.3 приведена схема устройства для автоматизированной замены модельных плит на однопозиционном автомате. Для смены моделей служит двухпозиционная тележка 5, которая перемещает модельную плиту *H* (нижней полуформы) на позицию уплотнения 7, а модельную плиту *B* (верхней полуформы) — на свободную позицию. Новая модельная плита *B*₁ из магазина 9 механизмом передачи 11 подается к толкателю 12, а затем на тележку 5. При этом плита *B* выталкивается в механизм возврата плит 10, который возвращает плиту *B* в магазин 9. Аналогично производится смена нижних модельных плит. В работе участвуют магазин 4, механизмы 3 и 6 и толкатель 2. Подача опок к машине происходит по конвейеру 1, а выдача готовых полуформ — на конвейер 8.

Аналогичное решение по замене моделей принято и в формовочном автомате (см. рис. 12.16).

15.4. Опоки, кантователи, манипуляторы

Опоки, применяемые в автоматических и автоматизированных линиях, должны иметь жесткую конструкцию и точные размеры как внутренних, так и наружных полостей, хорошо обработанные базовые плоскости, удобное направляющее и фиксирующее устройство при сборке двух полуформ. Желательно, чтобы опока для нижней полуформы не имела крестовин.

С целью полной взаимозаменяемости верхней и нижней опок применяются специальные симметричные опоки, имеющие два рабочих лада с центрирующей и направляющей втулками.

Применение таких опок рационально только при условии выбивки их методом выпрессовки кома смеси с отливкой. В противном случае оба лада этих опок будут поочередно подвергаться действию ударов на выбивных установках и быстро изнашиваться.

Кантователи (рис. 15.4) применяются для поворота на 180° порожних нижних опок перед установкой их на модель (под модельную плиту) или на стол машины, а также для поворота нижних полуформ после их уплотнения на формовочном автомате, у которого модель расположена на столе машины.

В случае применения симметричных опок и расположения модели над опокой, заполненной смесью (для получения отпечатка путем вдавливания модели в смесь), необходимость в кантователях отпадает.

Существуют круговые кантователи (рис. 15.4, а), боковые опрокидыватели (рис. 15.4, б) и комбинированные кантователи (рис. 15.4, в), одновременно переворачивающие опоку и поворачивающие ее в горизонтальной плоскости. В последних для поворота опоки и полуформы на угол 90° в горизонтальной плоскости поворотные цапфы устанавливаются под углом 45° к горизонтали.

Манипуляторы — специализированные подъемно-транс-

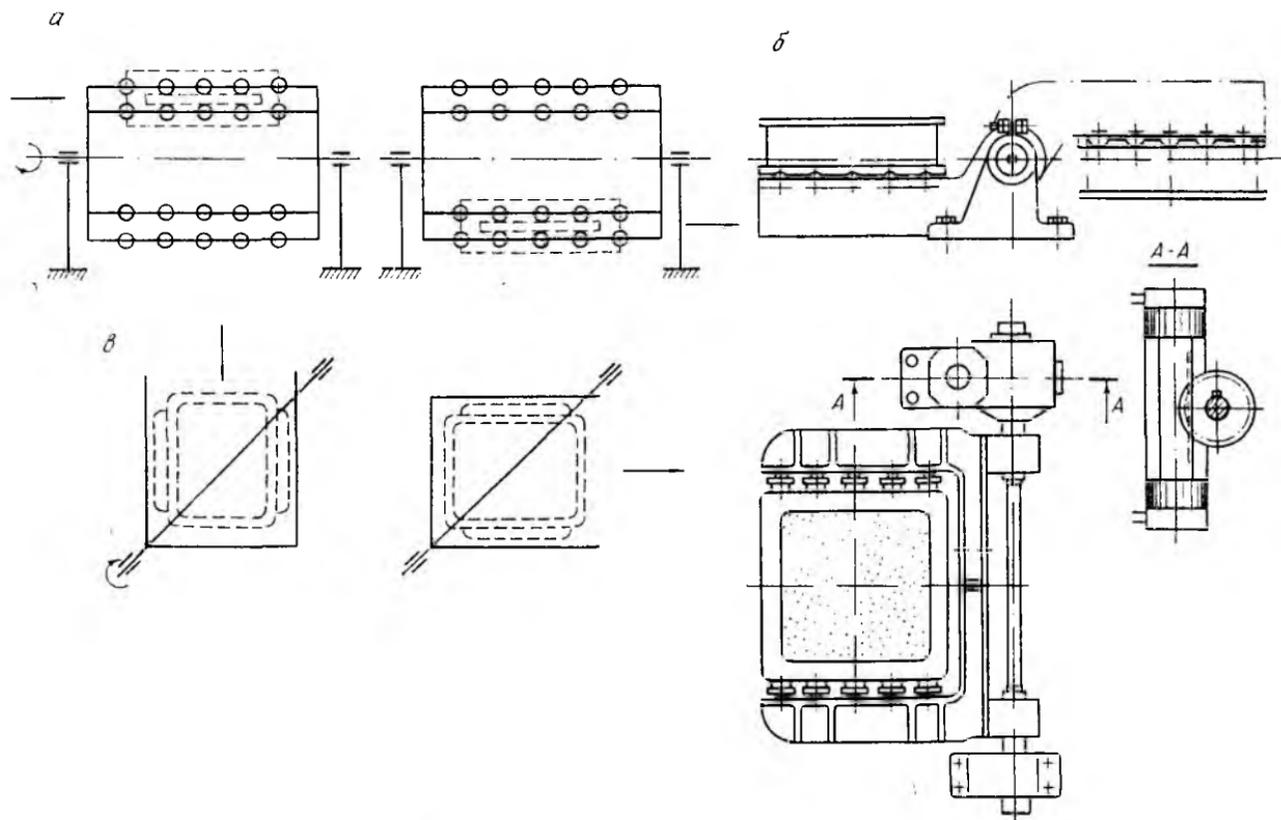


Рис. 15.4. Кантователи для опок и полуформ:
 а — круговой; б — боковой; в — комбинированный

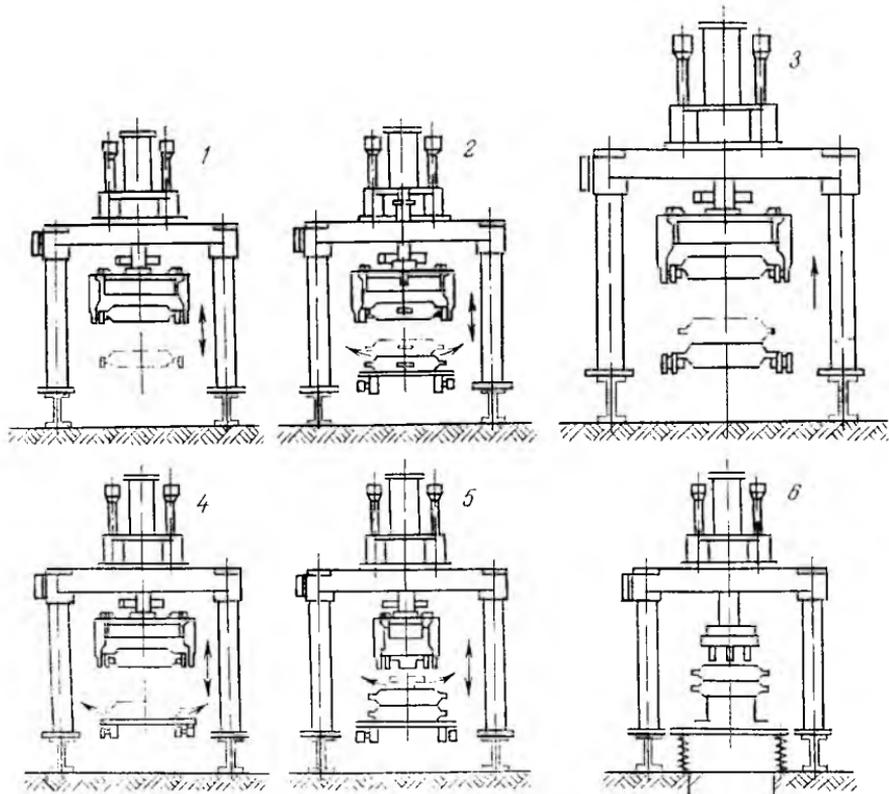


Рис. 15.5. Манипуляторы формовочных линий

нортные устройства автоматических формовочных линий. К их числу относятся (рис. 15.5): механизм 1 — подъема и опускания онок на формовочно-литейный конвейер, механизм 2 — установки и поворота полуформ, механизм 3 — разборки онок, механизм 4 — сборки форм, механизм 5 — установки и снятия грузов при заливке форм, механизм 6 — выдавливания кома смеси с отливкой из онок на выбивную решетку.

15.5. Формовочно-литейные конвейеры

Конструкции формовочно-литейных конвейеров разнообразны и определяются в основном размерами и весом форм, которые перемещаются на них.

Так, для перемещения форм небольших размеров (до 650×500 мм) применяются подвесные, тележечные и роликовые конвейеры; средних форм (до 1600×800 мм) — тележечные горизонтально-замкнутые и шагающие конвейеры; для перемещения крупных форм чаще всего применяются шагающие и трансбордерные конвейеры.

Шагающие и трансбордерные конвейеры являются устройствами пульсирующего действия, а остальные чаще всего — непрерывного.

Подвесные формовочные конвейеры (рис. 15.6) легки, дешевы и просты в эксплуатации. Трасса их может быть горизонтально-замкнутой или иметь сложный профиль с подъемами, спусками и поворотами, однако грузоподъемность такого конвейера, имеющего маятниковую подвеску, невелика (до 5,0 кН).

Тележечные горизонтально-замкнутые конвейеры получили наибольшее распространение в цехах массового и крупносерийного производства. Достоинствами их являются большой диапазон грузоподъемности, возможность осуществления сложной трассы и применения любых подъемных средств (монорельсов, кранов, кран-балок и проч.).

Несущим элементом тележечного конвейера являются тележки (платформы), передвигающиеся по замкнутому направляющим путям при помощи тяговой цепи. Расстояние между тележками (платформами) на конвейере обуславливается габаритами транспортируемых форм и удобством выполнения рабочих операций. Полная развернутая длина тягового элемента конвейера должна быть кратной шагу тележек.

По характеру направляющих путей и конструкции тележек конвейеры бывают одно- и двухрельсовыми.

Двухрельсовые конвейеры имеют разнообразное конструктивное оформление. Наиболее надежными в работе показали себя конвейеры с безребордными катками (рис. 15.7).

Тележки конвейера приводятся в движение тяговой цепью, расположенной центрально по оси конвейера и получающей движение от гусеничного привода. Чтобы воспрепятствовать боковому сдвигу тележек с рельсовых путей, на втулках тяговой цепи устанавливаются катки, которые движутся между направляющими уголками. В конвейере предусмотрено натяжное устройство, обеспечивающее нормальные условия работы тяговой цепи.

В Советском Союзе выпускаются тележечные литейные конвейеры с шириной платформы 500, 650, 800, 1000, 1250 мм и с полезной нагрузкой на каждую соответственно 5,0, 10,0, 20,0, 40,0, 80,0 кН.

Длина трассы конвейера L складывается из технологически необходимой протяженности отдельных его участков — формовочного, заливочного, охлаждающего и выбивного.

Так, длина формовочного участка конвейера $L_{\text{ф}}$ определяется путем конкретного размещения формовочных автоматов и всех устройств, обеспечивающих работу линии в автоматическом режиме.

Длина заливочного участка $L_{\text{зал}}$ чаще всего выбирается по практическим данным в пределах 8—15 м. С внедрением в литейные цехи автоматической заливки форм эти пределы будут значительно уменьшены.

Охлаждающий участок конвейера должен иметь длину $L_{\text{охл}}$, до-

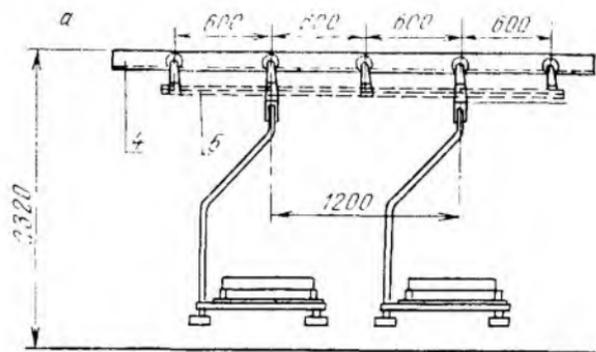
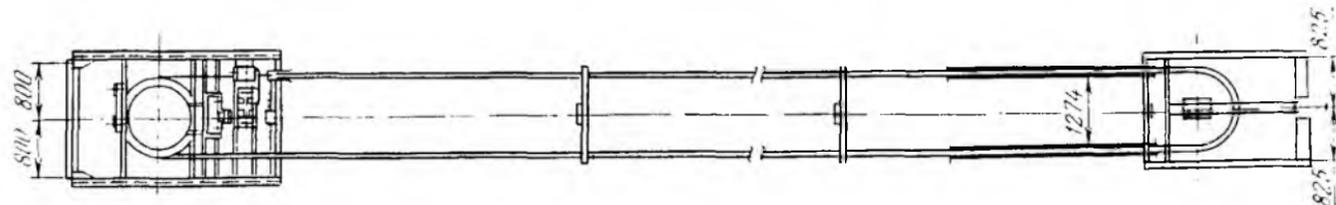
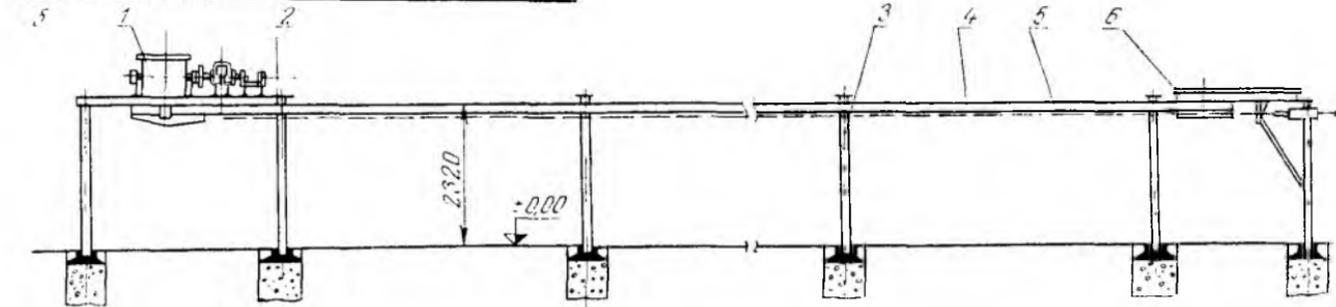


Рис. 15.6. Подвесной литейный конвейер:
 а — общий вид; б — подвеска; 1 — приводная станция; 2, 3 — опорные металлоконструкции; 4 — ездовой путь; 5 — тяговая цепь; 6 — натяжная станция



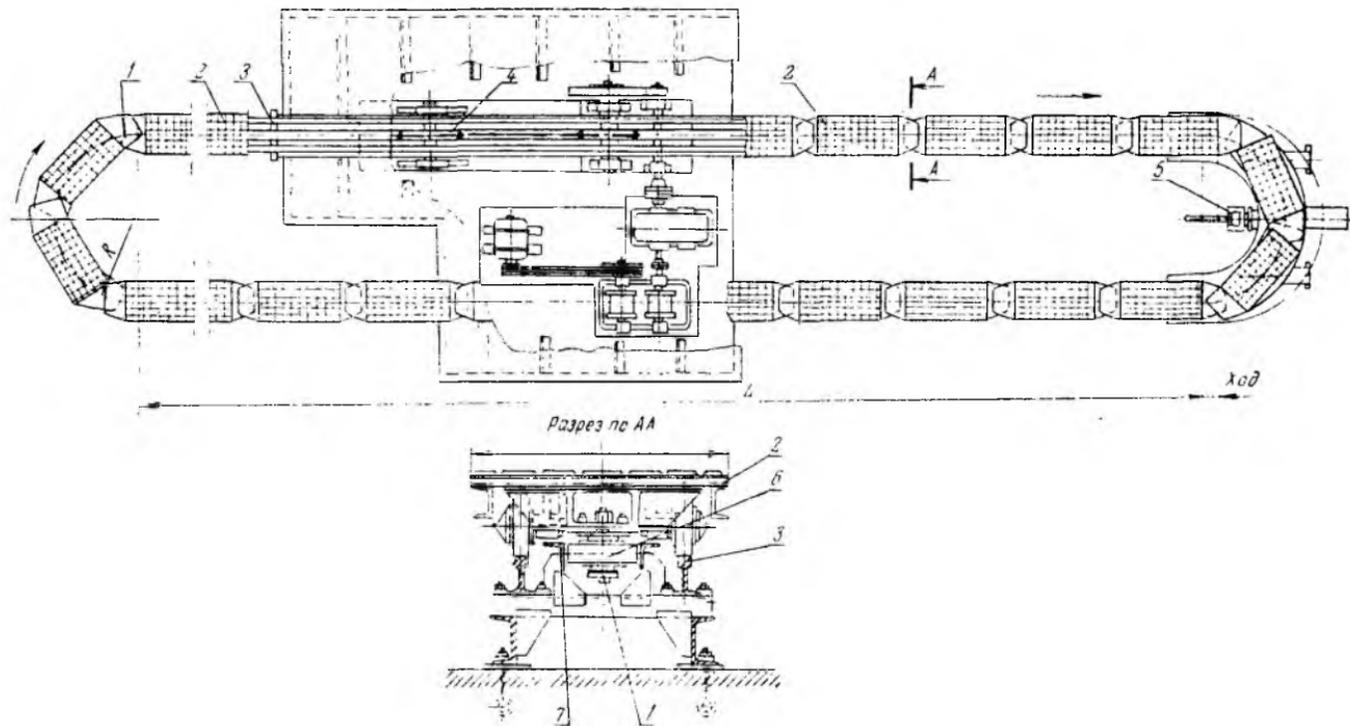


Рис. 15.7. Двухрельсовый тележный конвейер:

1 — тяговая цепь; 2 — тележки; 3 — рельсовые пути; 4 — приводное устройство; 5 — натяжное устройство; 6 — катки тяговой цепи;
7 — направляющие шины

статочную для остывания отливок при данной скорости v их движения от заливки до выбивки. Время остывания отливок (с) $t_{\text{охл}} = \frac{L_{\text{охл}}}{v}$.

Участок выбивки форм определяется его планировкой. В зависимости от принятой схемы автоматической установки (с возвратом порожних опок на формовочном конвейере или специальными транспортерами) длина участка выбивки $L_{\text{выб}}$ может быть различной.

Вся длина трассы конвейера составляет $L = L_{\text{ф}} + L_{\text{зал}} + L_{\text{охл}} + L_{\text{выб}}$.

Роликовые конвейеры, несущей частью которых являются ролики, особенно удобны в тех случаях, когда необходимо иметь подвижные межоперационные заделы на линиях. Ролики конвейеров получают принудительное вращение от электродвигателя через зубчатые, цепные или фрикционные передачи.

Наиболее пригодны в автоматических линиях конвейеры с фрикционной передачей крутящего момента на ролики.

Приводные роликовые конвейеры позволяют изменить принцип связи между элементами линий, повысить надежность этих элементов и производительность.

Вид роликовых конвейеров — кромочные рольганги используются в качестве путей для перемещения пустых и заформованных опок. Рольганги такого типа показаны на кантователях (см. рис. 15.4, а, б). Компоновка роликового конвейера в комплексе автоматизированной формовочно-литейной линии приведена на рис. 11.14. Схема устройства и работы шагающего конвейера с гидравлическим приводом показана на рис. 15.8. Конвейер состоит из неподвижной рамы 1 с направляющими боковыми ро-

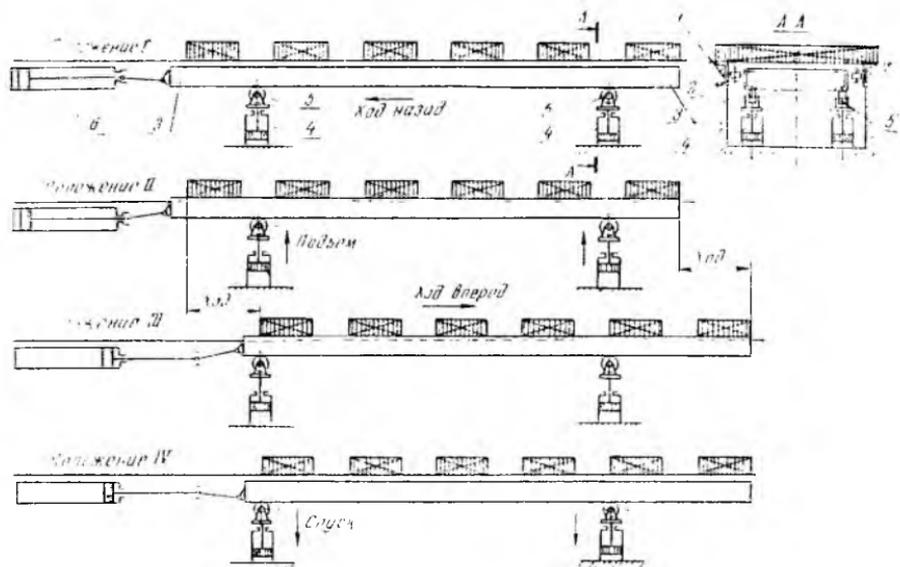


Рис. 15.8. Схема устройства и работы шагающего конвейера

ликами 2, подвижной рамы 3, нескольких подъемников 4 с опорными катками 5 и привода 6 для возвратно-поступательного перемещения рамы 3 в горизонтальной плоскости.

Подъемники устанавливаются через каждые 3—5 м вдоль конвейера и служат для подъема и опускания рамы 3, т. е. перемещения ее в вертикальной плоскости.

В положении I формы расположены на неподвижной раме, подвижная рама опущена и находится в крайнем левом положении;

в положении II подвижная рама поднимается подъемниками на 10—15 мм выше уровня неподвижной рамы и приподнимает на себе формы;

в положении III включается привод горизонтального перемещения, и подвижная рама в поднятом положении вместе с расположенными на ней формами подвигается вперед на один шаг;

в положении IV подвижная рама опускается и устанавливает формы на неподвижную раму. После этого привод возвращает подвижную раму в исходное положение.

За один цикл работы шагающего конвейера все формы, расположенные на нем, перемещаются на один шаг вперед через равные промежутки времени. Включение подъемников и привода горизонтального перемещения рамы производится автоматически в определенной последовательности и регламентируется по времени при помощи командоаппаратов. Из отдельных шагающих конвейеров можно составлять замыкающиеся в горизонтальной (одноэтажные) или вертикальной плоскости (двухэтажные) системы конвейеров.

Стремление перевести на поток производство крупных форм (массой 15—25 т) привело к созданию новых видов формовочных конвейеров, таких, как *т р а н с б о р д е р н ы е*.

Особенность этих конвейеров — большие размеры тележек-платформ (поддонов), на которых располагают модельно-опочную оснастку для литейной формы, отсутствие непосредственной связи между тележками-платформами, а также использование гидравлических механизмов для привода рабочих платформ и других элементов конвейера.

Тележечно-транспортерный конвейер располагается в горизонтальной плоскости и состоит из двух или нескольких параллельных рабочих линий, вдоль которых перемещаются тележки с литейными формами (см. рис. 15.13); двух передаточных участков, расположенных по концам рабочих линий (перпендикулярно к ним), вдоль которых перемещаются передаточные тележки (транспортеры).

Транспортеры служат для передачи рабочих тележек с формами с одной рабочей линии на другую.

На рабочих линиях конвейера производят все операции по приготовлению форм, заливку их и остывание. Одна из линий приспособлена для сборки и заливки форм, остальные — для остывания.

15.6. Автоматизированные линии изготовления литейных форм

Технические характеристики некоторых отечественных и зарубежных формовочно-литейных линий приведены в табл. 15.1. Примеры планировок некоторых линий рассматривались в связи с конструкцией формовочных автоматов (см. §§ 11.3, 12.4, 13.3, 13.4, 14.3).

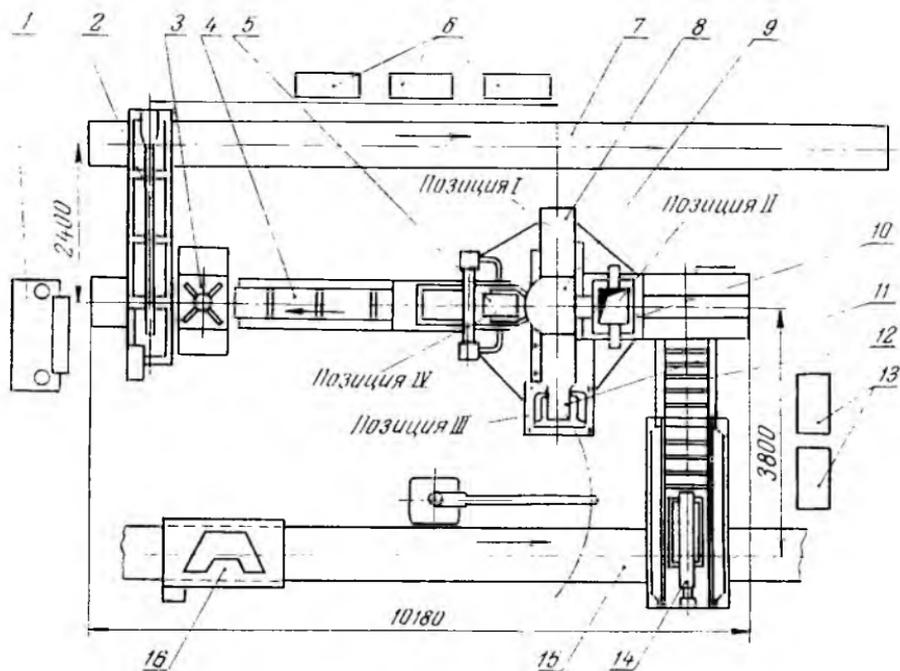


Рис. 15.9. Формовочный блок мод. 22821

Ниже приводится описание устройства линий, успешно работающих в передовых литейных цехах у нас в стране и за рубежом.

Формовочный блок мод. 22821 (рис. 15.9) представляет комплект механизмов и устройств, при помощи которых можно получать формы в опоках размером $500 \times 400 \times 150/150$ мм. Наличие у формовочно-литейного конвейера нескольких таких комплектов позволяет увеличить производительность всей линии. Работает линия следующим образом. После выбивки форм опоки в сборе по конвейеру 15 подаются к толкателю 14, который сталкивает их на наклонный ролик 12, являющийся одновременно и накопителем опок.

Далее, поступая на стол 10, опоки распаровываются и поочередно подаются на позицию II четырехпозиционного поворотного стола 9, на котором закреплены четыре секции со съёмными модельными плитами.

Табл. 15.1. Технические характеристики формовочно-литейных линий

Модель, фирма	Размер опок в свету, мм	Производительность, форм./ч	Тип формовочного автомата	Количество формовочных автоматов в линии	Тип литейного конвейера
ПЛ-225 (рис. 11.14)	900×600×250/250	240	Прессовый, проходной, однопозиционный	1/1	Приводные рольганги
АЛ91265СМ (рис. 12.12; 12.13)	800×700×300	Одного формовочного блока 50	91265СК	2 и более	Тележечный
22821 (рис. 15.9; 15.10)	500×400×150	150	Прессово-встряхивающий	2 и более	То же
АЛ2002 (рис. 15.14)	600×450×200	480—540	Безопасный, пескодувно-прессовый, стопочный с карусельным столом	1	Шагающий
«СПО» (США) (рис. 15.11)	900×700×362/362	140	Встряхивание с прессованием	1/1	Тележечный
	800×700×260/260	140	То же	1/1	То же
	1370×940×280/280	140	»	1/1	»
«Дисаматик» (Дания) 2011	400×500×200	300	Пескодувно-прессовый	1	Лоток для передвижения
2013 (рис. 13.21)	480×600×300	—	—	—	—
«Кюнфель-Вагнер» (ФРГ) (рис. 12.18; 15.12)	1320×915×255/255	133	Встряхивание с одновременным прессованием, челночный трехпозиционный	1	Тележечный пульсирующий с гидравлическим приводом
«Гизаг» (ГДР)	630×500×200/250	160	Встряхивание и прессование, трехпозиционный	1/1	Тележечный пульсирующий
То же	1000×800×320/400	110	То же	1/1	То же
«Георг Финнер» (Швейцария) (рис. 15.13)	1350×910×350/350	140	Встряхивание с одновременным прессованием	1	Рольганговый
То же	900×700×300/300	200	То же	1	То же
»	750×750×150/150	150	»	1	»

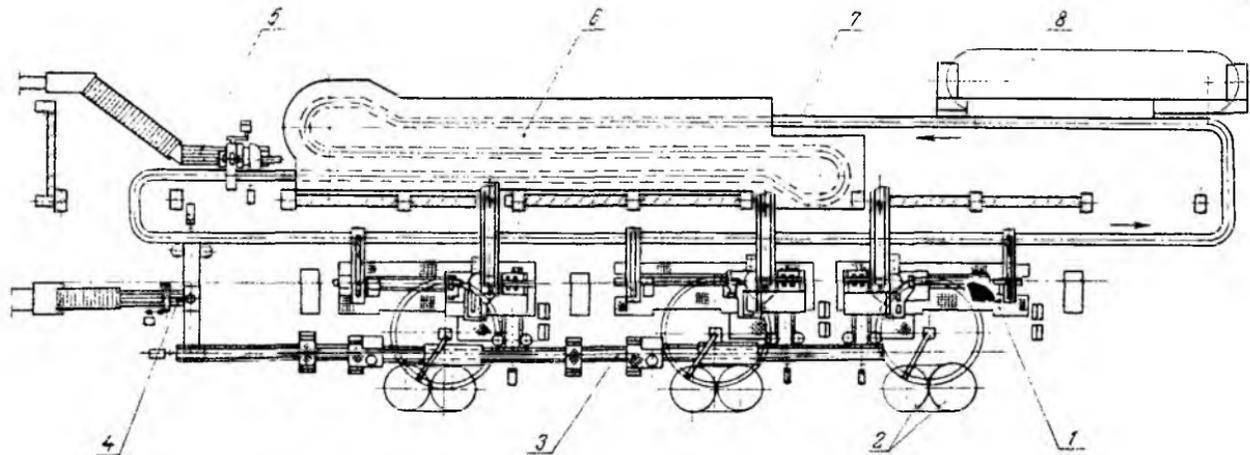


Рис. 15.10. Формовочная линия мелкого литья московского завода «Станколит»:

1 — формовочный блок; 2 — карусельная этажерка для подмодельных плит; 3 — конвейер пустых опок; 4 — установка для автоматической выбивки форм; 5 — резервная выбивная установка; 6 — охлаждающая камера; 7 — литейно-формовочный конвейер; 8 — заливочный участок

На позиции *I* производится обдувка и опрыскивание модельной плиты в камере 8. На позиции *II* опока устанавливается на модельную плиту, заполняется смесью и несколько уплотняется. На позиции *III* производится уплотнение смеси в опоке прессово-встряхивающим механизмом *11*.

На позиции *IV* полуформа переворачивается на 180° кантовально-вытяжным механизмом *5*, стол вытяжки принимает полуформу на подпочный щиток и производит вытяжку модели. Плита стола с модельной плитой возвращается на поворотный стол,

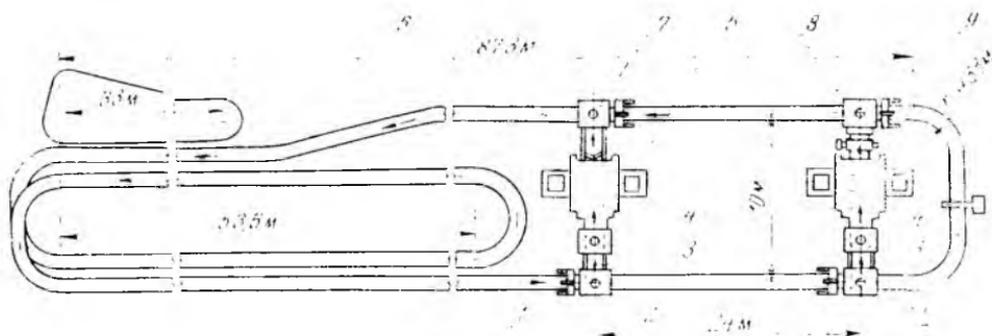


Рис. 15.11. Автоматизированная формовочная линия фирмы «СПО»:

1 — механизм съема верхней полуформы с конвейера; 2 — литейный тележечный конвейер с непрерывным движением; 3 — механизмы прошивки и очистки опок; 4 — формовочные автоматы верхних и нижних полуформ; 5 — тележки для смены модельных плит; 6 — приводной роликовый конвейер; 7 — механизм спаривания полуформ (сборщик); 8 — механизм установки нижней полуформы на конвейер; 9 — кантователь для нижних полуформ; 10 — механизм съема нижних полуформ (с отливками) с конвейера

а готовая полуформа на подпочном щитке устанавливается на пульсирующий конвейер *4*. На конвейере полуформы располагаются поочередно: верхняя — нижняя. Здесь же производится укладка стержней в полуформы.

В механизме сборки *3* верхняя полуформа поднимается, переворачивается и при подходе нижней полуформы опускается на нее. Собранная таким образом форма передается механизмом *2* на литейный конвейер *7*, который транспортирует ее на участок заливки. Управление линией осуществляется с пульта *16*.

Все гидро-, пневмо- и электрокоммуникации сведены в соответствующие шкафы *1*, *13* и *6*.

На рис. 15.10 представлен участок формовки мелкого литья Московского завода «Станколит» с тремя формовочными блоками мод. 22821.

Автоматизированная формовочная линия для среднего литья фирмы «СПО» (США) (рис. 15.11) работает в чугунолитейном цехе Волжского автозавода и предназначена для изготовления форм в опоках размером 800/700 × 260/260 мм.

Работает линия следующим образом. Снятые с платформы конвейера верхняя и нижняя полуформы поступают по приводным рольгангам на устройства для выпрессовки кома, где опока освобождается от содержимого. Далее опоки поступают на формовочные автоматы, перед которыми окончательно очищаются на вибростолах.

Нижняя опока симметричная, поэтому может быть установлена на модельную плиту любой стороной. Для этого она имеет двойной комплект центрирующих втулок (со стороны верхнего и нижнего ладов).

Заформованные опоки (полуформы) транспортируются по приводным кромочным рольгангам на платформы конвейера.

Формовочные автоматы для верхних и нижних полуформ установлены внутри замкнутой трассы литейного конвейера, которая с целью увеличения его длины выполнена двухъярусной. Автоматы представляют однопозиционные машины с уплотнением форм одновременным встряхиванием и прессованием. Прессование осуществляется многоплунжерной головкой.

Дозатор автомата с механизмом захвата опоки и многоплунжерная головка закреплены на одной каретке, которая осуществляет челночные движения относительно механизма уплотнения.

Примером автоматизированной линии, предназначенной для получения отливок в опоках размером $1100 \times 750 \times 285/285$ мм, может служить линия фирмы «Кюнкель Вагнер» производительностью 240 форм/ч, установленная на Московском автомобильном заводе имени И. А. Лихачева (рис. 15.12).

Работает линия следующим образом. Залитые с помощью установки 15 формы транспортируются на литейном конвейере 19 вдоль коридора 14, где происходит их охлаждение. На позиции 12 с формы снимается груз и с помощью грузоукладчика 13 устанавливается на форму (позиция 16), приближающуюся к участку заливки. Двигаясь далее по охладительному коридору, представляющему проходную камеру с интенсивной вентиляцией, формы с позиции 23 сталкиваются на позицию 4, где производится выпрессовка кома из опок. Ком, представляющий пакет смеси с отливками, передается на трехрядный пластинчатый конвейер 3 для дальнейшего охлаждения отливок и смеси без опок. Толкатель 24 распределяет пакеты по рядам пластинчатого конвейера, который доставляет их к выбивной решетке 2.

Разделение процесса охлаждения на два этапа позволяет сократить длину основного конвейера и занимаемую линией площадь, уменьшить число опок, находящихся одновременно в обороте.

На решетке отливки отделяются от смеси и пластинчатым конвейером 1 транспортируются в термообрунное отделение, а смесь, просыпавшаяся через решетку, поступает на переработку в смесеприготовительный комплекс.

Освобожденные на позиции 4 от смеси и отливок опоки в собранном виде направляются промежуточным конвейером 6 к фор-

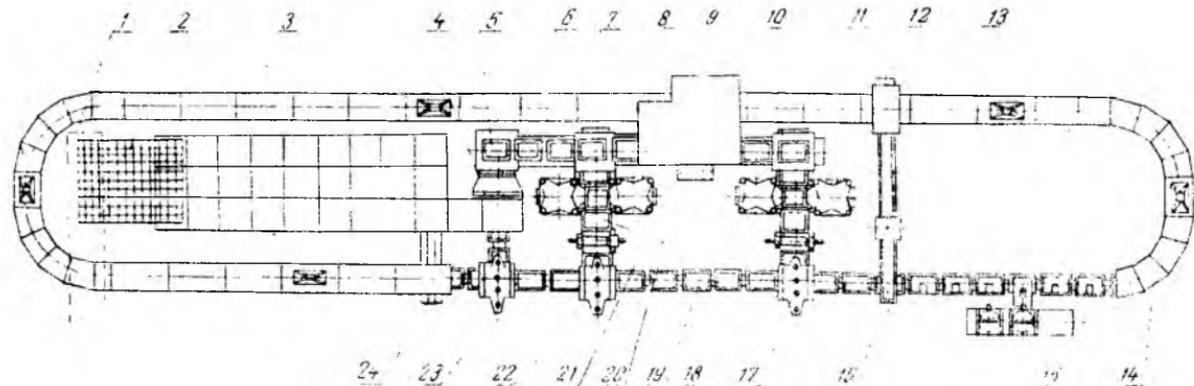


Рис. 15.12. Автоматизированная формовочно-литейная линия фирмы «Кюнцель Вагнер»:

1 — пластинчатый конвейер; 2 — выбивная решетка; 3 — конвейер; 4 — позиция пустых опок; 5 — очистное устройство; 6 — транспортер; 7 — распаровщик; 8 — формовочный автомат нижней полуформы; 9 — пульт управления; 10 — позиция пустых опок верха; 11 — формовочный автомат верхней полуформы; 12 — съемник грузов; 13 — направляющие для съемника грузов; 14 — охлаждающий коридор; 15 — заливочные установки; 16 — позиция установки грузов; 17 — позиция сваривания опок; 18 — механизм накола каналов; 19 — литейный конвейер; 20 — позиция срезания смеси с тыльной части опок; 21 — кантователь; 22 — позиция установки опок низа на конвейер; 23 — сталкватель опок; 24 — толкатель

мовочным автоматам 8 и 11, по пути очищаясь от остатков формовочной смеси (позиция 5) и разделяясь на верхнюю и нижнюю (позиция 7). После разделения (распаровки) верхняя опока поступает на позицию 10, а нижняя остается на позиции 7.

Устройство и работа формовочного автомата описывались в § 12.4 (см. рис. 12.16).

Из формовочного автомата 8 готовая полуформа «низа» выдается на промежуточный транспортер, где расположено приспособление 20, срезающее излишек смеси с верхней части опоки. Затем каждая полуформа переворачивается в кантовале 21 и устанавливается механизмом 22 на одну из тележек формовочно-литейного конвейера. На участке 22—17 конвейера в полуформы устанавливаются стержни.

Верхняя полуформа, выходя из формовочного автомата 11, проходит те же механизмы, но в отличие от нижней на позиции 18 в ней прокалываются и продуваются сжатым воздухом вентиляционные отверстия, выпоры и литниковая чаша.

Сборка форм производится непосредственно на конвейере механизмом 17 путем установки по штырям верхней полуформы на нижнюю. На позиции 16 на собранные формы укладывается груз.

Электронная система управления линии состоит из распределительного шкафа со световой схемой, светового табло обнаружения отказов в работе механизмов линии, приборов для учета работы линии.

На Рязанском заводе «Центролит» эксплуатируется автоматизированная формовочная линия системы «Георг Фишер» (Швейцария). Линия (рис. 15.13) оснащена двухпозиционным карусельным формовочным автоматом 1 для поочередного уплотнения верхних и нижних полуформ. В опоку, установленную на модельной плите, одновременно засыпаются облицовочная и наполнительная смеси, затем происходит предварительное уплотнение встряхиванием, срезание избытка смеси и окончательное уплотнение формы встряхиванием с одновременным прессованием. Заформованные опоки снимаются захватами с модельной плиты и устанавливаются на передаточный рольганг 2, с которого поступают в кантователь 3. В кантователе нижняя полуформа переворачивается таким образом, чтобы плоскость разъема была вверх, после чего она устанавливается на подпочную плиту и направляется на участок простановки стержней. В верхней же полуформе на позиции 5 высверливается отверстие для установки литниковой чаши, после ее также переворачивают (позиция 6) плоскостью разъема вверх, а затем возвращают в исходное положение. Далее производится отделка и сборка полуформ (позиция 8) и заливка готовой формы жидким металлом.

Заливочный участок состоит из двух групп рольгангов 11, каждая содержит три рольганга и обслуживается одним из разливочных кранов 10. После заливки формы, прошедшие цикл охлаждения, поступают на подъемные рольганги 12, где снимаются с подпочных плит и передаются на установку для выдавливания

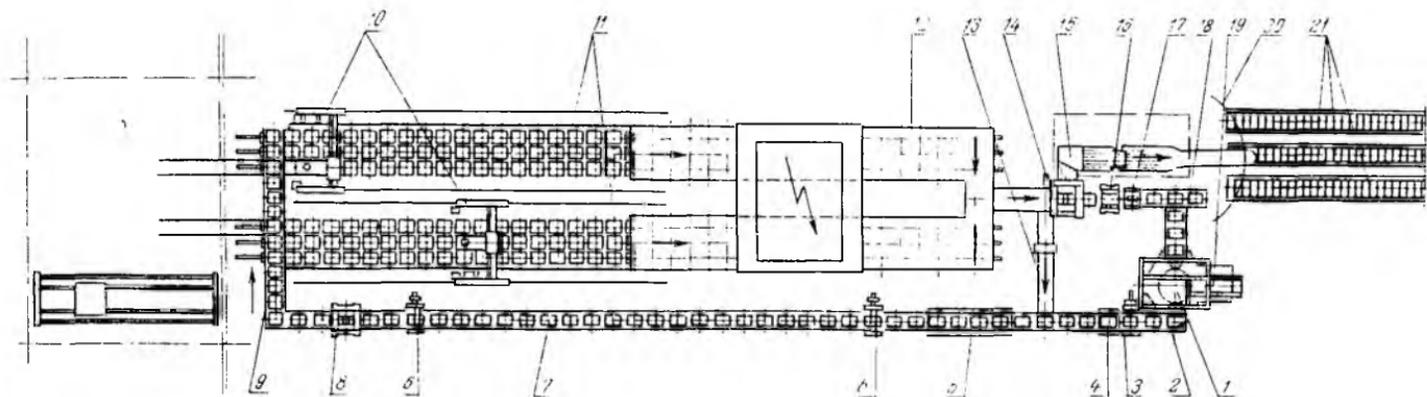


Рис. 15.13. Автоматизированная формовочно-литейная линия системы «Георг Фишер»:

1 — формовочный автомат; 2 — передаточный ролик; 3 — кантователь; 4 — устройство для удаления избытка смеси с контролада полуформ; 5 — устройство для сверления отверстий под литниковые чаши и выборных воронок; 6 — кантователь; 7 — передаточный ролик; 8 — сборщик; 9 — угловой и поперечный ролик; 10 — заливочные краны; 11 — ролик заливочного и охлаждающего участков; 12 — подъемные ролик; 13 — устройство для передачи подоночных плит; 14 — установка для выдавливания кома; 15 — выбивная решетка; 16 — подъемно-поворотное устройство; 17 — устройство для очистки онок; 18 — ролик подачи онок; 19 — устройство для смены модельных плит; 20 — передаточное устройство; 21 — пластинчатый охлаждающий транспортер

кома (позиция 14). Далее ком с отливкой поперечным желобом подается на выбивную решетку 15, с которой отливки поступают с помощью поворотного желоба 20 на трехпоточный пластинчатый охладительный конвейер 21.

На рис. 15.14 приведена схема автоматизированной линии безопочной формовки мод. АЛ2002. Линия предназначена для крупносерийного и массового производства стержневых и бесстержневых отливок средней сложности из черных и цветных сплавов.

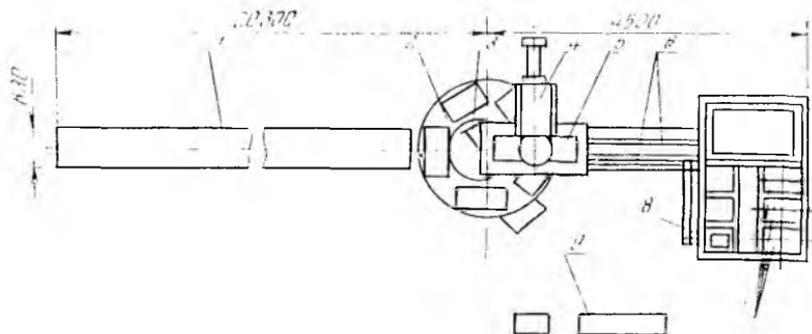


Рис. 15.14. Схема автоматизированной линии безопочной формовки мод. АЛ2002:

1 — шагающий конвейер; 2 — поворотный стол; 3 — механизм выталкивания бракованных форм; 4 — пескодувный узел; 5 — механизм прессования; 6 — разводка трубопроводов; 7 — позиция размещения гидроагрегатов; 8 — гидроагрегат и люк управления; 9 — электрооборудование

Формовочный блок линии включает пескодувный резервуар, механизм двустороннего горизонтального прессования, поворотный шестипозиционный стол с формовочными камерами, механизмы сборки форм в горизонтальную стопку и удаление бракованных форм.

15.7. Автоматизированные стержневые линии

Для изготовления стержней наиболее широко распространены автоматизированные линии на базе пескодувных автоматов, технические характеристики которых даны в табл. 15.2.

Табл. 15.2. Стержневые линии

Модель линии	Масса стержня, кг	Размеры стержневого ящика, мм (длина, ширина, высота)	Продолжительность цикла, с	Число стержневых ящиков в линии
Л9128Б5	До 16	$630 \times 500 \times 300 = 445$	25	Не менее 5
Л9128Б7	До 40	$800 \times 630 \times 320 = 495$	30	»
Л9128Б9	До 100	$1000 \times 800 \times 380 = 55$	38	»

В настоящее время эти линии унифицированы.

На рис. 15.15 приведены варианты схем компоновки оборудования линий в зависимости от характера производства и принятой технологии изготовления стержней.

На рисунке 1 — базовая линия; 2 — линия для условий массового производства на основе CO_2 -процесса; 3—4 — линия для условий единичного и мелкосерийного производства соответственно с тепловой сушкой и на основе CO_2 -процесса; 5 — линия для изготовления стержней в нагреваемых ящиках при массовом производстве.

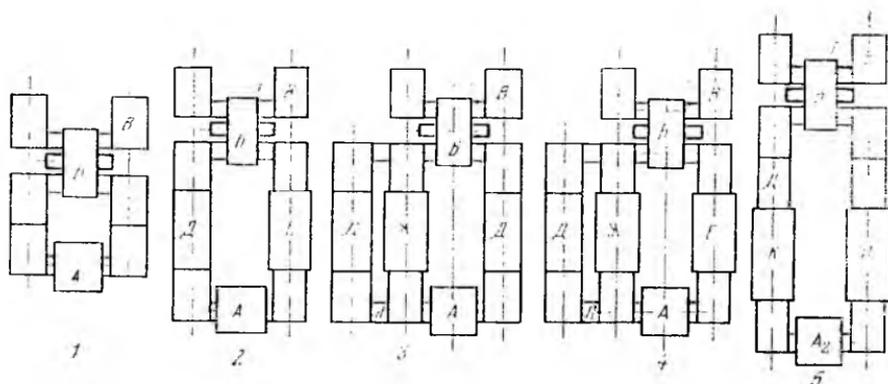


Рис. 15.15. Схемы компоновки типовых узлов автоматизированных стержневых линий:

A — пескодувный автомат; *A₂* — пескодувный автомат для изготовления стержней в нагреваемых ящиках; *B* — поворотно-вытяжная машина; *B₁* — ролик с подъемным столиком; *Г* — ролик досолятора; *Д* — промежуточный ролик; *Е* — установка для продувки CO_2 ; *И* — печь для нагрева стержневых ящиков; *К* — установка для продувки горячим воздухом; *Л* — промежуточный ролик

Во всех приведенных схемах компоновки оборудования перемещение оснастки сырых и готовых стержней в требуемых направлениях с необходимой скоростью осуществляется роликными конвейерами с электроприводом.

Устройство основных узлов — пескодувных автоматов и поворотно-вытяжных машин — см. в § 13.3.

Устройство механизированных поточных линий пескометной формовки см. в § 14.3.

Глава 16. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

16.1. Требования безопасности к формовочным машинам

В конструкциях формовочных машин необходимо предусматривать блокировки, обеспечивающие невозможность срабатывания механизмов машины, пока не будет достигнуто фиксированное положение соответствующих ее элементов.

Встряхивающие, встряхивающе-прессовые, вибропрессовые машины, а также другие устройства, создающие вибрацию, должны устанавливаться на виброизолирующих фундаментах.

Во всех машинах, где неизбежно просыпание смеси, следует предусматривать механизированную ее уборку.

У машин с поворотной плитой и тележкой для приема заформованных опок необходимо механизировать выкатку тележки из-под машины.

Конструкции машин с поворотными и опрокидывающимися столами должны предусматривать крепление подмодельных плит и опок к столам надежными устройствами.

Кантующие устройства следует надежно оградить, все формовочные машины оснастить механизмом для установки опок и съема полуформ. Во встряхивающих машинах должна быть предусмотрена механизированная засыпка формовочной смеси в опки и разравнивание смеси перед уплотнением.

С внедрением автоматизированных линий формовки — сборки — выбивки особое внимание должно быть обращено на безопасное проведение наладки, обслуживания и ремонта этих линий. С этой целью рекомендуется надежно ограждать опасные зоны, предусматривать блокировки для предотвращения несчастных случаев.

16.2. Требования безопасности к стержневым машинам

В конструкциях стержневых машин должны быть предусмотрены:

а) автоматизация операции извлечения стержней из стержневых ящиков;

б) блокировка, не допускающая вдува смеси до полного поджима стержневого ящика к пескодувному резервуару;

в) блокировка, не допускающая опускания поджимного стола машины до полного падения давления воздуха в пескодувном резервуаре;

г) защитные ограждения на случай выбивания смеси в зазор между стержневым ящиком и пескодувным резервуаром;

д) отсос токсичных газов и паров в процессе отверждения стержней.

Для удаления с поверхности стержней и стержневых ящиков частиц смеси машины необходимо оборудовать пылесотсасывающими приспособлениями.

В конструкции универсальных машин должна быть предусмотрена автоматизация зажима стержневых ящиков, надува смеси, подъема и опускания стола.

Машины с массой стержней более 10 кг должны иметь устройства для кантовки и протяжки стержней.

16.3. Требования безопасности к пескометам

В конструкциях пескометов предпочтительно дистанционное управление метательной головкой. Оператору, управляющему пескометом, должен быть обеспечен хороший обзор рабочей зоны.

Передвижные пескометы должны быть оборудованы звуковой сигнализацией и местным освещением.

На пескометах необходимо предусмотреть следующие электрические блокировки: а) ограничения передвижения в конечных точках пути; б) ограничения подъема рукавов, исключающие аварийные ситуации.

Раздел четвертый. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНО-ЗАЛИВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Глава 17. ОБОРУДОВАНИЕ СКЛАДОВ ШИХТЫ И ПЛАВИЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

17.1. Структура технологического цикла подготовки шихтовых материалов

Основными материалами для выплавки чугуна в вагранках являются: металлическая шихта (чушковый чугун, скрап чугушный и стальной, оборотный металл, ферросплавы и др.); топливо (кокс, антрацит) и флюсы (известняк).

Для выплавки стали обычно используют электрические печи. Шихтовые материалы в основном те же, за исключением топлива.

Процесс подготовки шихты для получения из нее жидкого металла включает следующие этапы (рис. 17.1): а) складирование (разгрузка, хранение); б) разделку металлической шихты; в) просев (грохочение) кокса; г) дробление известняка; д) дозирование шихтовых материалов; е) загрузку шихтовых материалов в плавильные агрегаты.

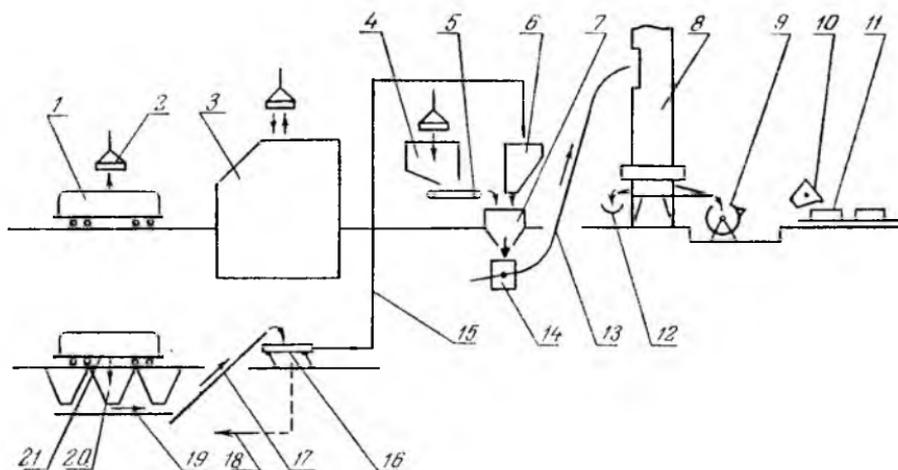


Рис. 17.1. Структурная схема технологического цикла получения жидкого металла в чугунолитейном цехе:

1 — вагон с металлической шихтой; 2 — подъемный электромагнит; 3 — закром; 4 — сыпучий бункер; 5 — питатель; 6 — бункер для кокса, известняка; 7 — приемный взвешивающий бункер; 8 — вагранка; 9 — миксер; 10 — разливочный ковш; 11 — литейный конвейер с формами; 12 — желоб для грануляции шлака; 13 — бадьевой подъемник; 14 — бадья; 15 — транспортные средства для кокса; 16 — грохот; 17, 19 — ленточный конвейер; 18 — отсев кокса; 20 — бункеры с решетками; 21 — вагон с коксом

Все операции выполняются на складах шихты, обычно пристраиваемых к плавильному отделению литейного цеха.

При наличии на заводе нескольких литейных цехов все операции по подготовке шихты (за исключением последних двух: дозирования и загрузки) могут осуществляться либо поставщиком этих материалов, либо на общем базисном складе.

17.2. Организация и оборудование складов шихты чугунолитейных цехов

Поступающие на склад чаще всего в железнодорожных вагонах шихтовые материалы разгружаются на специальную площадку, расположенную вдоль путей.

Металлическая шихта из открытых вагонов разгружается мостовым краном с магнитной шайбой. Хранится шихта в закромах, несколько заглубленных относительно пола склада, высотой 3—4 м.

Доставка металлической шихты к месту ее взвешивания для последующей загрузки в плавильные агрегаты, т. е. в суточные бункеры, производится также при помощи мостового магнитного крана.

Флюсы чаще всего разгружаются мостовым грейферным краном, который доставляет их в закрома. Из закровов известняк подается на площадку, где дробится в щековых дробилках, после чего доставляется в расходные бункеры.

В некоторых цехах система разгрузки и хранения флюсов не отличается от аналогичных систем для кокса.

Кокс разгружается на специальную площадку, представляющую решетку с ячейками 150×150 мм или 200×200 мм, через которую куски кокса проваливаются в бункеры, расположенные ниже, а затем при помощи системы ленточных транспортеров доставляются к грохоту для сортировки. Освобожденный от мелочи кокс ленточным транспортером подается в расходные бункеры.

Иногда применяется контейнерная система доставки кокса. В этом случае доставленные на железнодорожных платформах специальные контейнеры с коксом при помощи мостового крана штабелируются на отведенной для них площадке и по мере необходимости подаются к сортировочной установке. Контейнер с коксом устанавливается на специальную конструкцию и при открытии его дна постепенно разгружается на ленту конвейера, подающего кокс к грохоту.

Практикующаяся еще на заводах разгрузка и перегрузка кокса при помощи грейферных механизмов нерациональна, так как при этом кокс дробится, его отсев увеличивается.

Тщательная подготовка шихтовых материалов — один из важнейших факторов, обеспечивающих экономичное использование вагранки.

Однородная шихта и равномерное распределение металлической и коксовой колош по сечению вагранки и по ее высоте способствуют повышению температуры расплавки и увеличению производительности агрегата.

Правильно распределить шихту по сечению вагранки можно только при оптимальной ее кусковатости. Оптимальным для куска металла является размер, не превышающий 200—250 мм и составляющий менее $\frac{1}{3}$ диаметра вагранки в свету. Такие размеры кусков обеспечивают возможность автоматизации процесса шихтовки и исключают зависание шихты в самой вагранке.

Подготовка шихты (скрапа) по кусковатости ведется вне литейного цеха, на специальных площадках, где она разделяется под копрами.

Чугун, поступивший на склад в виде чушек, для удобства шихтовки перед загрузкой в вагранки ломается на куски по пережкам. Для этой цели применяются машины-чушколомы с механическим или гидравлическим приводом.

Чугунная и стальная стружка используется в брикетированном или пакетированном виде. Для брикетирования применяются специальные прессы с электрическим, гидравлическим и пневмогидравлическим приводами.

Подготовка кокса заключается в отделении мелочи от основной массы кусков, размер которых должен быть не меньше 40 мм. Для этого применяют различные типы сит и грохотов.

Дробление флюсов осуществляется на щековых дробилках.

Для получения отливок высокого качества к системам набора и загрузки шихты должны предъявляться требования, включающие строгое соблюдение программы качественного и количественного состава шихты.

В механизированных и автоматизированных системах набора и загрузки шихты должны быть предусмотрены соответствующие корректирующие устройства, компенсирующие при очередном взвешивании погрешности, допущенные при дозировании в предыдущих завалках. Организация механизированной или автоматизированной системы набора шихты требует прежде всего создания расходного склада для всех шихтовых материалов. Раньше, когда литейные цехи имели сравнительно малую мощность, запас этих материалов должен был обеспечить работу вагранки в течение суток, что и послужило причиной тому, что емкости на расходных складах получили название «суточные бункеры».

Металлическая шихта выгружается из суточных бункеров (рис. 17.2) при помощи пластинчатых питателей 1, установленных у выгрузочных отверстий. В некоторых конструкциях выходу материала на полотно питателя способствует встряхивание, сообщаемое бункеру 2. Иногда вместо пластинчатых питателей применяются вибрационные.

Дозирование компонентов шихты, как правило, производится весовым методом. Весозмерительное устройство — это главный узел всякого весового дозатора. Они бывают механические и элек-

троемеханические. Механические весоизмерительные устройства (рычажные, пружинные) при взвешивании шихты (ударные нагрузки) применяются редко и не имеют перспектив. Электромеханические устройства, основанные на электрическом измерении силы тяжести, являются основными элементами современных дозаторов шихтовых материалов.

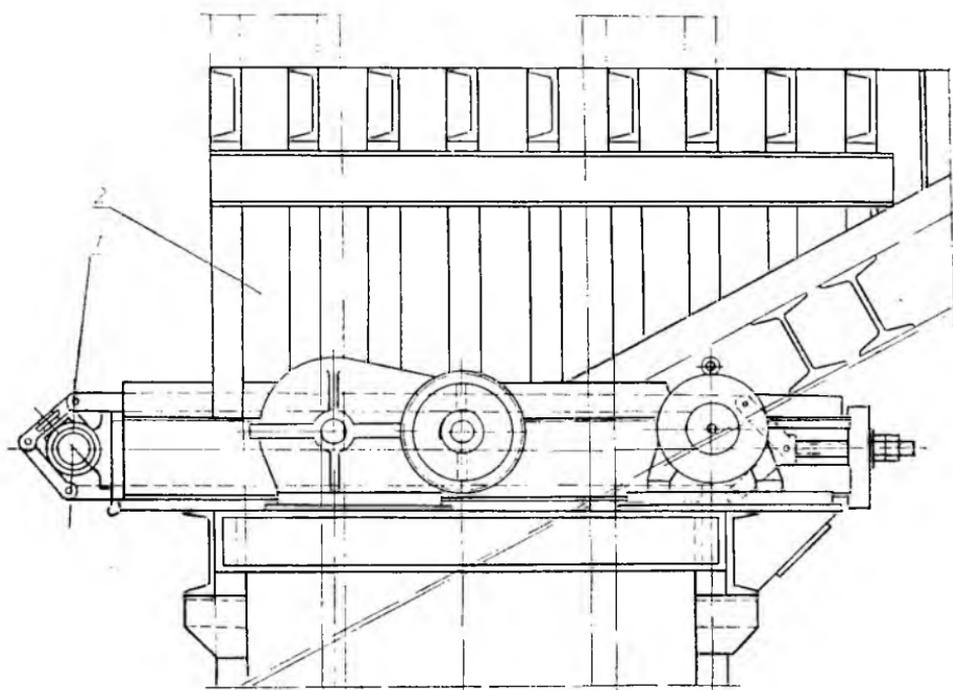


Рис. 17.2. Суточный бункер и пластинчатый питатель для набора металлической шихты

Весовые устройства могут быть одно- или многокомпонентными. К многокомпонентным относятся весовые тележки, используемые во многих литейных цехах.

Весовая тележка (рис. 17.3) состоит из рамы 1, механизма передвижения 3, весового механизма и приемного бункера 2 с затвором. Перемещаясь вдоль фронта суточных бункеров, тележка заполняется шихтой в необходимом весовом количестве и перемещается к подъемнику, где разгружается в бадью.

Однокомпонентные стационарные весовые устройства применяются для всех составляющих шихты — металлических, топливных и флюсов — в автоматизированных системах набора, рассчитанных на заполнение дозаторов с помощью питателей. Емкости этих устройств имеют объем, рассчитанный на одну составляющую шихты для одной завалки. Одно из таких устройств (рис. 17.4) представляет взвешивающий сосуд 4, подвешенный шарнирно к

весовому рычагу 3, опирающемуся с одной стороны на шарнирную опору 5, а с другой — на тарированную пружину 2. На конце весового рычага закреплен сердечник, перемещающийся в катушке

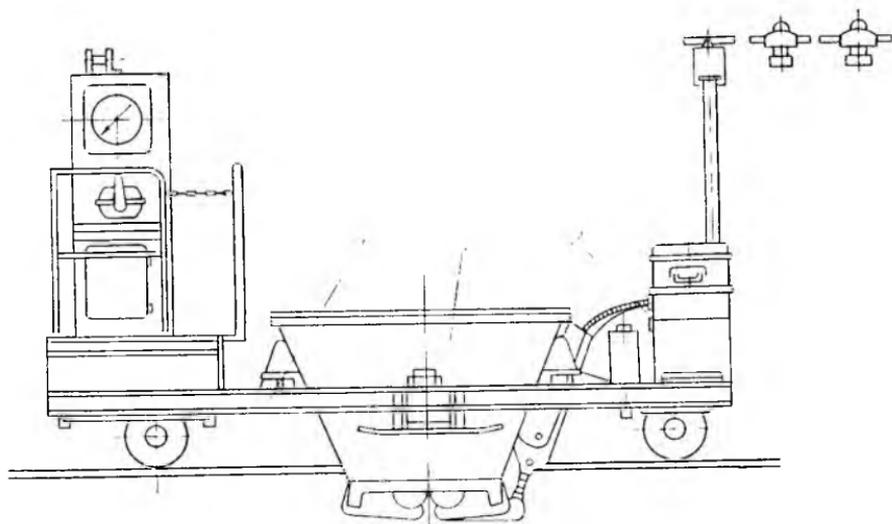


Рис. 17.3. Весовая тележка

1, положение которого и определяет массу загруженной в бункер шихты.

При перемещении сердечника внутри катушки ее индуктивное сопротивление изменяется пропорционально этому перемещению, а следовательно, весу загруженной в бункер шихты.

Настройка индуктивного датчика на определенную весовую дозу позволяет автоматически отключать пластинчатый питатель 6 и прекращать подачу шихты в весовой сосуд.

Для комплексной механизации и автоматизации процессов набора и загрузки шихты в вагранку создан ряд систем, в каждой из которых можно выделить: а) способ набора и взвешивания составляющих шихты; б) вид транспортных средств для подачи и загрузки шихты в вагранку.

Набор и взвешивание шихты осуществляются стационарными и передвижными дозаторами, которые могут быть однокомпонентными или многокомпонентными.

Независимо от способа набора составляющих шихты загрузка ее в вагранку осуществляется одним из следующих видов транспортных средств:

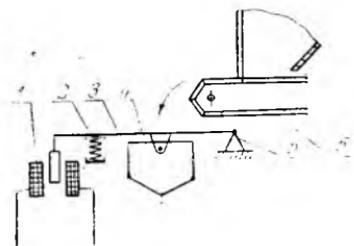


Рис. 17.4. Схема индивидуального весового устройства

- а) завалочными (шаржирными) кранами (см. § 18.2);
- б) бадьевыми и скиповыми подъемниками (см. § 18.3);
- в) пластинчатыми конвейерами (см. § 24.1);
- г) подвесными грузонесущими и толкающими конвейерами (см. § 24.3).

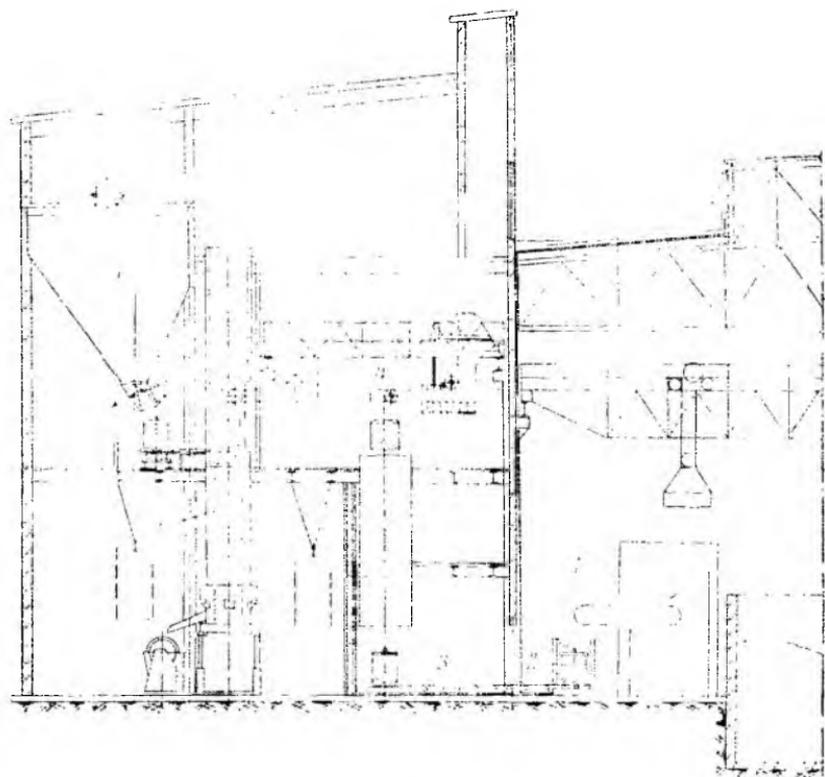


Рис. 17.5. Установка для набора и загрузки шихты в вагранку с использованием завалочного крана

Разнообразие созданных систем обычно соответствует компоновочным решениям литейных цехов и требованиям к процессу набора шихты. Рассмотрим основные из этих систем.

В системе суточные бункеры — весовая тележка — завалочный (шаржирный) кран (рис. 17.5) металлическая шихта из суточных бункеров 1, снабженных пластинчатыми питателями, загружается в бадью 2, установленную на весовой тележке. Заполненная бадья сталкивается с тележки на рольганг 3, по которому подается под крюк завалочного крана 4, поднимается последним на уровень колошниковой площадки, заводится в шахту вагранки 6 и разгружается в ней. Разгруженная бадья возвращается завалочным краном на передаточный рольганг, а затем на весовую тележку установки. Кокс в бадью поступает из бункера 5.

На рис. 17.6 показана схема системы, наиболее распространенной в отечественной промышленности. Набор и дозирование шихты в ней производятся с помощью передвижного многокомпонентного дозатора — электровесовой тележки и бадьевого подъемника.

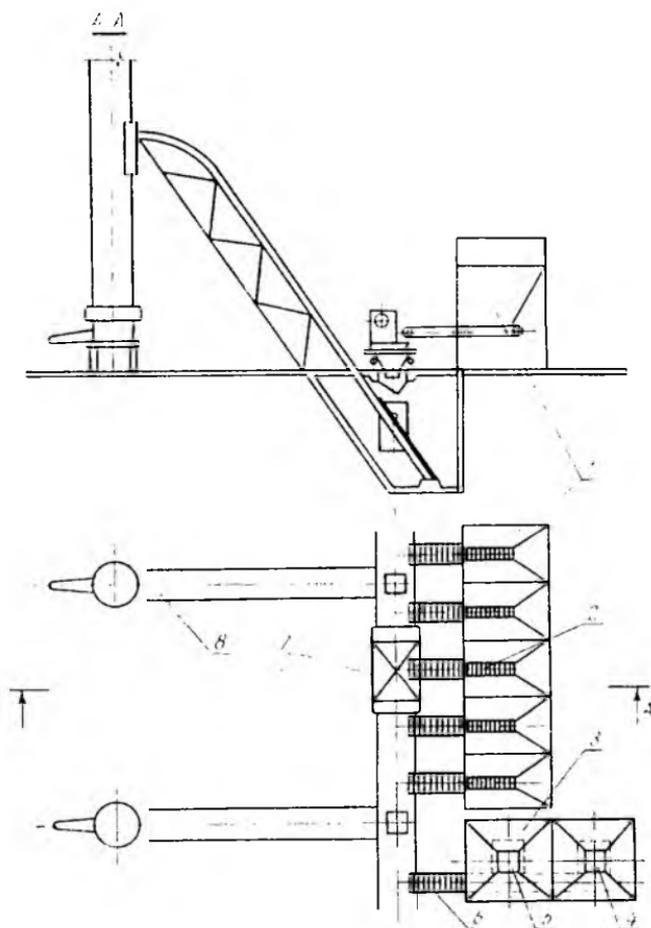


Рис. 17.6. Система загрузки вагранок с помощью передвижного многокомпонентного дозатора:

1 — расходные бункеры для металлических составляющих; 2 — питатель; 3 — расходные бункеры для кокса и известняка; 4 — дозатор кокса; 5 — дозатор известняка; 6 — питатель; 7 — электровесовая тележка; 8 — подъемник для загрузки вагранки

На рис. 17.7 изображена схема системы со стационарными однокомпонентными дозаторами, располагаемыми под каждым расходным (суточным) бункером и передаточной тележкой. Передаточная тележка, обойдя, согласно заданной программе, необходимые дозаторы и получив в свою емкость металлическую и топливную колошу, выгружает ее в бадью подъемника.

Существуют системы с применением стационарных однокомпонентных дозаторов и передачей шихты в вагранку пластинчатым конвейером.

За рубежом применяются также системы со стационарным многокомпонентным дозатором (бункер-весами), который загру-

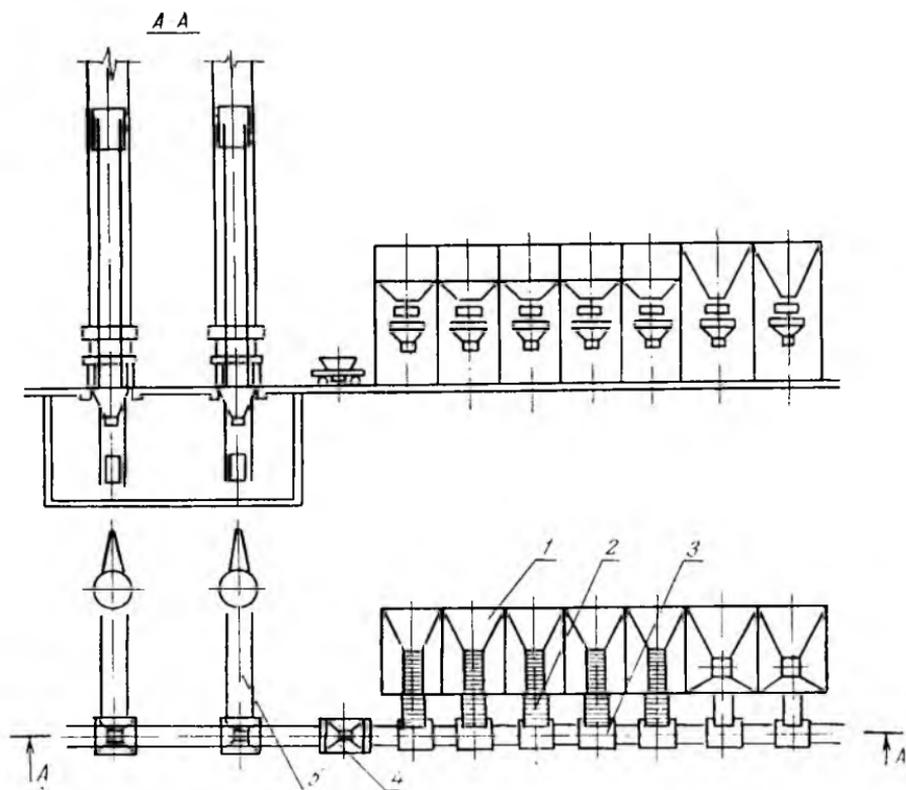


Рис. 17.7. Система загрузки вагранок со стационарными однокомпонентными дозаторами и передающей тележкой:

1 — расходные бункеры для составляющих шихты; 2 — пилатель; 3 — дозатор; 4 — передающая тележка; 5 — подъемник

жается из закромов шихтовочным краном с подъемным электромагнитом.

Помимо завалочных кранов и бадьевых подъемников, используемых в качестве транспортных средств для загрузки вагранок, иногда применяются цепные подвесные конвейеры. Трасса таких конвейеров может иметь большую длину, поэтому их применяют в тех случаях, когда склад шихтовых материалов отдален от плавильного отделения.

При плавке чугуна в индукционных печах, так же как и в ваграночных установках, используются различные системы загрузки

печей. В одной из них (рис. 17.8) шихта в бадьях 2 с крышкой устанавливается тельфером на тележку 4, которую можно подсоединить к системе вентиляции 3. При накате тележки с бадьей на печь 1 и выдаче шихты в нее осуществляется герметизация системы и надежное удаление всех выделяющихся газов из зоны загрузки.

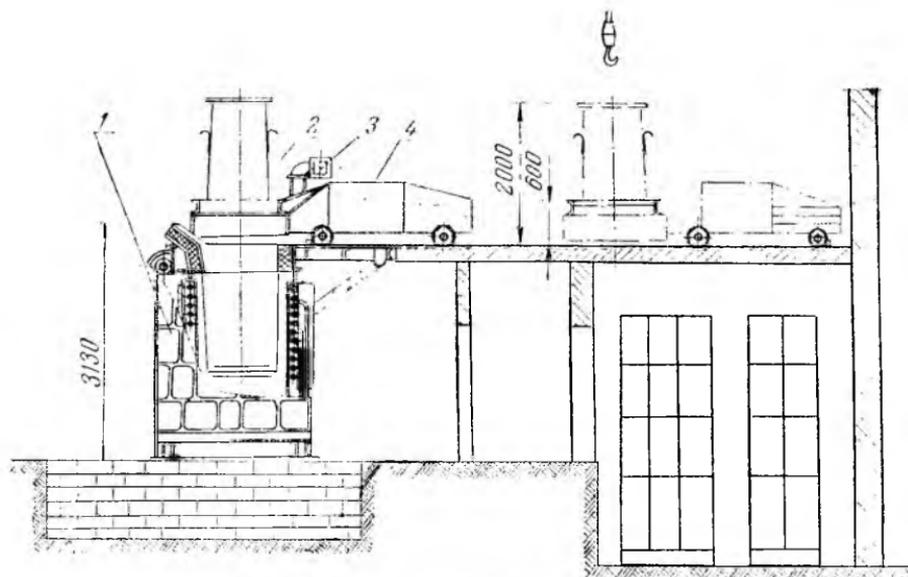


Рис. 17.8. Схема загрузки индукционных печей

При загрузке индукционных печей производится предварительный подогрев шихты непосредственно в загрузочной бадье, которая выполняется в виде наружного цилиндрического корпуса с футеровкой и внутреннего цилиндра, в котором помещается шихта. Днище представляет раскрывающиеся створки. Для подогрева шихты бадья ставится в нагревательную камеру.

17.3. Оборудование складов шихты сталелитейных цехов

Организация складов шихты сталелитейных цехов зависит от типа плавильных агрегатов. Так, система разгрузки и хранения металлической шихты на складе сталелитейного цеха, оборудованного дугowymi электропечами или малыми бессемеровскими конверторами, мало отличается от упомянутых систем в чугунолитейных цехах.

Склад же шихты сталелитейного цеха, оборудованного мартеновскими печами (рис. 17.9), отличается тем, что шихта к месту загрузки доставляется в специальных металлических ящиках — мульдах 3 — при помощи мостового мульдмагнитного крана 1. Кран имеет магнитную шайбу для загрузки мульд и особое за-

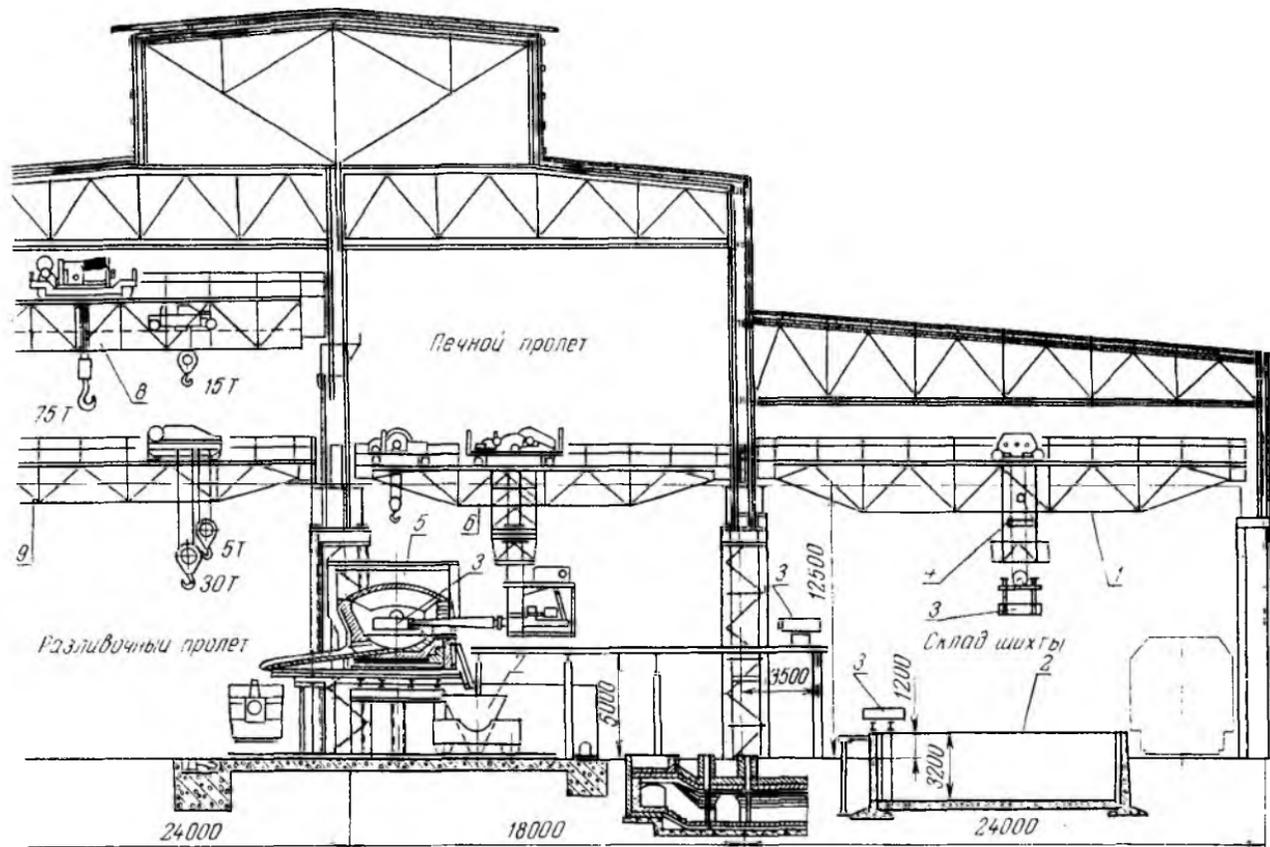


Рис. 17.9. Схема склада шихты сталелитейного цеха с мартеновскими печами:

1 — мульдомангнитный кран; 2 — закрома для шихтовых материалов; 3 — мульда; 4 — подъемный электромагнит; 5 — мартеновская печь; 6 — мульдозагрузочный кран; 7 — ковш для шлака; 8 — литейный кран; 9 — мостовой кран

хватное устройство для переноса нескольких мульд и установки их на балконе печной площадки. Для загрузки шихты в печь применяют мульдозагрузочные краны 6.

В сталелитейных цехах с дуговыми электропечами загрузка шихты в печи производится лотками, бадьями и корзинами. Крупные печи загружаются сверху бадьями с раскрывающимся дном. Такая бадья состоит из круглого корпуса, подвешенного к траверсе, и днища, составленного из нескольких гибких секторов, которое раскрывается при помощи замка, управляемого тягой.

17.4. Оборудование плавильных отделений

На рис. 17.10 приведен план плавильного отделения сталелитейного цеха, оборудованного дуговыми электропечами. Собранные формы заливаются на горизонтально-замкнутых конвейерах 1

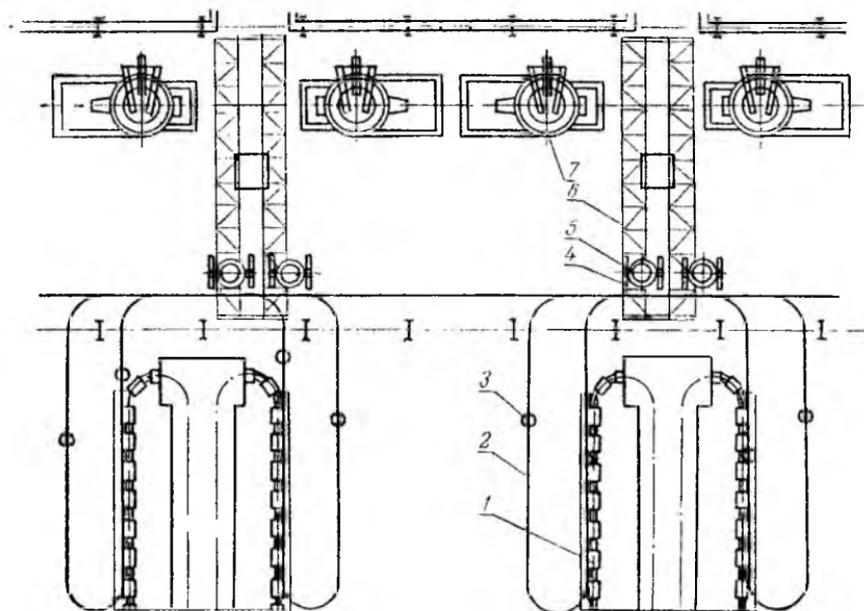


Рис. 17.10. Заливочный участок плавильного отделения сталелитейного цеха

тележечного типа. Ковши 5 с жидким металлом подаются мостовым краном 6 от электропечей 7 на заливочный участок и устанавливаются на стенды 4. Из крупных ковшей жидкая сталь переливается в мелкие ковши 3, которые транспортируются к заливочным участкам по подвесным путям 2.

Для облегчения труда рабочих при заливке металла в формы, расположенные на платформах конвейера, заливочный участок оборудуется специальной площадкой (тротуаром), движущейся с

той же скоростью, что и конвейер. Устройство подвесных путей и движущегося тротуара см. в § 18.4 и 19.2.

Для подачи жидкого металла к формам используются ковши различных конструкций. Они разделяются по способу переноски: (ручные, механизированные и крановые); по форме (конические и барабанные); по способу разливки (с носком, чайниковые и стопорные).

Ручные ковши изготавливаются из листового железа толщиной 2—3 мм и обмазываются внутри огнеупорной смесью, состоящей из равных частей глины, шамота и песка. Вес их с расплавленным металлом не должен превышать норм, установленных техникой безопасности.

Механизированные ковши предназначены для разливки металла на участках, оборудованных литейными конвейерами. Обычно они прикрепляются к каретке 4, перемещающейся по бирельсовым подвесным путям 3 и имеющей механизм 2 для подъема и 1 для поворота ковша (рис. 17.11).

Как крановые, так и ручные ковши могут быть коническими (рис. 17.12, а) и барабанными (рис. 17.12, б). Благодаря тому, что барабанные ковши закрыты со всех сторон, за исключением узкого верхнего отверстия, металл лучше сохраняет температуру. Однако эти ковши труднее футеровать, чем открытые сверху конические.

Для удобства футеровки часто одно из торцевых днищ ковша делают отъемным.

Чтобы в формы не попадал шлак, конические ковши выполняются чайниковыми или стопорными (рис. 17.12, в).

Стопорное устройство состоит из набора стандартных керамических огнеупорных изделий, называемых *сталеразливочным припасом*, и рычажного механизма для подъема и опускания стопора. Крановые ковши футеруются огнеупорным кирпичом, на который затем наносится обмазка.

При проектировании ковшей наиболее трудной задачей является определение координаты центра поворота ковша. Существует два способа расположения центра поворота — безопасный и опасный. В первом случае, чтобы повернуть ковш, необходимо прило-

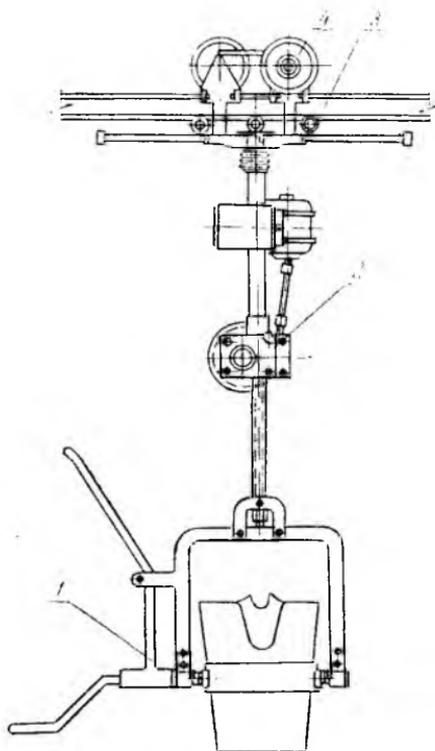


Рис. 17.11. Механизированный разливочный ковш

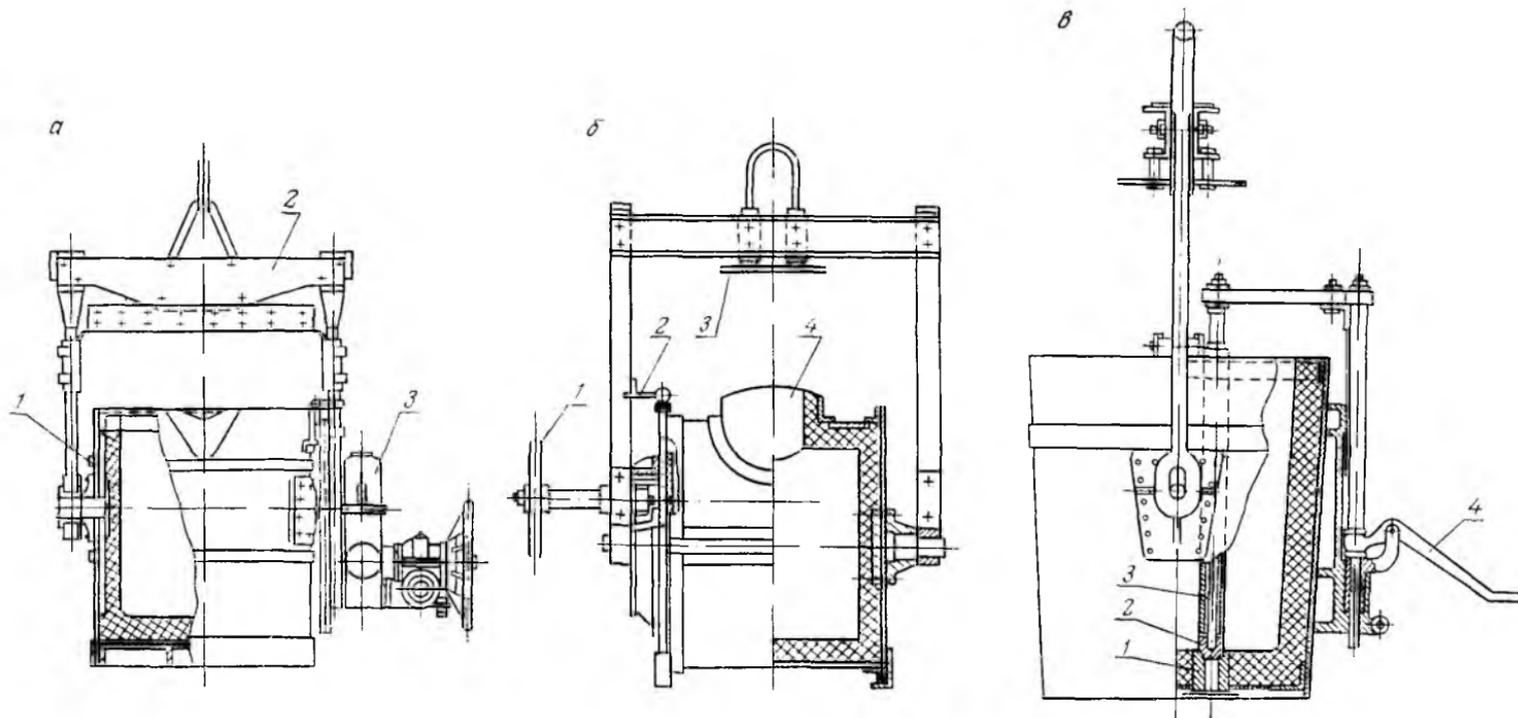


Рис. 17.12. Крановые ковши:

а — конический: 1 — кожух ковша; 2 — траверса; 3 — механизм поворота; б — барабанный: 1 — штурвал; 2 — предохранительная скоба; 3 — экранирующий щиток; 4 — воск; в — стопорный: 1 — стакан; 2 — пробка; 3 — наборная трубка; 4 — рычаг

жить определенное усилие, а во втором усилие необходимо приложить, чтобы удержать ковш от самопроизвольного поворота (опрокидывания).

По правилам техники безопасности ковши следует проектировать с безопасным положением центра поворота. Исключения составляют ковши с дистанционным управлением.

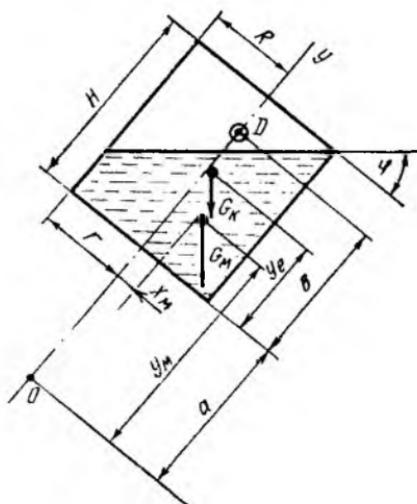


Рис. 17.13. К расчету конического ковша

Для определения безопасного положения центра поворота ковша наряду с графическими применяется аналитический метод расчета, подробно описанный П. Н. Аксеновым. Ковш рассматривается как комплекс твердого и жидкого тела, центр тяжести которого непрерывно изменяет свое положение при повороте (рис. 17.13).

Момент, необходимый для опрокидывания пустого ковша,

$$M_k = G_k(b - y_e) \sin \varphi,$$

где G_k — сила тяжести пустого ковша; y_e определяют по геометрическим размерам проектируемого ковша.

Момент, необходимый для поворота массы жидкого металла,

$$M_m = -G_m x_m \cos \varphi - G_m(y_m - a - b) \sin \varphi,$$

где a — расстояние от дна ковша до начала координат, которое выбирается в центре тяжести отсеченной части конуса:

$$a = \frac{H}{4} \cdot \frac{r}{R - r};$$

φ — угол наклона ковша, соответствующий положению, при котором начинает обнажаться его дно; $G_m = V\gamma$; V — объем металла в ковше; γ — удельная сила тяжести жидкого металла.

Суммарный опрокидывающий момент ковша $M_{\text{сум}} = M_k + M_m$.

Координата расположения центра поворота ковша b может быть определена из выражения

$$b = \frac{G_k y_c + \gamma \frac{\pi}{4} \left[R^4 + \frac{H^2 R^3}{R - r} - \frac{H^2 r}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{(R - r)^2} \right]}{G_k + \gamma \frac{\pi}{3} H \frac{R^3 - r^3}{R - r}}.$$

18.1. Подъемные электромагниты

Подъемные электромагниты — это грузозахватные приспособления мостовых магнитных кранов, применяемых для подъема и переноса ферромагнитных материалов.

Они обеспечивают автоматичность захватывания и освобождения поднимаемого груза, исключают необходимость в предварительном зачачливании его или погрузки в специальную тару.

Основными элементами подъемного электромагнита (рис. 18.1) являются литой корпус 3, представляющий сердечник, и размещенная в нем катушка 2, к обмоткам которой подводится через розетку 4 электрический ток. Снизу обмотки закрыты кольцевой плитой 1, выполненной из немагнитной марганцовистой стали или из фосфористой бронзы.

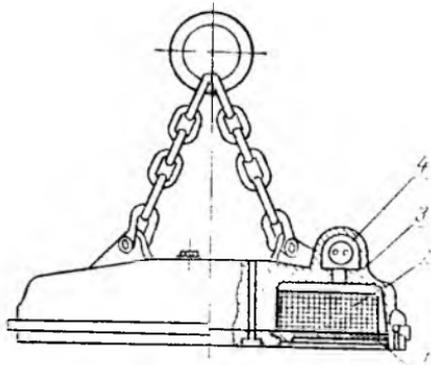


Рис. 18.1. Подъемный электромагнит

Такая плита позволит магнитному силовому потоку замыкаться через куски металла, на который он опущен. Эти куски будут притягиваться к магниту и удерживаться им до тех пор, пока катушка не будет отключена от сети.

Подъемность электромагнита зависит от магнитной проницаемости поднимаемых кусков металла, а также от его химического состава. Она будет больше для углеродистой стали, меньше для серого чугуна и почти равна нулю для марганцовистой стали. Подъемность электромагнитов снижается также при подъеме горячих грузов, магнитная проницаемость которых при температуре выше $+200^{\circ}\text{C}$ немного ниже, чем при нормальной температуре, а при 700°C — практически равна нулю.

Подъемная сила электромагнита зависит также от сплошности поднимаемого груза. Технические характеристики некоторых подъемных электромагнитов приведены в табл. 18.1.

Для создания магнитного потока к обмоткам электромагнита подводится постоянный ток. На кране обычно устанавливается мотор-генератор, преобразующий переменный ток в постоянный.

Тележка мостового магнитного крана имеет добавочный барабан для кабеля, спускающегося к электромагниту и подводящего к нему постоянный ток. Этот барабан должен вращаться синхронно с основным грузовым барабаном тележки.

Для набора и дозирования металлической шихты перед загрузкой ее в плавильные агрегаты иногда применяют секционные, эла-

Табл. 18.1. Технические характеристики подъемных электромагнитов

Параметры	Марки электромагнитов			
	М-22Б	М-40Б	М-42Б	М-62Б
Диаметр, мм	785	1150	1170	1600
Масса, кг	785	1300	1120	1320
Мощность, кВт	7	14	14	28
Подъемная сила (кН) при грузе:				
чугун в чушках	2,0	4,0	6,0	18,0
скрап стальной	2,0	4,0	6,0	18,0

стичные подъемные электромагниты. Дозирование при этом производится весовым методом. Взвешивание выполняется путем включения определенного количества секций. Точность дозирования при использовании секционных эластичных магнитов выше, чем сплошных.

18.2. Металлургические краны

Специфика технологических процессов на складах шихты и в плавильных отделениях литейных цехов обусловили применение наряду с кранами нормальных типов кранов, снабженных специальными исполнительными механизмами и объединенных общим названием *металлургические краны*. К числу этих кранов относятся завалочные, используемые для завалки шихты в вагранки, мультдомагнитные, применяемые для загрузки мульт с шихтой, мультдозагрузочные краны и наполняемые завалочные машины для завалки шихтовых материалов в мартеновские печи. К металлургическим кранам относятся также мостовые краны скрапоразделочных баз, назначением которых является разделка крупного лома на мелкие части.

Мостовой завалочный (шаржирный) кран 4 (рис. 17.5) состоит из моста с механизмом передвижения, крановой тележки с хоботом, несущим на себе бадью 2, поднимаемую на уровень колошниковой площадки, где она вводится в шахту вагранки 6 и разгружается в ней. Таким краном управляет крановщик из кабины дистанционно или автоматически по заданной программе.

Мостовой мультдомагнитный кран 1 (см. рис. 17.9) чаще всего имеет одну тележку с двумя механизмами подъема. Один из этих механизмов предназначен для захвата и подъема мульт 3 — специальных загрузочных емкостей для шихтовых материалов, а второй для подъема и опускания электромагнита 4, с помощью которого производится загрузка мульт шихтой.

Мостовой мульдозагрузочный кран 6 (см. рис. 17.9) служит для загрузки шихты в мартеновские печи и представляет мостовой кран с двумя тележками. Одна из них (главная) несет на себе вертикальную колонну, которая может перемещаться в вертикальной плоскости и вращаться вокруг своей оси. На нижнем конце колонны имеется горизонтальный хобот, который может вместе с колонной подниматься, опускаться, качаться около точки подвеса в вертикальной плоскости и поворачиваться вокруг своей оси для опорожнения мульды 3. Вспомогательная тележка крана имеет обыкновенный механизм подъема с простым крюком грузоподъемностью 10—15 т. Кран концом хобота берет мульду с балкона печной площадки, вводит ее в печь 5 и опорожняет там опрокидыванием при повороте хобота относительно своей оси на 180°. Затем поворотом хобота в горизонтальной плоскости на некоторый угол в ту и другую сторону разравнивается шихта в печи, после чего порожняя мульда возвращается на балкон печной площадки.

Механизмы передвижения моста крана и вспомогательной тележки по конструкции аналогичны механизмам передвижения нормальных мостовых кранов общего назначения. Главная тележка крана состоит из двух основных частей — верхней неповоротной и нижней поворотной. На верхней монтируются механизмы поворота и подъема кабины, а также механизм передвижения тележки. На нижней размещаются механизмы качания и вращения хобота, стопорный механизм и аппаратура управления. Стопорный механизм осуществляет фиксацию хобота в кармане мульды при ее захватывании и приводится в движение рычажной системой вращуноу.

18.3. Бадьевые и скиповые подъемники

Бадьевые и скиповые подъемники отличаются друг от друга конструкцией рабочей емкости, в которой шихта передается в вагранку. Б а д ь е в ы е — это такие подъемники, у которых груз доставляется с одного уровня на другой в бадьях, перемещающихся в направляющих, причем разгрузка их происходит при открывании днища в конечных пунктах подъема.

В с к и п о в ы х п о д ь е м н и к а х емкость имеет форму сосуда с закругленным дном (скипа), разгружающегося путем опрокидывания. Наличие направляющих и постоянная, строго определенная траектория движения бадей или скипов являются определяющими признаками подъемников, отличающими их от других групп грузоподъемных машин со свободным подвешиванием груза (таелей, кранов и др.).

Бадьевые подъемники получили широкое распространение в литейных цехах для доставки взвешенной дозы шихты со склада шихтовых материалов непосредственно в шахту вагранки.

По сравнению с мостовыми завалочными (шаржирными) кранами бадьевые подъемники имеют ряд значительных преимуществ

ществ: простоту строительных конструкций; возможность установки их на площадях ограниченных размеров; возможность полной автоматизации загрузочных операций; дешевизну изготовления.

Трасса движения бадьи (форма направляющих) может быть вертикальной, наклонной и S-образной.

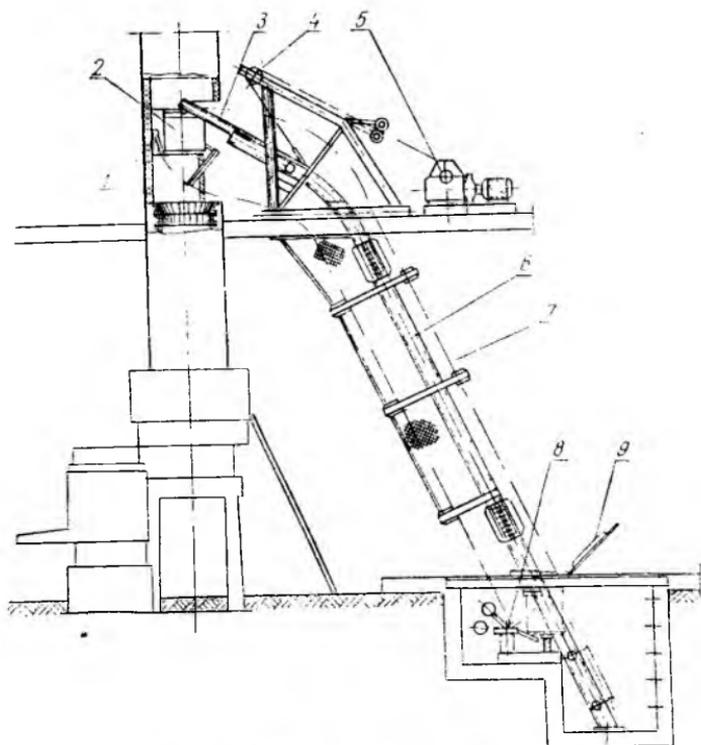
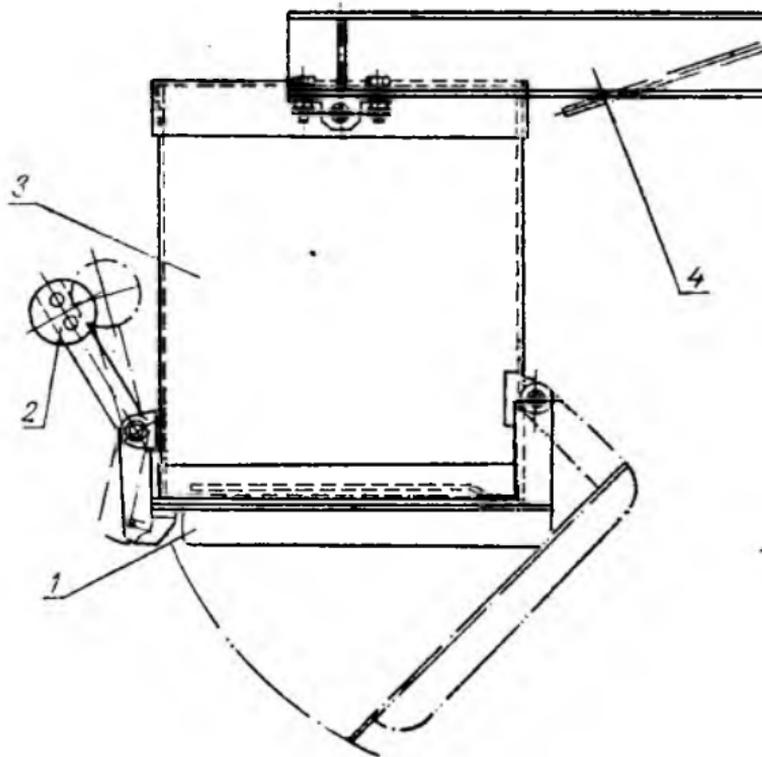


Рис. 18.2. Бадьевого подъемник

Наклонный бадьевого подъемник имеет несложную конструкцию. Основным узлом его (рис. 18.2) является металлоконструкция 6, состоящая из двух направляющих и служащая для подъема и спуска тележки 3 с бадьей 2. Лебедка 5 приводится во вращение от электродвигателя через редуктор. Тяговое усилие от лебедки к бадье передается стальным тросом 7, проходящим через головной блок 4 и закрепленным на траверсе тележки 3, к которой подвешивается бадья. Для закрывания днища бадьи в нижней части подъемника установлен механизм 8, состоящий из системы рычагов и противовесов. Загрузка подъемника производится через воронку 9, когда бадья находится в прямке в крайнем нижнем положении.

При включении электромотора лебедки трос начинает наматываться на барабан и тележка с укрепленной на ее коромысле



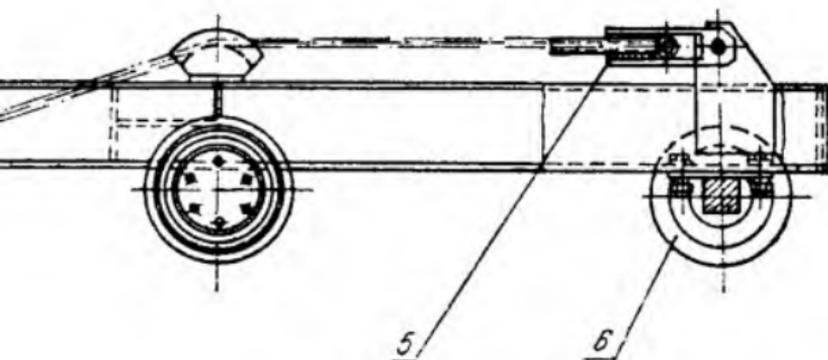


Рис. 18.3. Тележка с бадьей подъемника:

1 — днище бадьи; 2 — рычаг защелки; 3 — корпус бадьи; 4 — рама тележки; 5 — траверса; 6 — каток

бадьей поднимается по направляющим. Когда бадья войдет в шахту вагранки, днище раскроется. Раскрытие днища происходит при соприкосновении рычага защелки с упором 1, устанавливаемым в шахте вагранки. Общий вид тележки с бадьей изображен на рис. 18.3.

Изменение направления вращения барабана лебедки для подъема и спуска бадьи осуществляется реверсированием электродвигателя.

Полный цикл работы подъемника включает: подъем тележки с загруженной бадьей, остановку ее в верхнем крайнем положении с выдержкой времени для разгрузки бадьи и спуск в нижнее крайнее положение для загрузки. В автоматизированных системах набора и загрузки шихтовых материалов в вагранки управление подъемником входит в общую систему управления.

Для подъемников с длинной трассой рекомендуется две скорости подъема. В начале и конце движения скорость должна быть небольшой. Для предотвращения аварий подъемники должны иметь: а) выключающие устройства при провисании каната; б) специальные «ловители» тележки при обрыве каната; в) ограждения для безопасности обслуживающего персонала.

Существуют также поворотные бадьевые подъемники для одновременного обслуживания двух и более вагранок.

18.4. Подвесные рельсовые пути

Подвесные рельсовые пути применяются в литейных цехах для перемещения разных грузов, таких, как шихтовые материалы, жидкий металл, стержневые смеси и др. В плавно-завалочных отделениях они применяются для подачи жидкого металла к местам заливки его в формы, а также для нагружения форм перед заливкой.

На рис. 17.10 приведена характерная схема подвесных путей заливочного участка сталелитейного цеха.

Основное достоинство подвесных путей заключается в том, что они не загромождают производственные площади цехов, проходов, проездов и легко могут быть приспособлены к местным усло-

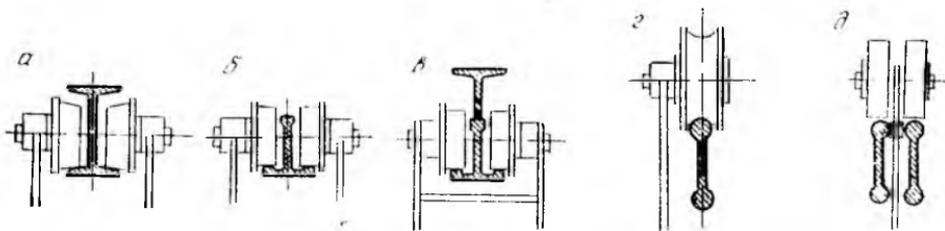


Рис. 18.4. Профили подвесных путей:

а — однорельсовый путь из нормального двутаврового профиля; б, в — однорельсовый путь из специального таврового профиля; г — однорельсовый и д — дворельсовый рельсовые пути из двухголовчатого профиля

виям. Недостаток — малая обслуживаемая площадь и необходимость размещения их в одной горизонтальной плоскости.

Наиболее часто встречающиеся профили рельсовых путей приведены на рис. 18.4.

Длина подвесных путей практически ничем не ограничивается. Величина допустимых радиусов горизонтальных поворотов рельсовых путей зависит от грузоподъемности и конструкции тележек. Для тележек грузоподъемностью до 2 т $R_{\text{мин}} = 1,5—4,0$ м.

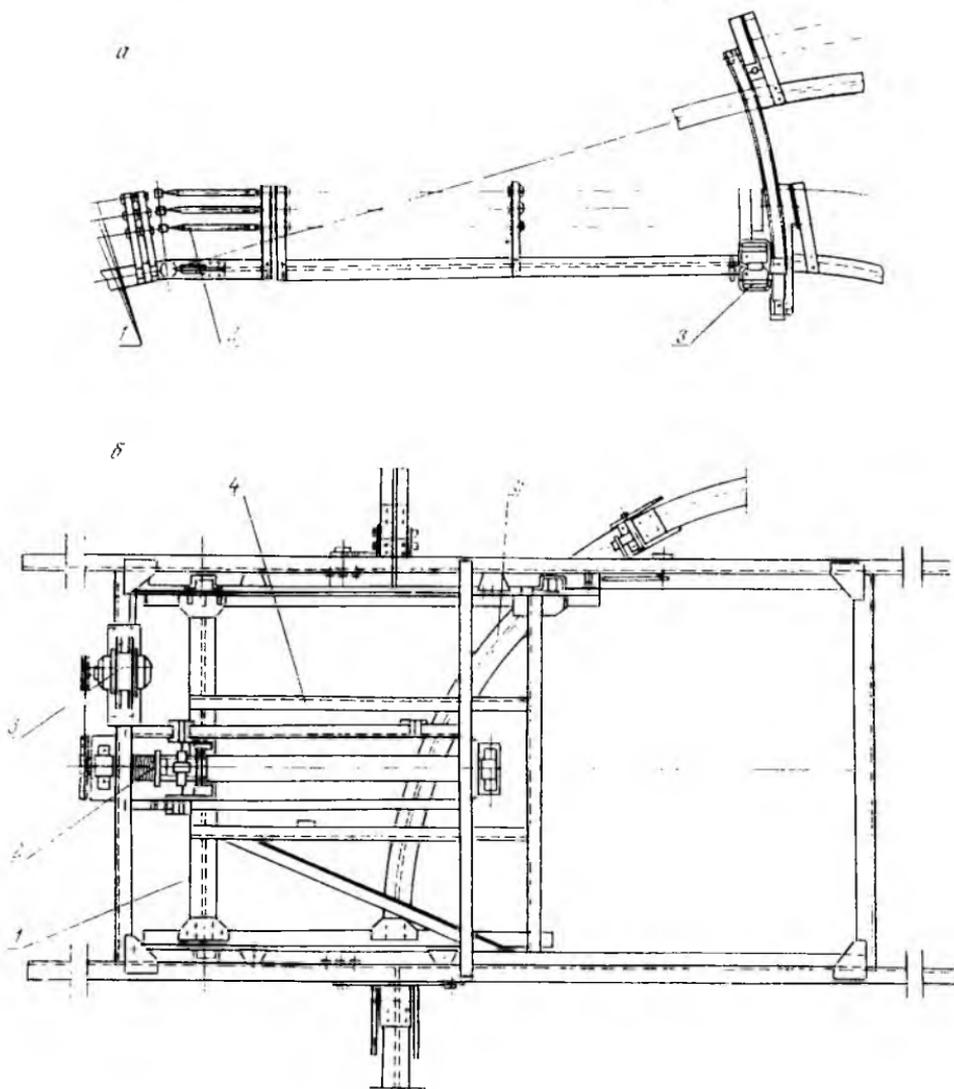


Рис. 18.5. Стрелки подвесных путей:

a — явковая; 1 — токопровод для трехфазного тока; 2 — гибкая вставка для токопровода; 3 — электродвигатель и редуктор привода стрелки; б — выдвигная тележечная с электроприводом

Разветвление подвесных путей с движением тележек по нижней ветви осуществляется посредством языковых и выдвигных стрелок различных конструкций. В стрелках всех конструкций обязательно предусматриваются замки, надежно фиксирующие правильное положение стыкующихся концов рельсов и закрывающие свободные их концы во избежание скатывания тележек.

В стрелках для электрифицированных путей предусматривается крепление троллейных проводов. Общий вид языковой стрелки с приводом от электродвигателя показан на рис. 18.5, а.

Выдвижная тележечная стрелка для двутаврового рельса с передвижением каретки от электродвигателя изображена на рис. 18.5, б. Тележка 4, несущая на себе прямой 1 и криволинейный 5 участки пути, может перемещаться при помощи электродвигателя 3 и винтовой пары 2 в одно из двух крайних положений.

Крепление подвесных путей к строительным элементам цеха осуществляется с помощью поддерживающих конструкций различного типа. При проектировании подвесных путей необходимо учитывать допускаемые нагрузки на узлы стропильных форм и других строительных элементов здания.

18.5. Электротали и монорельсовые тележки

Электрические тали предназначаются для подъема и перемещения грузов по однорельсовому подвесному пути. Это компактные механизмы, подвешиваемые к передвигающимся тележкам или закрепленные неподвижно. Электротали, подвешенные к самоходным монорельсовым тележкам, называют также электро-те-л-ь-ф-е-р-а-м-и.

Наибольшее распространение в литейных цехах получили электротали грузоподъемностью 0,5—5,0 т.

По правилам Гостехнадзора, при работе электроталей с жидким металлом обязательна установка двух тормозов. Коэффициент запаса прочности каната должен быть не ниже 6, а отношение $\frac{D_б}{d_к} \geq 20$. ($D_б$ — диаметр блока, $d_к$ — диаметр каната.)

Тележки, к которым подвешиваются электротали, подразделяются по типу соединения с корпусом электротали на жесткие и шарнирные. Жесткие тележки выполняются четырехколесными с шарнирным подвесом электротали. Радиус поворота пути для такой тележки определяется величиной базы ее колес. Шарнирные тележки — двухколесные, грузоподъемностью не более 3 т. Они обладают большей по сравнению с жесткими маневренностью.

Монорельсовые тележки в отличие от электроталей управляются из кабины и в зависимости от назначения и рода перемещаемого груза снабжаются тем или иным грузозахватным устройством. Так, например, монорельсовая тележка с грузоподъемным электромагнитом (рис. 18.6) используется при подъеме и транспортировании металлической шихты (металлического лома,

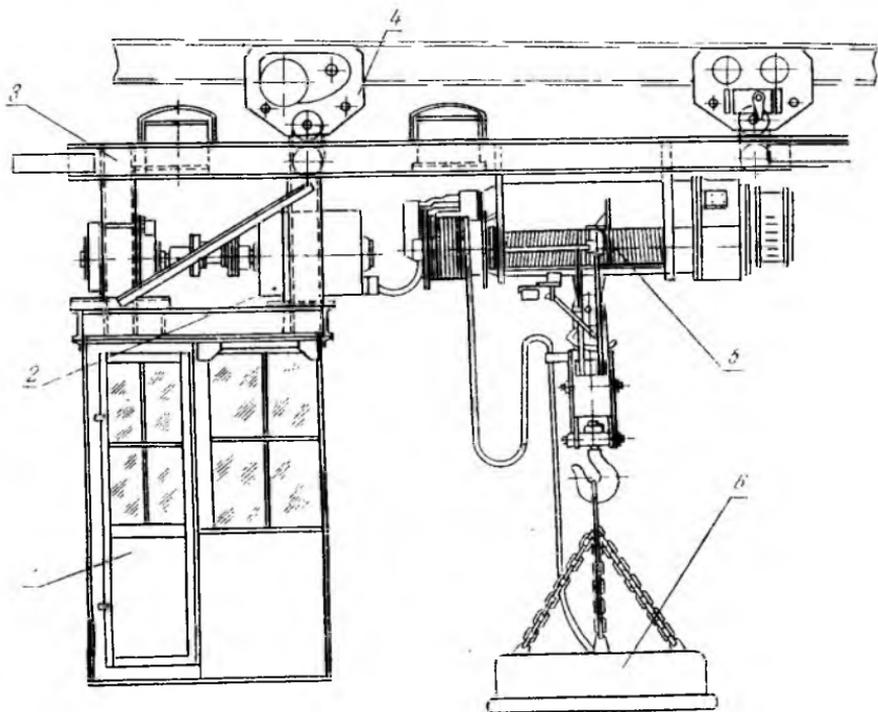


Рис. 18.6. Монорельсовая тележка с подъемным электромагнитом:
 1 — кабина; 2 — мотор-генератор; 3 — рама тележки; 4 — приводная тележка; 5 — электроталь; 6 — подъемный электромагнит

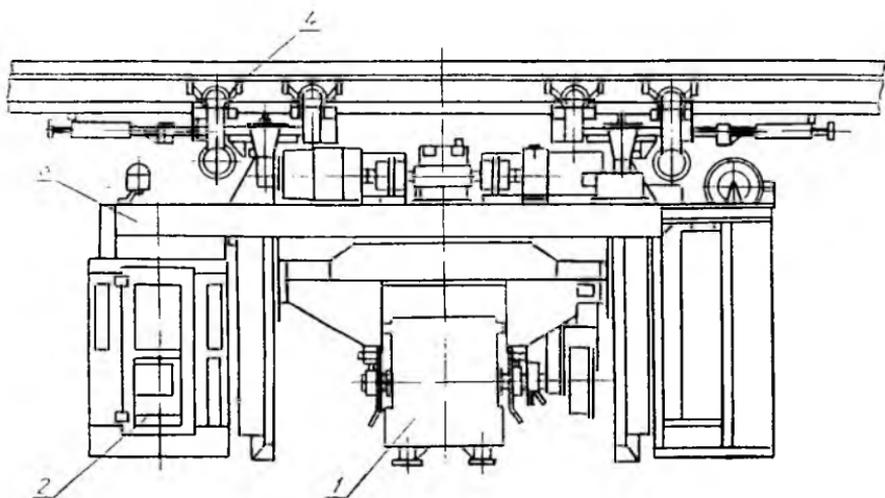


Рис. 18.7. Монорельсовая тележка с литейным ковшом:
 1 — ковш; 2 — кабина; 3 — рама тележки; 4 — приводная тележка

чуншек чугуна, стружки и др.). Для питания электромагнита постоянным током на кабине установлен мотор-генератор 2.

Монорельсовая тележка представляет жесткую раму 3, подвешенную к двум ходовым тележкам 4, перемещающимся по монорельсовому пути. Одна из ходовых тележек является приводной. Привод осуществляется от электродвигателя переменного тока. Обе тележки могут поворачиваться на некоторый угол в горизонтальной плоскости, что позволяет увеличить маневренность монорельсовых тележек.

Чтобы исключить возможность падения тележки, в ее конструкции предусмотрены специальные ловители (когти). В механизме подъема и опускания используются стандартные электротали. Управление тележками осуществляется из кабины 1.

Для транспортирования жидкого металла применяют тележки с литейным ковшем.

В конструкциях современных тележек (рис. 18.7) предусмотрены устройства, обеспечивающие удобную и безопасную работу. Это герметичная кабина 2 с кондиционером, вращающееся сиденье для оператора, обеспечивающее лучший обзор при работе, гидравлические амортизаторы, световая и звуковая сигнализация и др.

18.6. Напольный безрельсовый транспорт

В современных литейных цехах наряду с системами непрерывного транспорта, различными типами кранов и монорельсовых

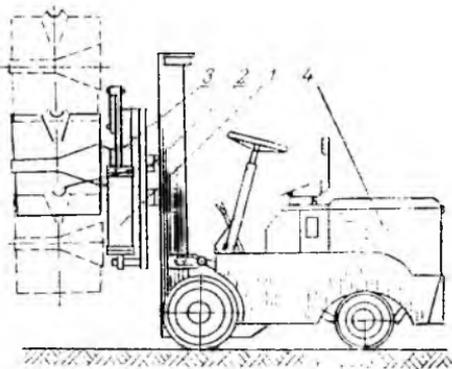


Рис. 18.8. Напольная тележка для транспортирования ковшей с жидким металлом:

1 — гидроцилиндр; 2 — ковш; 3 — механизм поворота; 4 — аккумуляторная батарея

тележек используются и напольные безрельсовые тележки — электрокары, автокары и автопогрузчики. Во многих случаях эти тележки оборудуются специальными приспособлениями для погрузки, перемещения и разгрузки.

На рис. 18.8 показана такая тележка, приспособленная для транспортирования жидкого металла. Однако большей частью тележки используют для перевозки в контейнерах различных сыпучих материалов и штучных изделий.

Электрокары приводятся в движение электродвигателями постоянного тока, питающимися от электроаккумуляторных

батарей, для зарядки которых в цехе есть специальная зарядная станция. Автокары имеют обычный бензиновый двигатель.

Как электрокары, так и автокары могут иметь механизм для погрузки и разгрузки в виде вилочных захватов или специальной платформы, тогда они называются авто- или электропогрузчиками.

Глава 19. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ МЕТАЛЛОМ

19.1. Устройства для нагружения форм

Перед заполнением формы металлом верхнюю и нижнюю полуформы скрепляют одну с другой, чтобы предупредить их разъем и вытекание металла в месте их сопряжения. При заливке возникают усилия, вызывающие всплывание стержней и подъем верхней полуформы над нижней.

Скрепляются полуформы различными методами, в том числе и при помощи укладки на формы грузов.

Силу тяжести — величину груза для формы со стержнями можно определить по следующей формуле:

$$P_{гр} = K[H(F_{отл} + F_{лит})\gamma_m + (\gamma_m - \gamma_{ст})V_{ст} - q],$$

где $K=2-4$ — коэффициент запаса, учитывающий гидравлический удар при заливке; H — высота верхней полуформы, м; $F_{отл}$ — горизонтальная проекция отливки в плоскости разъема формы, м²; $F_{лит}$ — площадь литниковой системы в разъеме формы, м²; γ_m — удельная сила тяжести жидкого металла, Н/м³; $\gamma_{ст}$ — удельная сила тяжести стержня, Н/м³; $V_{ст}$ — объем стержня без знаков, м³; q — сила тяжести верхней полуформы, Н.

Существует много различных устройств для автоматического накладывания грузов на формы и снятия их после затвердевания отливки. Эти устройства различаются в основном по роду привода и по характеру работы.

На рис. 19.1 изображен подвесной конвейер, несущий грузы *1* и приводимый в движение от специального привода или от цепи формовочного конвейера *4* через звездочки *3*. Грузы подвешены к кареткам подвесного конвейера при помощи гибких тяг и кронштейнов *2* и поэтому могут при опускании на форму полностью передавать на нее нагрузку.

Трасса подвесного конвейера имеет два уклона — один на участке укладки грузов, второй на участке съема грузов с формы после заливки. Двигаясь с той же скоростью, что и формовочный конвейер, грузы на участке укладки (до заливочного участка) опускаются на формы и дальнейший путь совершают вместе с ними. Когда залитые формы пройдут путь, достаточный для затвердевания отливок, трасса конвейера несколько поднимается, грузы снимаются с форм и движутся к заливочному участку.

Рассмотрим схему автоматического устройства для перекладки грузов с одной ветви литейного конвейера на другую (рис. 19.2).

При подходе залитой формы к устройству тележка *3* при помо-

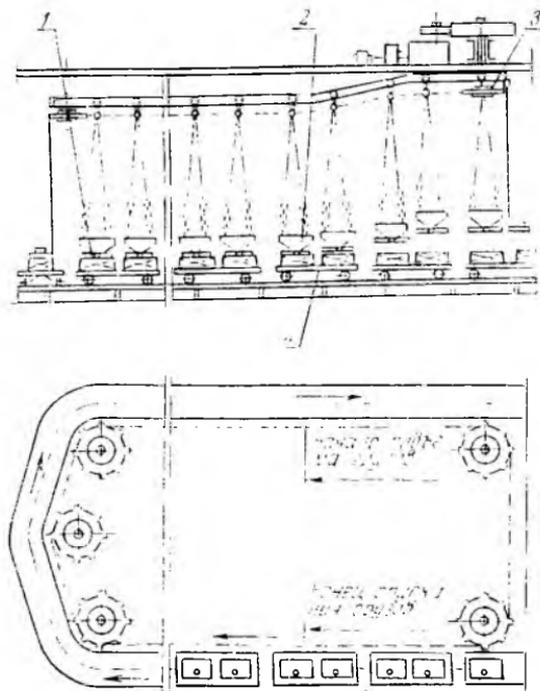


Рис. 19.1. Конвейер для накладывания грузов

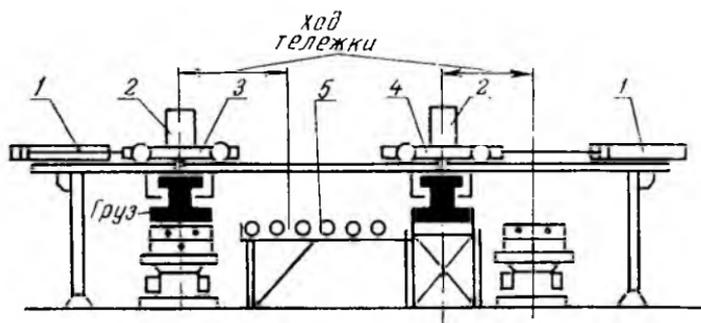


Рис. 19.2. Схема грузозакладчика

при захвата снимает груз с формы и устанавливает его на приводной ролик 5, который направляет груз к тележке 4. Тележки приводятся в движение пневматическими цилиндрами 1, а захват груза — пневмоцилиндрами 2, смонтированными на тележках 3 и 4.

Включение пневмоприводов осуществляется специальным механизмом, срабатывающим при подходе платформы конвейера.

19.2. Движущиеся заливочные тротуары

Движущиеся тротуары применяются на участках заливки металла в формы. Они располагаются параллельно трассе тележечного формовочного конвейера и движутся синхронно с ним. Это позволяет заливщикам не перемещаться во время заливки, увлекая с собой ковш, а находиться на заливочном тротуаре.

Конструкция заливочного тротуара аналогична обычному ленточному конвейеру. В качестве полотна конвейера используется прорезиненная лента.

Существуют также движущиеся заливочные тротуары с плоским металлическим настилом.

Привод тротуара обычно помещается в приемке, перекрытом в уровень с полом. Наличие в приводе вариатора позволяет устанавливать скорость полотна тротуара в соответствии со скоростью конвейера.

19.3. Автоматизация процесса заливки форм на литейных конвейерах

Заливка металла в формы — ответственная операция, от которой в большой мере зависит результат работы всех отделений литейного цеха.

Организация процесса заливки форм и оборудование, используемое для этой цели, должны соответствовать требованиям высокопроизводительных формовочных линий, обеспечивать четкую, ритмичную и надежную работу всего комплекса машин и устройств, а также взаимосвязь с плавильными агрегатами при бесперебойной работе транспортных систем.

В последние годы у нас в стране и за рубежом создано много типов автоматизированных устройств для заливки металла в формы, все многообразие которых можно характеризовать по способу подачи жидкого металла в форму и способу дозирования заливаемого металла.

На рис. 19.3 приведена классификационная схема автоматизированных заливочных устройств.

Так, в устройствах с поворотным и стопорным ковшом подача металла в дозатор или в форму происходит под действием силы тяжести жидкого металла.

Мощность струи регулируется в первом случае изменением угла поворота ковша, во втором — высотой подъема стопора относительно отверстия в разливочном стакане.

В заливочных устройствах, работающих под действием сжатого воздуха, происходит выжимание жидкого металла из ванны в дозатор или в форму в количестве, регулируемом давлением воздуха.

Перспективны устройства, в которых подача жидкого металла осуществляется магнитодинамическим способом. Для сообщения

жидкому металлу тяговых усилий в этих устройствах используется действие бегущего магнитного поля.

Изменяя величину и направление движения поля, можно управлять перемещением жидкого металла в металлопроводе, сообщая ему определенную скорость или препятствуя его истечению. Возможность прекращать истечение металла из металлопровода позволяет использовать последний не только для бесковшового транспортирования жидкого металла, но и для дозирования его при заливке форм.

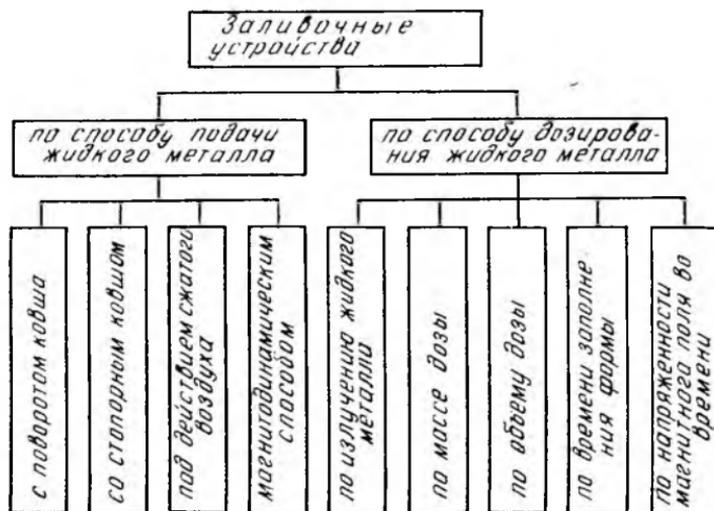


Рис. 19.3. Классификационная схема автоматизированных заливочных устройств

Индукционные токи, наводимые в жидком металле, помимо основной функции перемещения, осуществляют также и подогрев металла, обеспечивая более благоприятные условия для получения «здорового» литья.

Независимо от способа подачи и дозирования металла, заливка должна выполняться с обязательным соблюдением технологического режима, который неодинаков для различного вида отливок. Форма обычно заливается с определенной скоростью, зависящей от конфигурации отливки, литейная система должна быть заполненной, чтобы в форму вместе с заливаемым металлом не попал воздух. Очень важно, чтобы оптимальные литейные свойства сплава (жидкотекучесть и др.) сохранялись в течение всего времени заливки. С этой целью целесообразно производить выплавку в индукционных печах или дуплексе-процессом (вагранка-электромиксер). Наличие электромиксера как обогреваемой емкости позволяет не только стабилизировать оптимальную температуру расплава, но и накапливать его для расхода в процессе заливки.

Способы дозирования жидкого металла перечислены на классификационной схеме (рис. 19.3). Они имеют достоинства и недостатки, которые в различных условиях заливки проявляются в большей или меньшей мере. Так, при дозировании по объему точность зависит от степени разрушения (разгара) футеровки заливочных ковшей и образования настывлей на их внутренних поверхностях.

Точность дозирования по углу поворота ковша или по времени открытия стопора, а также по времени работы электромагнитного насоса, нагнетающего металл в форму, зависит от сечения выпускного отверстия, которое постоянно размывается или, наоборот,

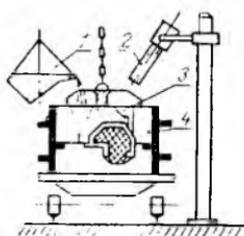


Рис. 19.4. Схема заливочной установки с поворотным ковшом и фотодатчиком

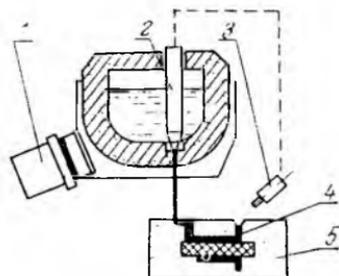


Рис. 19.5. Схема заливочной установки со стопорным устройством:

1 — индуктор; 2 — стопор; 3 — фотодатчик; 4 — чаша выпора; 5 — литейная форма

является местом интенсивного образования настывлей. Создание надежно действующего дозатора для жидких железоуглеродистых сплавов — актуальная проблема сегодняшнего дня.

Многообразие схем заливочных устройств связано с особенностями производства, типом автоматизированных формовочных линий, металлоемкостью форм и видов литья.

По степени автоматизации процесса все заливочные устройства целесообразно разделить на установки с дистанционным управлением и автоматизированные.

Рассмотрим схемы некоторых устройств для автоматизированной заливки форм.

Схема установки с поворотным ковшом для автоматического дозирования по уровню металла в форме 4 изображена на рис. 19.4. Сигнал на прекращение заливки (на поворот ковша 1 в обратном направлении) дается при появлении металла в чаше выпора 3 и воздействии излучения от него на фотодатчик 2.

К недостаткам таких устройств следует отнести: а) необходимость установки выпора в форме, что снижает процент выхода годного литья; б) сложность получения сигнала об окончании заливки формы на движущемся конвейере; в) недостаточную на-

дежность действия фотодатчиков в условиях заливки форм металлом.

Аналогичная система дозирования, но с применением стопорной выдачи металла из электрообогреваемой разливочной емкости, показана на рис. 19.5.

Достоинствами этой системы являются точное дозирование жидкого металла, постоянная температура металла при разливе, отсутствие шлаковых включений.

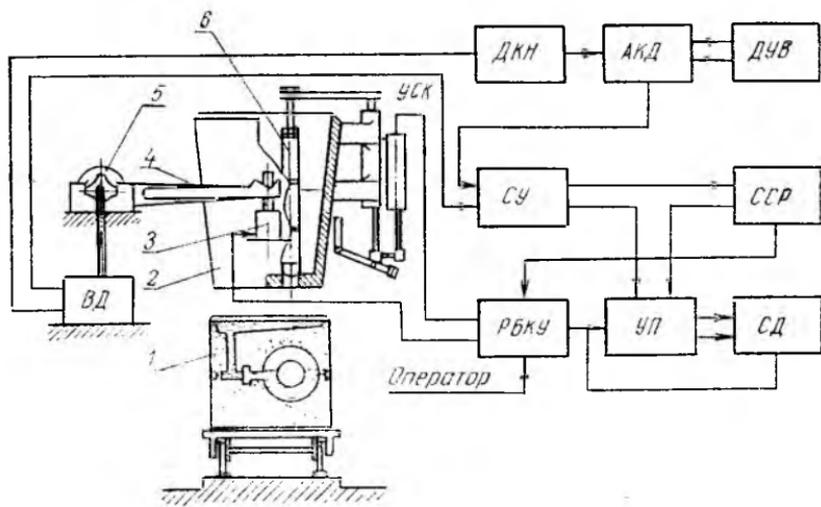


Рис. 19.6. Структурная схема заливочного устройства с дозированием по массе

Метод дозирования жидкого металла по массе также находит применение в литейных цехах. Заливочное устройство в этом случае должно предусматривать возможность либо заранее подготавливать (взвешивать) необходимую дозу металла для заливки ее в форму, либо непрерывно следить за количеством выданного металла и прекращать выдачу его из разливочной емкости по достижении заданной массы-дозы.

Структурная схема такого заливочного устройства изображена на рис. 19.6.

Дозатор для жидкого металла имеет силовую раму, два силовых измерительных торсиона 5, два грузоподъемных рычага 4 и два гидравлических демфера 3. На грузовых рычагах устанавливается металлоразливочный ковш 2, нагружающий определенным крутящим моментом силовых измерительных торсионных валов. Грузовые рычаги снабжены электрогидравлическим устройством демфера и арретира. В процессе взвешивания давление в гидросистеме демфера определяется массой груза.

В основу работы дозатора положен мостовой метод измерения деформации силовых измерительного торсиона. Разбаланс уравнове-

шенного моста пропорционален массе металла, выливаемого из ковша, и определяет в конечном счете положение стопорного механизма 6.

Измерительно-управляющая система дозатора состоит из усилителя-преобразователя УП со следящим двигателем СД, скоростного упредителя СУ, системы стабилизации расхода ССР, релейного блока контроля и управления РБКУ, автоматического коммутатора установки числа весовых доз АКД и трех бесконтактных преобразователей: весоизмерительного датчика ВД, датчика установки нуля ДКН и датчика установки веса ДУВ.

Неполнительным механизмом для стопорного устройства ковша УСК является гидравлический цилиндр с электрогидравлическим управлением.

При поднятии стопора 6 металл выдается в форму 1. Выдача металла в форму должна производиться с определенной (технологической необходимой) скоростью, которая может быть обеспечена путем заливки его с секундным расходом, равным пропускной способности литниковой системы, либо путем заливки всей порции металла в литниковую чашу, емкость которой равна металлоемкости формы. При первом способе необходимой скорости можно достичь установкой в днище ковша разливочных стаканчиков с калиброванным отверстием, программированием заливки, а также использованием следящих систем.

Второй способ отличается простотой и удобством заливки формы на движущемся конвейере. В верхней части каждой формы устраивается коллекторная система, каналы которой соединяются в одну общую литниковую чашу емкостью, равной металлоемкости формы.

Недостатком этого метода является необходимость увеличивать высоту формы для расположения коллектора литниковой чаши и соответственно расход формовочной смеси на одну форму.

На рис. 19.7 приведена схема заливочной установки фирмы «Кюнкель Вагнер» (ФРГ), в которой используется первый способ задания скорости заливки.

Установка представляет раму, на которой установлены два сменных ковша 4, имеющие возможность поворачиваться при помощи опрокида 3 и поочередно питать ковш-дозатор 2 жидким металлом. Ковши имеют вместимость 1000—2500 кг. В ковше-дозаторе смонтированы разливочные стаканы, через которые металл вытекает в форму 1 с заданной скоростью. Количество выдаваемого металла регулируется реле времени. Для обеспечения равномерной температуры металла в дозаторе предусмотрен индукционный подогрев.

Такая установка может с успехом работать только для заливки форм с постоянной металлоемкостью. При заливке форм различной емкости потребуются замена разливочных стаканчиков в ковше-дозаторе, что неудобно в процессе работы.

Заливочные устройства, в которых выдача металла в формы производится непосредственно из заливочной печи путем выжима-

ния его сжатым воздухом (газом), а дозирование осуществляется при помощи реле времени, выключающего подачу сжатого воздуха, являющихся наиболее совершенными.

Примером такого устройства может служить установка шведской фирмы «ASEA» (рис. 19.8, а). В этой установ-

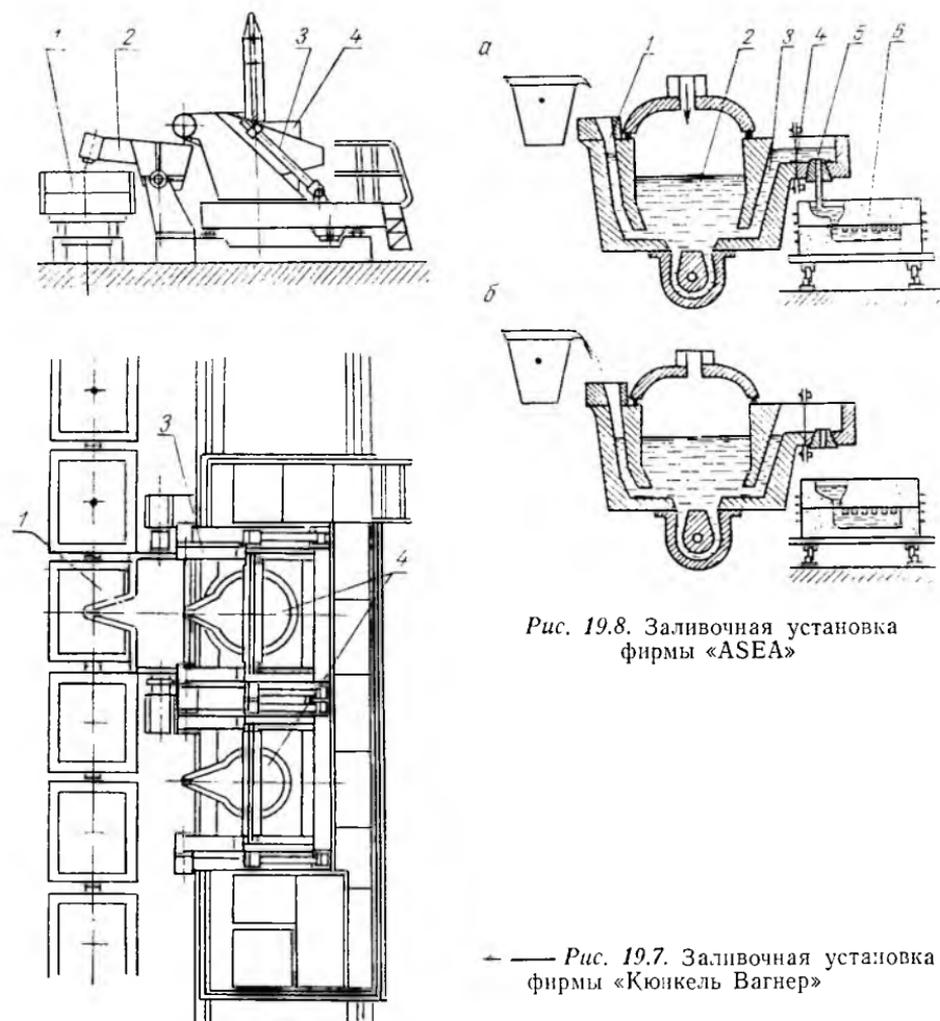


Рис. 19.8. Заливочная установка фирмы «ASEA»

— Рис. 19.7. Заливочная установка фирмы «Кюнкель Вагнер»

ке заливочный 1 и сливной 3 каналы выведены на дно ванны печи 2, что обеспечивает бесшлаковую заливку форм металлом. При подаче сжатого воздуха в объем ванны металл будет выжиматься в сливной и заливочный каналы.

Выдача металла из печи начнется тогда, когда уровень металла в заливочном канале достигает уровня желоба 4, в котором есть заливочное отверстие 5. Прекратится заливка, когда давление в печи будет снято (рис. 19.8, б).

Когда форма 6 остановится под желобом 4, в ванну печи подается сжатый воздух, металл по каналу 3 направляется в желоб и через калиброванное отверстие 5 выдается в форму. Объем дозы регулируется временем подачи давления на зеркало металла. Установка периодически наполняется металлом через заливочный канал 1.

Глава 20. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ СКЛАДОВ ШИХТЫ И ПЛАВИЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

20.1. Условия безопасной эксплуатации подъемно-транспортного оборудования

Каждая грузоподъемная машина, поступившая в цех, должна иметь заводской паспорт и инструкцию по эксплуатации.

По существующему у нас в стране законодательству все грузоподъемные машины и грузозахватные приспособления проходят освидетельствование.

До ввода в эксплуатацию каждый подъемный электромагнит подвергают испытаниям для проверки грузоподъемности в данных рабочих условиях.

Работа кранов и монорельсовых тележек, оборудованных подъемными электромагнитами, организуется так, чтобы проход людей под грузами был исключен; места работы кранов с электромагнитами должны быть ограждены.

Все бадьевые и скиповые подъемники должны иметь соответствующие устройства (ловители, остановы), препятствующие самопроизвольному движению элементов машины (бадьи, тележки) или груза при случайном повреждении деталей привода.

Условия безопасной эксплуатации кранов и машин непрерывного транспорта (конвейеров, пневмотранспортных установок и др.) приведены в § 9.2.

20.2. Условия безопасной эксплуатации технологического оборудования

Отделение подготовки металлической шихты. Дробление крупного металлолома на куски нужных размеров производится копрами путем механизированного сбрасывания тяжелого стального груза — копровой бабы.

Для предотвращения несчастных случаев здание копра должно иметь крышу и ограждение из брусьев или шпал высотой не ниже $\frac{3}{4}$ высоты подъема бабы. Вход в копровое помещение делается в виде прочного тамбура с дверями, имеющими запоры.

В целях обеспечения безопасности при работе мостового крана и копровой лебедки применяется необходимая блокировка. Блокировка обеспечивает: а) звуковой сигнал сиреной при подъ-

еме бабы копровой лебедкой; б) отключение двигателя лебедки при подходе крана в опасную зону копра.

Склад шихтовых материалов. Шихтовые материалы следует разгружать в бункеры и закрома или укладывать в устойчивые штабели, проходы между которыми должны составлять не менее 1 м.

Бункеры или закрома в верхней части должны иметь ограждения. Проходы по стенкам между бункерами и закромами в местах, неосвещенных для работы, следует делать шириной не менее 0,7 м, перекрывая их решетками или сплошным настилом с перилами.

Плавильное отделение. При работе плавильных агрегатов воздействие теплового излучения на работающих резко сказывается в местах загрузки шихты, выпуска металла, а также при открывании окон печей. Значительное излучение тепла происходит от стенок вагранок, электрических печей, от металла и шлака при выпуске его по желобам, а также от поверхности металла, заливаемого в ковши.

Вентиляция (вытяжка и приток воздуха) в плавильных отделениях должна обеспечить предусмотренные санитарно-гигиеническими нормами условия труда.

Основные требования к литейным ковшам определяются высокой температурой жидкого металла, тепловым излучением, разрушительно действующим на траверсу и серьгу литейного ковша, на крюк и канат грузоподъемных устройств, а также способностью расплавленного металла разрушать футеровку и металлоконструкции ковшей.

Центр тяжести наполненного ковша должен располагаться ниже оси вращения. Механизм для поворота ковша укрывается кожухом, предохраняющим его от брызг металла и шлака.

Крюк, канаты и цепи кранов для перемещения литейных ковшей и их траверсы защищаются от действия теплового излучения стальными щитками с асбестовой прокладкой.

Литейные ковши подвергаются освидетельствованию и испытанию перед сдачей в эксплуатацию после ремонта, крановые ковши — через каждые 6 месяцев.

Участок заливки. Работа по заливке металла в формы связана с воздействием на работающих интенсивного теплового излучения от поверхности расплавленного металла и его струи выделением вредных газов, а также с опасностью ожогов расплавленным металлом.

Оздоровление условий труда на заливочных участках может быть достигнуто организацией эффективной вентиляции путем отсоса загрязненного воздуха и притока свежего. Приток воздуха непосредственно на участке заливки осуществляют в виде воздушных душей.

В плавильных и заливочных отделениях следует уделять особое внимание правилам пожарной безопасности.

Раздел пятый. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБИВКИ И ОЧИСТКИ ЛИТЬЯ

Глава 21. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫБИВКИ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

21.1. Структура транспортно-технологического потока выбивки и обработки отливок

В §1.1 при рассмотрении основных технологических циклов упоминалось, что на стыке потоков форм и жидкого металла начинает создаваться новый поток — отливки. Выделение этого потока в самостоятельный происходит на установке для выбивки форм, где отливки отделяются от обволакивающей их смеси и проходят цикл операций, в результате которых им придается определенный товарный вид в соответствии с требованиями ГОСТов. В цикл этих операций входят: выбивка форм и отделение отливок от смеси; выбивка стержней из отливок; предварительная очистка отливок и отделение элементов литниковых систем; окончательная очистка отливок; зачистка отливок; мойка, сушка и окраска (грунтовка) отливок; сушка окрашенных отливок и складирование их.

На рис. 21.1 приведена схема транспортно-технологической линии обработки отливок.

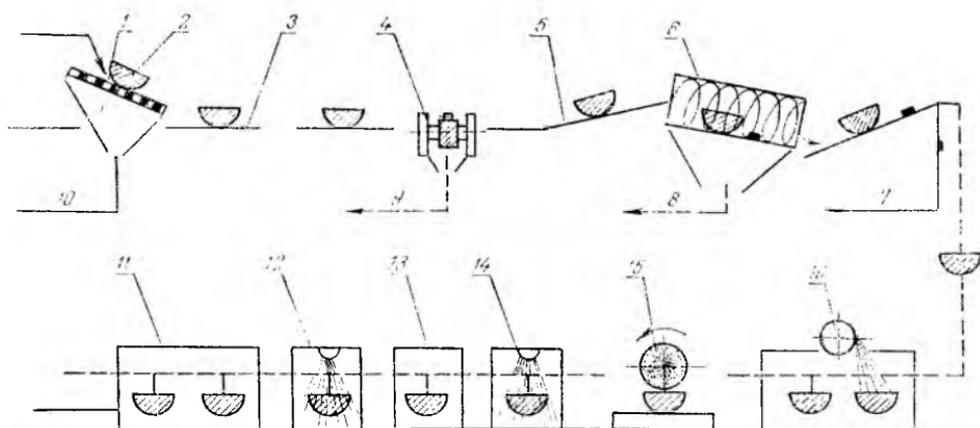


Рис. 21.1. Схема транспортно-технологического комплекса обработки отливок: 1 — выбивная решетка; 2 — отливка; 3 — пластинчатый охлаждающий конвейер; 4 — установка для выбивки стержней; 5 — конвейер; 6 — барабан для обломки литников и предварительной очистки отливок; 7 — возврат литников; 8 — отходы (смесь, окатина); 9 — выбитые стержни (на регенерацию); 10 — оборотная смесь (в систему подготовки оборотной смеси); 11 — сушильная камера; 12 — окрасочная камера; 13 — сушильная камера; 14 — мощная камера; 15 — ставки для абразивной зачистки отливок; 16 — дробеструйная камера

21.2. Способы выбивки форм и конструктивные схемы выбивных устройств

Выбивка залитых форм — наиболее тяжелый и трудоемкий процесс в литейном производстве. Обилие газа, пыль, тепловое излучение и шум ухудшают условия труда в выбивных отделениях.

Основным узлом любой установки для выбивки форм является выбивное устройство, в котором разрушается набивка опок и происходит освобождение отливки от смеси.

Наиболее распространенными способами выбивки являются инерционный и вибрационный, а также способ выпрессовки кома смеси с отливкой.

Суть инерционного способа заключается в том, что разрушение кома и выпадение его из опоки происходит в результате действия сил инерции, возникающих при ударе формы о решетку или выбивную раму.

Наличие отливки в форме ускоряет процесс выбивки, так как плотность металла больше плотности смеси.

При ударе формы о решетку возникающие инерционные силы переходят в работу деформации (разрушения) кома, пропорциональную ускорению формы. Энергия удара (Дж), отнесенная к 1 Н силы тяжести кома смеси, может быть выражена следующей формулой:

$$e_0 = \frac{1}{g} \cdot \frac{(v_1 - v_2)^2}{2},$$

где v_1 и v_2 — абсолютные скорости формы соответственно до и после удара, м/с; g — ускорение силы тяжести, м/с².

Приняв коэффициент восстановления скорости формы R , а $v_2 = -Rv_1$, выражение для e_0 можно переписать:

$$e_0 = \frac{1}{g} \cdot \frac{[v_1 - (Rv_1)]^2}{2} = \frac{1}{2g} v_1^2 (1 + R)^2.$$

Величина e_0 определяет число ударов, необходимое для выбивки форм, т. е. скорость разрушения набивки, и зависит главным образом от физико-механической характеристики последней и размеров опок (e_0 рекомендуется принимать $(25-35) 10^{-3}$ Дж/Н).

Вибрационный способ разрушения форм заключается в сообщении вибраций стенкам опоки или ее крестовинам, от которых колебания передаются набивке. При колебании набивки разрушаются связи между частицами смеси, уменьшается трение между смесью и стенками опоки, в результате чего весь ком разрушается и выпадает из опоки. Особенностью вибрационного способа является неравномерность действия вибрации по объему формы. Наибольший эффект достигается в местах, близких к источнику вибрации, т. е. у стенок опоки. Поэтому для разрушения набивки требуется в 8—9 раз больше энергии, чем при инерционном способе.

Способ выпрессовки кома из опоки является весьма экономичным и высокопроизводительным. При выпрессовке

меньше изнашиваются рабочие плоскости опок и сами опоки. Однако этот метод применяется лишь к сравнительно небольшим опокам и требует специальных устройств для очистки опок от приравленной смеси, а также для отделения отливки от смеси и разрыхления последней.

Решетки и рамы, применяемые для выбивки большинства форм, имеют чаще всего механический привод и по способу возбуждения вибрации делятся на три типа: инерционные, эксцентровые и ударные. По сравнению с пневматическими вибрационными устройствами механические решетки более производительны и расходуют меньше энергии.

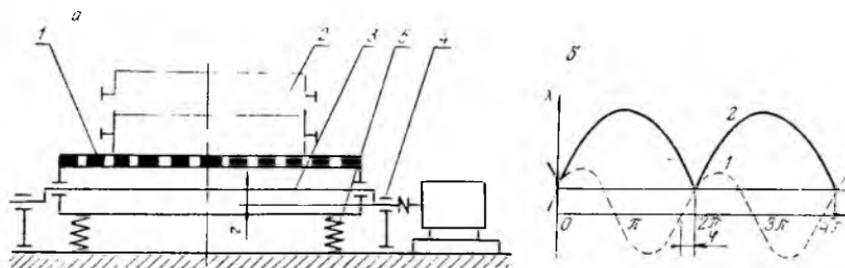


Рис. 21.2. Схема эксцентриковой решетки:
а — схема; б — характер колебаний: 1 — решетка; 2 — опока

Эксцентриковая выбивная решетка (рис. 21.2, а) имеет рабочий вал 3, который коренными шейками лежит на двух подшипниках 4, укрепленных на фундаментной раме. Рядом с коренными шейками расположены эксцентрики, на шейки которых насажены подшипники, несущие подвижную раму решетки 1 с выбиваемой формой 2.

Вращение вала в коренных подшипниках, осуществляемое электромотором, вызывает колебания рамы решетки, находящейся на амортизаторах 5. Амплитуда колебаний равна смещению оси эксцентриков от оси вращения. Величина и характер колебаний вполне определены, постоянны и зависят только от величины эксцентриситета и частоты вращения вала. Это является важным преимуществом эксцентриковых решеток.

Недостаток решеток — быстрый выход их из строя вследствие неуравновешенности вращающихся масс и появления знакопеременных нагрузок.

Инерционная выбивная решетка (рис. 21.3, а) представляет раму 2 с решеткой, опирающуюся на цилиндрические пружины 3. К раме прикреплен вибратор 4, приводимый во вращение электромотором. При работе вибратора рама колеблется на пружинах 3, сообщая выбиваемой форме 1 определенную энергию.

Источником колебания в инерционных решетках является вибратор, который состоит из горизонтального неуравновешенного вала, вращающегося в подшипниках, прикрепленных к раме-решетке. На обоих концах вала посажены грузы-дебалансы, перемещением которых можно регулировать возмущающую силу, возникающую при вращении вала. Вращение вала сообщается электромотором через клиноременную передачу.

Характер колебаний инерционных решеток неустойчив и в процессе работы значительно меняется, так как зависит от многих факторов: силы тяжести опок и формы с отливкой, характера со-

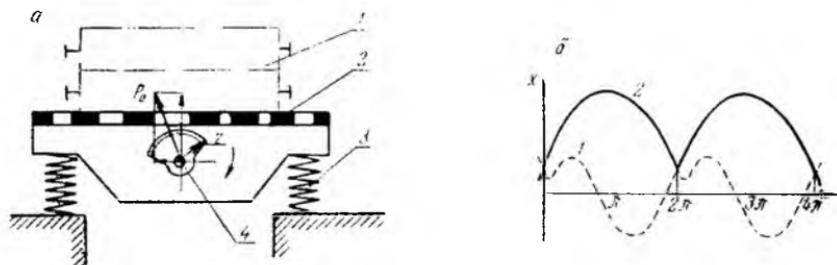


Рис. 21.3. Схема инерционной решетки:
а — схема; б — характер колебаний: 1 — решетка; 2 — опока

ударений опоки и решетки, жесткости пружины и др. Колебательное движение решетки, вызываемое действием инерционных сил, складывается из собственных и вынужденных колебаний системы, имеющих неодинаковые фазы, частоты и амплитуды.

Суммарное движение в этом случае будет иметь переменную амплитуду. Наличие же на решетке выбиваемой формы еще больше усложняет характер колебаний.

Перечень унифицированных выбивных решеток приведен в табл. 21.1.

Табл. 21.1. Инерционные выбивные решетки

Модель решетки	Размер полотна решетки, мм	Грузоподъемность, т
31211	1250 × 1000	1,0
31212	1600 × 1250	1,6
31213	2000 × 1600	2,5
31214	2240 × 1800	4,0
31215	2500 × 2000	6,3
31216	3150 × 2000	10
31217	3550 × 2500	16
31218	4000 × 3150	25
31219	4500 × 3550	40

Решетки компонуются в блоки, на которых могут выбиваться формы больших размеров. Для укрытия таких решеток при выбивке (отсосе пыли и газа) устраиваются накатные зонты.

Ударные выбивные решетки фактически являются инерционными, однако отличаются от последних меньшей частотой ударов, а также тем, что выбиваемая форма устанавливается не на решетку, а на специальные балки.

Действие такого устройства основано на ударе решетки снизу по форме.

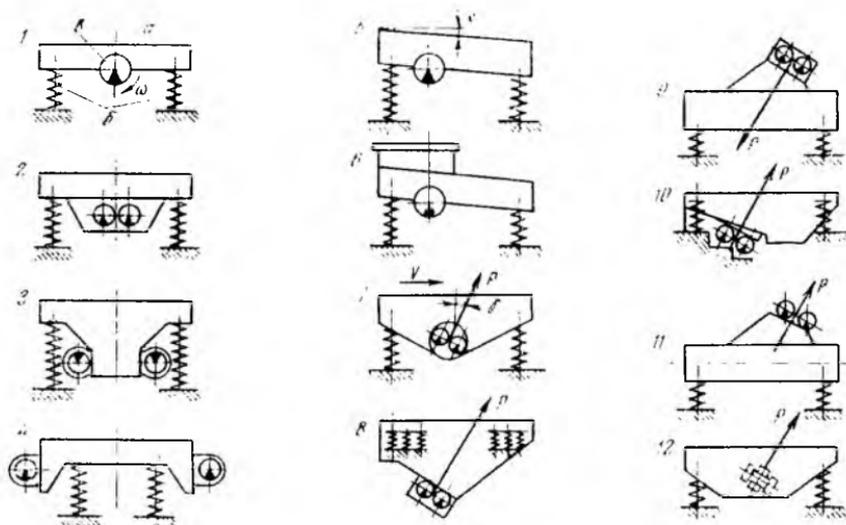


Рис. 21.4. Схемы инерционных решеток

Так как выбиваемая форма покоится на балках и не связана с решеткой, то ее масса не влияет на работу последней.

По конструктивному исполнению инерционные решетки отличаются типом вибровозбудителя (кругового или направленного действия, см. рис. 24.4), местом его установки и направлением колебаний. На рис. 21.4 приведены схемы таких решеток [10].

Решетки 1—4 применяются для выбивки форм без одновременного перемещения выбитого кома вдоль полотна a . Вибровозбудитель v в них размещается симметрично относительно упругих опор b , и колебания, создаваемые им, направлены либо только в вертикальном направлении, либо по кругу.

Решетки 5—12 используются в установках, в которых процесс выбивки форм совмещается с перемещением выбитого кома вдоль полотна решетки. В этих решетках вибровозбудитель расположен под определенным углом к полотну решетки, вследствие чего создаваемое им возмущающее усилие P действует на выбиваемую форму также под определенным углом, чем и достигается эффект перемещения. Подробнее об основах теории вибротранспортирования см. § 24.2.

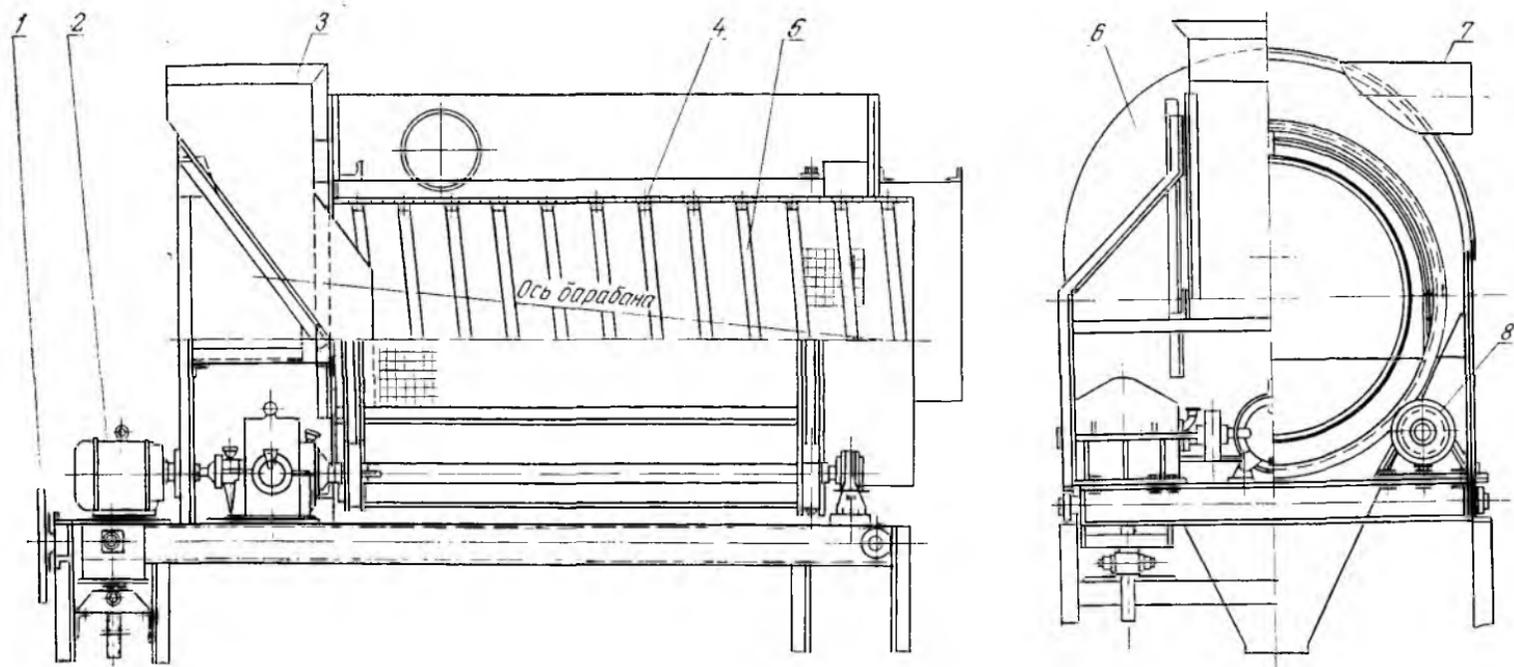


Рис. 21.5. Барабан для разрушения безопочных форм

Решетка на схеме 6 представляет узел, в котором совмещены выбивная рама (верхняя площадка с проемом) и сама решетка под ней.

Выбивные барабаны применяются в устройствах для разрушения безопочных форм. Основным их назначением является отделение отливки от формовочной смеси и стержней.

Цилиндр 4 барабана (рис. 21.5) состоит из каркаса, обтянутого сеткой или покрытого металлическим листом с отверстиями. Размер ячеек сетки или отверстий в листе зависит от величины отливок. К внутренней поверхности цилиндра приваривается по винтовой линии стальная полоса 5 высотой 80—100 мм, служащая для направления форм и отливок в барабане во время выбивки. Цилиндр вращается на четырех катках 8, из которых одна пара приводится во вращение от вала, соединенного через редуктор с электродвигателем 2.

Для вентилирования установки вокруг цилиндра устраивается кожух 6, из которого через патрубок 7 отсасывается воздух. Загружается барабан через приемный бункер 3, встроены в кожух.

Угол наклона барабана к горизонту может меняться, для этого в установке предусмотрен специальный механизм 1.

Просыпавшаяся через сетку или отверстия в цилиндре отработанная смесь попадает в бункер, расположенный под барабаном, а затем на ленту транспортера. Отливки же, передвинувшись по винтовой линии в конец барабана, сбрасываются по наклонному лотку на пластинчатый транспортер, доставляющий их в обрубное отделение.

Прошивная выбивная машина представляет обычно вертикальный пневмоцилиндр, к штоку которого прикрепляется пуансон либо специальная прессовая колодка с рамкой, имеющей ширину, равную расстоянию между боковыми стенками опоки. Применяются такие механизмы только для выбивки небольших опок, не имеющих крестовин.

21.3. Основы расчета выбивных рам и решеток

Характер колебаний в эксцентриковых решетках определяется жесткостью кинематической связи их с приводом. График вертикальных перемещений, скорости и ускорений (см. рис. 21.2, б) описывается уравнением

$$x_{\text{реш}} = r \sin(\omega t + \varphi), \quad (21.1)$$

где $x_{\text{реш}}$ — ордината вертикальных составляющих перемещения скорости решетки; r — эксцентриситет приводного вала решетки; ω — угловая скорость вращения приводного вала; t — период колебания системы, равный интервалу между двумя последовательными соударениями; φ — угол между горизонтальным положением вектора эксцентриситета и его положением в момент соударения.

Форма должна подбрасываться решеткой при каждом цикле колебаний системы и при обратном падении на решетку развивать

энергию удара, достаточную для разрушения кома смеси. Движение формы описывается параболическим законом

$$x_{\text{фор}} = x_0 + v_{\text{фор}}t - \frac{g}{2} t^2, \quad (21.2)$$

где $x_{\text{фор}}$ — ордината вертикальных составляющих перемещения, скорости формы; x_0 — ордината вертикальных составляющих перемещения, скорости формы до удара; $v_{\text{фор}}$ — вертикальные составляющие скорости формы после удара.

После дифференцирования уравнений (21.1) и (21.2) и соответствующих подстановок можно получить выражения для основных параметров эксцентриковых решеток.

Исследования и анализ этих выражений, проведенные Л. Ф. Лиюкумовичем для выбивных решеток, позволили получить следующие выражения.

1. Для вычисления оптимальной угловой скорости эксцентрикового вала (рад/с)

$$\omega = \frac{\pi k}{1 + R} \sqrt{\frac{2g}{e_0}},$$

где k — коэффициент, учитывающий соотношение между числом оборотов эксцентрикового вала и числом соударений формы и решетки: $k = 1-2$.

2. Для вычисления эксцентриситета вала (м)

$$r = \frac{\pi g}{\omega^2 \cos \varphi} \cdot \frac{1 - R}{1 + R},$$

где угол φ зависит от коэффициента восстановления скорости R .

3. Для вычисления мощности привода эксцентриковых решеток (кВт)

$$N = \frac{\pi g G_{\text{фор}}}{\eta \omega} \cdot \frac{1 - R}{1 + R},$$

где $G_{\text{фор}}$ — сила тяжести формы, кН.

При расчете выбивных установок для безопочных форм ввиду отсутствия трения смеси о стенки опок и сводообразования энергию e_0 рекомендуется принимать в меньших пределах, чем для опочных форм. Так как выбивка в этом случае сопровождается неупругими соударениями кома с решеткой, то коэффициент восстановления скорости R следует принимать равным нулю. Тогда в случае использования эксцентриковой решетки приводная мощность (кВт)

$$N = \frac{\pi g G_{\text{фор}}}{\eta \omega}.$$

Расчет инерционных решеток представляет несколько большие трудности, так как характер колебаний в них значительно сложнее (см. § 21.2 и рис. 21.3, б).

В начальный момент форма (кривая 2) движется вверх вместе с решеткой (кривая 1). Затем по мере замедления движения силы

инерции, сообщенные форме и направленные вверх, оторвут ее от решетки, в результате чего форма поднимется на какую-то высоту. Падая вниз, она встретится с решеткой, движущейся ускоренно вверх. В результате происходит соударение, которое при многократном повторении приводит к разрушению набивки формы.

Согласно методике, изложенной в работе [10], искомыми параметрами при расчете инерционных решеток являются:

1) угловая скорость вала вибровозбудителя (рад/с)

$$\omega = \pi \sqrt{\frac{2g}{e_0}};$$

2) частота вращения вала (с⁻¹)

$$n = \frac{\omega}{2\pi};$$

3) жесткость упругих опор (Н/м)

$$c = \frac{G_{реш}}{g} \omega_0^2,$$

где $G_{реш}$ — сила тяжести решетки, Н; ω_0 — частота собственных колебаний решетки, рад/с⁻¹; g — ускорение силы тяжести, м/с²;

4) скорость транспортирования выбитых отливок по полотну решетки (м/с)

$$v = (2 - 3) \frac{a}{t_{ц}},$$

где a — размер кома (отливки); м; $t_{ц}$ — цикл подачи кома на решетку, с;

5) величина дебаланса вибровозбудителя (кг·м)

$$D = A_v \frac{G_{реш}}{g} \left[1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right],$$

где A_v — величина амплитуды колебания решетки, м; $A_v = \frac{v_1}{\omega \sin \varphi}$;

v_1 — вертикальная составляющая скорости решетки до удара, м/с;

φ — фаза соударения: $\sin \varphi = 0,8 - 0,9$;

6) максимальное значение вертикальной составляющей возмущающей силы вибровозбудителя (Н)

$$P_{в. макс} = D\omega^2 \cos \gamma,$$

где γ — угол направления возмущающей силы к вертикали: $\gamma = 25 - 40^\circ$.

В задачу расчета дебалансного вала вибровозбудителя входит определение его геометрических размеров — диаметра дебалансной части D_v и эксцентриситета r (рис. 21.6, а), при которых обеспечивается требуемое значение дебаланса D .

По выбранным значениям L и d определяют коэффициент

$$\psi = \frac{D}{i\pi L \gamma d^3},$$

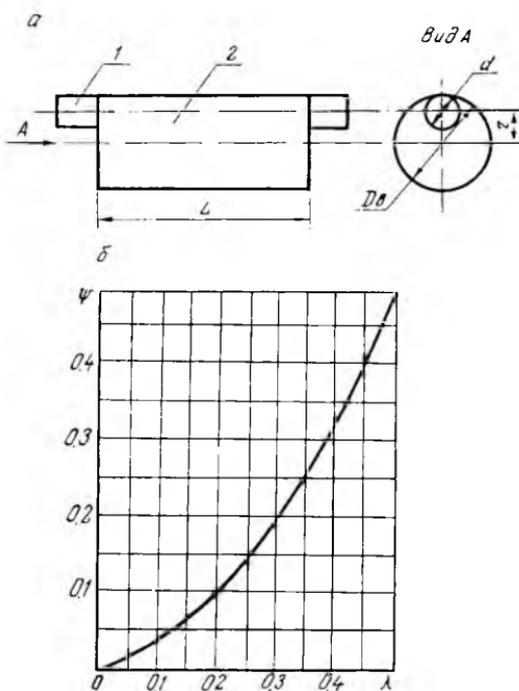


Рис. 21.6. К расчету дебалансного вала:
 а — дебалансный вал: 1 — опорные шейки вала;
 2 — дебалансная часть; б — зависимость $\psi = f(\lambda)$

где i — число дебалансных валов вибровозбудителя; γ — удельная сила тяжести материала вала, Н/м³.

По графику (рис. 21.6, б) $\psi = f(\lambda)$ и соотношением $r = \lambda d$ и $D_B = 2 \left(r + \frac{d}{2} \right)$ находят значения искомых параметров вала.

21.4. Устройства для автоматизированной выбивки форм

Процесс выбивки литейных форм включает собственно выбивку кома с отливкой из опоки, а также ряд вспомогательных операций, к которым относятся отделение отливок от смеси и разделение (распаровка) опок. Таким образом, процесс выбивки может быть расчленен на следующие потоки: а) поток отливок; б) поток оборотной смеси; в) поток порожних опок, который в свою очередь разветвляется на два (потоки верхних и нижних опок).

Чем меньше потоков в процессе выбивки, тем проще конструкция установки и тем надежнее ее работа в автоматическом режиме. По этой причине выбивка безопочных форм легче поддается автоматизации, чем выбивка форм в опоках.

В каждой автоматизированной установке для выбивки форм можно выделить узлы, общие для всех подобных установок: а) механизм для передачи формы с литейного конвейера на выбивное устройство; б) выбивное устройство; в) устройство для отделения отливки от смеси; г) устройство для распаровки опок; д) транспортные устройства для выбитых опок; е) вентиляционные устройства; ж) система управления.

Ниже приводятся конструктивные схемы некоторых узлов.

Сталкиватель служит для передачи формы с литейного конвейера на выбивное устройство и представляет пневмоцилиндр, к штоку которого прикрепляется либо специальная головка (упор), либо тележка. Работает он по принципу «от себя» или «на себя». В первом случае сталкиватель, как правило, располагается на уровне, удобном для сталкивания форм с конвейера, а во втором — над формами, сталкивая (стаскивая) их специальной «лапой», укрепленной на тележке.

Площадь поршня пневмоцилиндра сталкивателя можно определить по формуле:

$$F = \frac{G_{\text{фор}} f z}{0,7 p_0},$$

где $G_{\text{фор}}$ — сила тяжести формы с отливкой, Н; f — коэффициент трения опок о поверхность платформ конвейера или выбивного устройства; z — количество одновременно сталкиваемых форм; p_0 — давление воздуха в сети, Па.

Диаметр цилиндра $d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ округляется до размера, кратного 10.

Выбивные устройства в автоматизированных установках при отсутствии крестовин в нижней опоке работают по принципу «на провал». При этом форма, подлежащая выбивке, устанавливается на вибрирующую выбивную раму (см. рис. 21.4), где происходит разрушение набивки и выпадение кома (смеси с отливкой) на решетку с последующим отделением отливки от смеси. Таким образом, выбивная рама служит для разрушения кома и выбивки его из опоки, а решетка — для отделения отливки от смеси.

Устройства для распаровки опок в зависимости от способа транспортирования выбитых опок на участок формовки могут иметь различную конструкцию.

Цепной распаровщик с выдачей опок на один транспортер (рис. 21.7) состоит из металлоконструкции, на которой смонтирован короткий цепной конвейер 2 с несколькими кулаками 4, шаг которых превышает ширину опок. Порожние опки, проталкиваемые с выбивной рамы, попадают в зону действия кулаков цепи

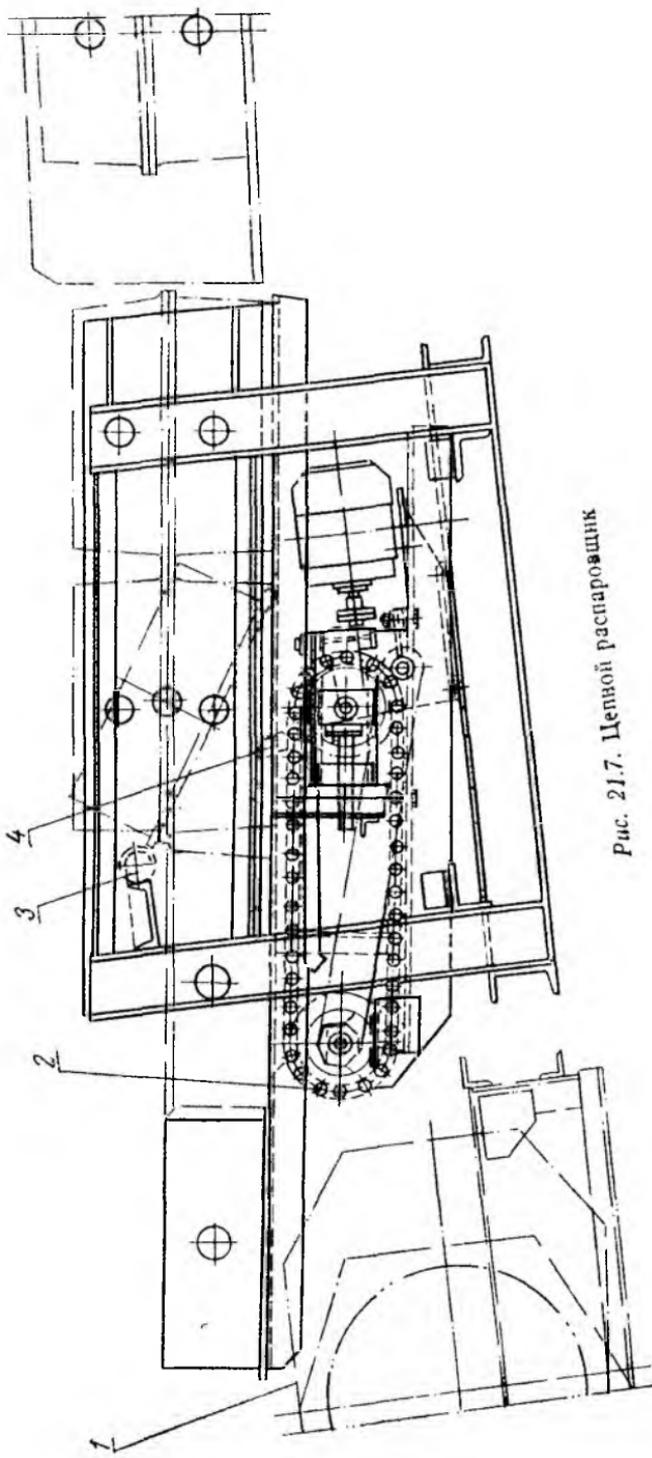


Рис. 21.7. Цепной распаровщик

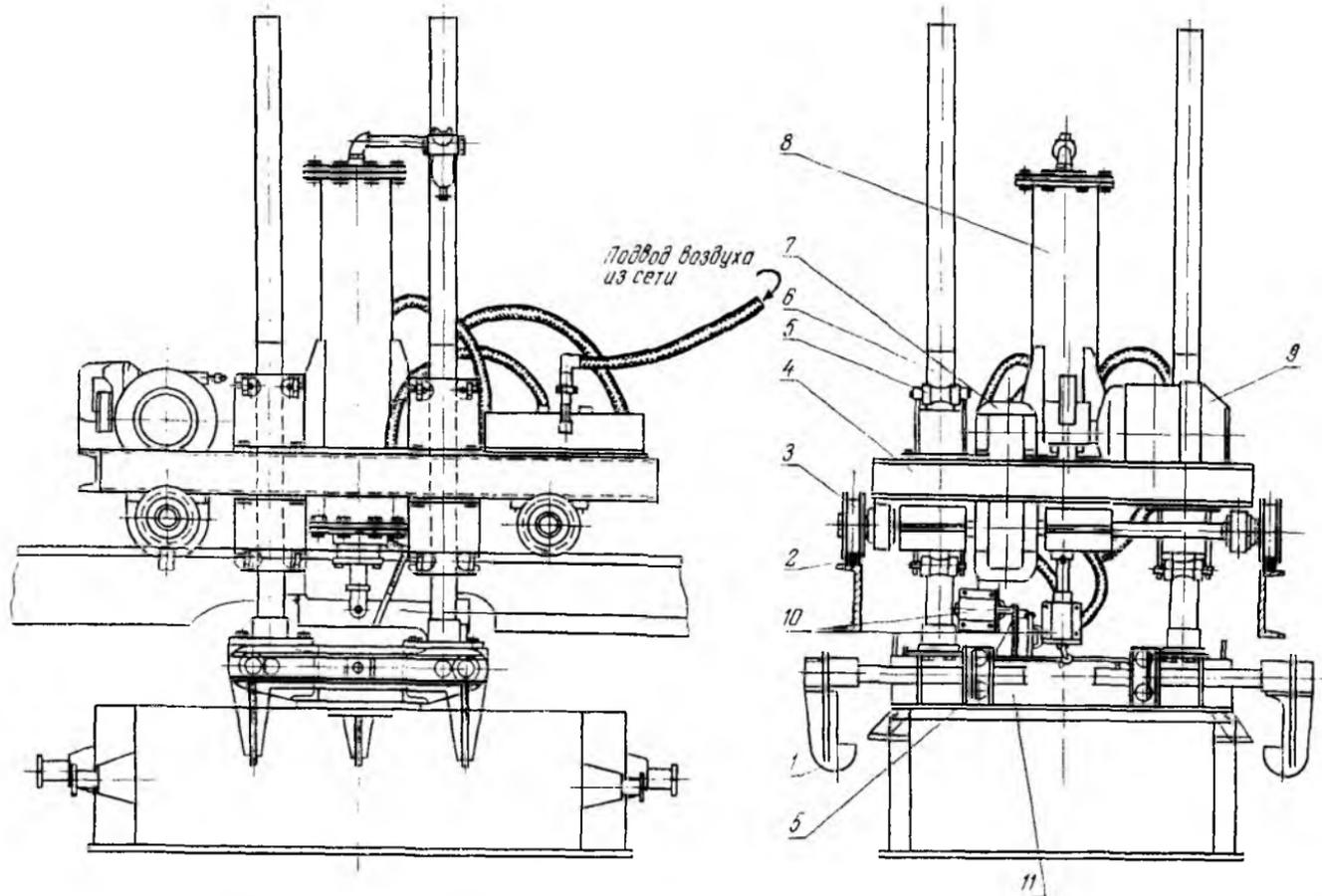


Рис. 21.8. Манипулятор для распаровки опок:

1 — захват; 2 — рельс; 3 — ролик тележки; 4 — рама тележки; 5 — желобчатый ролик; 6 — направляющие траверсы; 7 — редуктор; 8 — цилиндр подъема траверсы; 9 — электродвигатель передвижения тележки; 10 — концевые выключатели; 11 — траверса

и захватываются ими за внутреннюю кромку нижней опоки. При движении пары опок верхняя из них упирается в поперечный ролик 3 и задерживается, нижняя же кулачками цепного конвейера вытаскивается из-под верхней и передается на пластинчатый транспортер 1. Затем также вытаскивается и поступает на транспортер верхняя опока, опустившаяся на место нижней. Скорость цепи распаровщика должна быть в два раза больше скорости литейного конвейера.

Распаровка опок по приведенной схеме может производиться и без цепного конвейера. В этом случае опоки перемещаются пневмоцилиндром с тележкой, несущей на себе специальный захват. При движении тележки захват выталкивает нижнюю опоку из-под верхней и передаст ее на транспортер. После ухода нижней опоки верхняя падает на ее место и при очередном ходе толкателя также передается на транспортер.

Выше рассматривались конструктивные схемы распаровщиков для опок, не имеющих крестовин и допускающих работу по принципу «на провал».

Распаровка опок при выбивке форм с крестовинами может производиться только путем подъема верхней опоки относительно нижней с помощью различных манипуляторов. Конструкция их напоминает устройства манипуляторов для установки грузов на формы перед заливкой или сборки опок в формовочных линиях.

Манипулятор (рис. 21.8) представляет тележку 4, передвигающуюся по рельсам 2, на которой установлен пневмоцилиндр 8 для подъема и опускания траверсы 11 с находящимися на ней захватами 1. Для обеспечения строго вертикального движения траверсы снабжена направляющими 6, перемещающимися между двух пар желобчатых роликов 5.

Работает манипулятор следующим образом. При опускании траверсы в нижнее положение захваты при помощи горизонтальных цилиндров зажима захватывают верхнюю опоку и поднимают ее в верхнее фиксированное положение. Затем включается электродвигатель 9, который через эластичную муфту с тормозом и редуктор 7 передает вращение ролику 3 тележки; происходит перемещение опоки на позицию установки. Траверса опускается, а захваты освобождают опоку. Далее траверса с захватами поднимается, и тележка манипулятора перемещается в исходное положение.

21.5. Устройства для выбивки стержней из отливок

Выбивка и удаление стержней из внутренних полостей отливок требуют гораздо больших усилий, чем выбивка форм, так как стержни более прочны. Особенно трудно выбиваются стержни с металлическими каркасами.

Для разрушения и выбивки стержней применяются вибрационные, гидравлические, пескогидравлические и электрогидравлические машины и установки.

Вибрационные машины и установки — наиболее распространенный вид оборудования для выбивки стержней из отливок в условиях крупносерийного производства.

В автоматической установке для выбивки стержней из отливки блока цилиндров двигателя (рис. 21.9) применена пневматическая вибрационная машина, состоящая из рамной конструкции, на которой установлены передняя и задняя бабки. На задней бабке расположен пружинный упор 1, а на передней — пневмозажим 4 с передвижным вибратором поршневого типа 3, заканчивающийся упором 2.

Отливки подаются к вибромашине непрерывно движущимся подвесным конвейером 5. В момент совпадения центральной части отливки 11 с осью зажима каретка 7 подвесного конвейера нажимает рычаг путевого переключателя 6, срабатывает воздухораспределительная аппаратура, управляющая цилиндром зажима, и отливка зажимается между упорами 1 и 2. Затем включается вибратор 3 и начинается выбивка стержня. Стержень разрушается в результате многократных сотрясений. Во время выбивки каретка 7 конвейера опускается по радиальному участку 8, что позволяет ей перемещаться при зажатой отливке. Прекращается выбивка в момент подхода каретки конвейера к путевому переключателю 9. При этом раскрепляются зажимы, отливка по рольгангу 12 скатывается вниз и опять зависает на подвеске конвейера 5, доставляющего ее в очистное отделение цеха.

Выбитая стержневая смесь проваливается через решетку 13 в бункер 14. Для вентиляции участка выбивки предусмотрен мощный вентилятор 10. Производительность таких установок по объему стержневой массы составляет до 1 м³/ч.

При выбивке стержней на вибромашине такого типа может быть использован пульсирующий подвесной конвейер. В этом случае при проходе отливки между упорами путевого выключатель останавливает конвейер — происходит зажим и выбивка стержня. Продолжительность остановки конвейера, а значит, и продолжительность выбивки регламентируются реле времени.

В литейных цехах с массовым характером производства выбивка стержней из отливок осуществляется также на вибромашинах, установленных на карусельные столы.

В гидравлических установках удаление стержней из отливки производится путем механического разрушения их струей воды, выбрасываемой под большим давлением из монитора. Способность струи разрушать стержень определяется ее кинетической энергией, которая зависит от скорости и массы частиц воды. Скорость определяется напором воды перед насадком гидромонитора, а масса — расходом ее в единицу времени.

Струя воды размывает и разрезает стержень. Размывающее действие тем больше, чем больше расход воды, а разрезающее действие тем больше, чем больше скорость струи.

Струя воды ударяется о поверхность стержня и проникает в виде отдельных частиц в его поры и трещины. Сила водяного на-

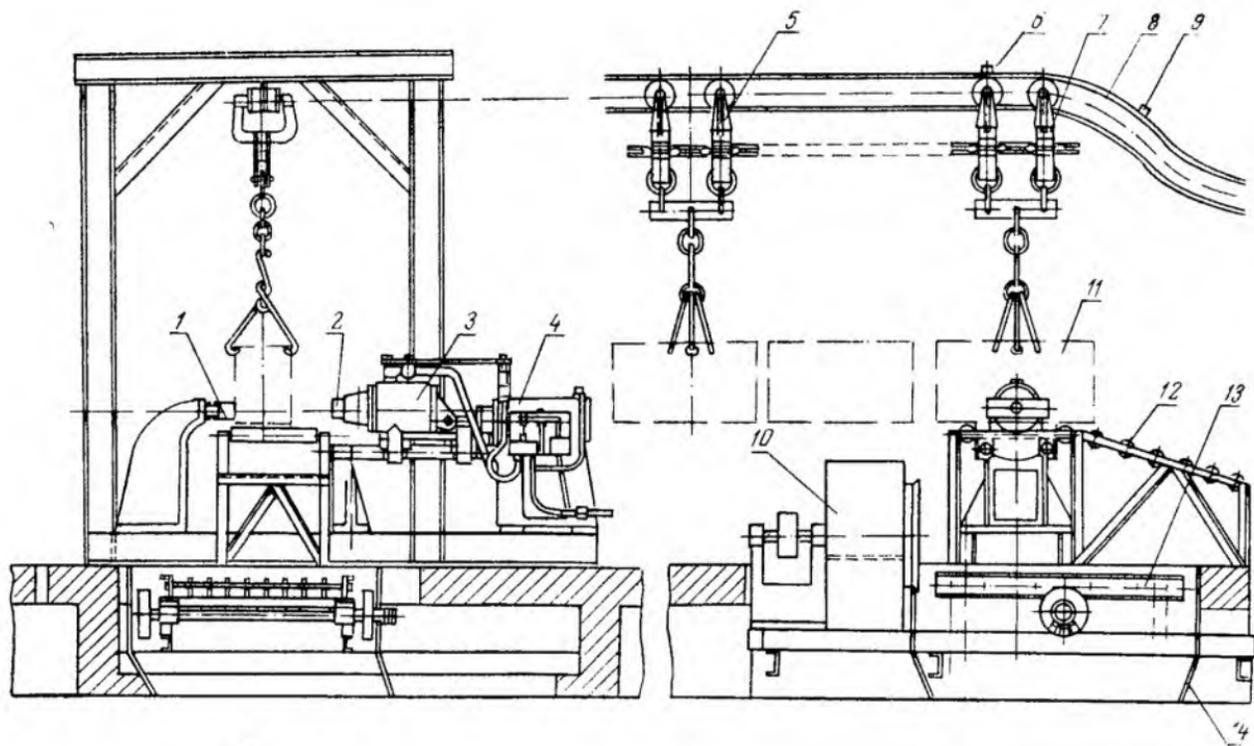


Рис. 21.9. Вибрационная установка для выбивки стержней из отливок

пора нарушает взаимное сцепление частиц стержня, размывая и расщепляя его.

Сила удара струи о препятствие, каким является стержень, зависит главным образом от изменения количества движения струи в процессе выбивки:

$$m(v - v_0) = P(t - t_0),$$

где $m = \frac{\gamma}{g} Fv$ — расход воды в с; γ — удельная сила тяжести: $\gamma = 10^4 \text{ Н/м}^3$; F — площадь истечения насадка, м^2 ; v — скорость течения воды, нормальная к поверхности стержня, м/с ; v_0 — скорость струи в момент встречи со стержнем, м/с ; P — сила удара струи о стержень, Н ; t — время, в течение которого изменяется скорость, с.

Поскольку конечное количество движения равно нулю, секундное его значение H_c будет определяться выражением

$$mv = Pt; \quad \frac{\gamma}{g} Fv^2 = P.$$

Выразив скорость струи v через напор H водяного столба

$$v = \sqrt{2gH},$$

получим $P = 2\gamma FH$.

Таким образом, сила удара струи P возрастает с увеличением напора (при постоянной площади истечения насадка) и с увеличением площади насадка (при постоянном напоре).

Основным фактором, обеспечивающим эффективную работу гидроструи, является отношение силы удара P к поверхности площадки, в которую бьет струя,

$$\sigma_s = \frac{P}{F_{ст}}.$$

Для разрушения стержня необходимо, чтобы давление на единицу поверхности P было больше сопротивления стержня сжатию $\sigma_{сж}$. С учетом максимальной силы удара и коэффициента потерь $k = 0,5$ это напряжение можно определить по формулам:

$$p \gg \sigma_{сж}; \quad p \gg \frac{2\gamma FHk}{F_{ст}} = 10^4 \text{ Н},$$

где площадь $F_{ст}$ принята равной площади истечения F насадка; $\gamma = 10^4 \text{ Н/м}^3$.

Сопротивление стержня размыванию зависит от физико-химического воздействия на него воды. Размокание стержня сопровождается утолщением водных пленок между твердыми частицами, увеличением объема отдельных частей стержневой массы и нарушением ее сплошности. Небольшая добавка поверхностно-активных веществ приводит к усилению взаимного отталкивания глинистых частиц, что облегчает размыв стержня.

Основным рабочим органом гидровывивной установки является гидромонитор. Он служит для создания плотного потока — струи воды, направляемой на отливку или стержень.

Гидромонитор представляет длинную стальную трубу, на одном конце которой закреплено сопло, а на другом при помощи фланца — рукав, подводящий воду под давлением. Труба установлена в кольцо, которое может поворачиваться вокруг горизонтальных и вертикальных шарнирных осей, закрепленных в свою очередь в неподвижном корпусе, привернутом к стенке камеры.

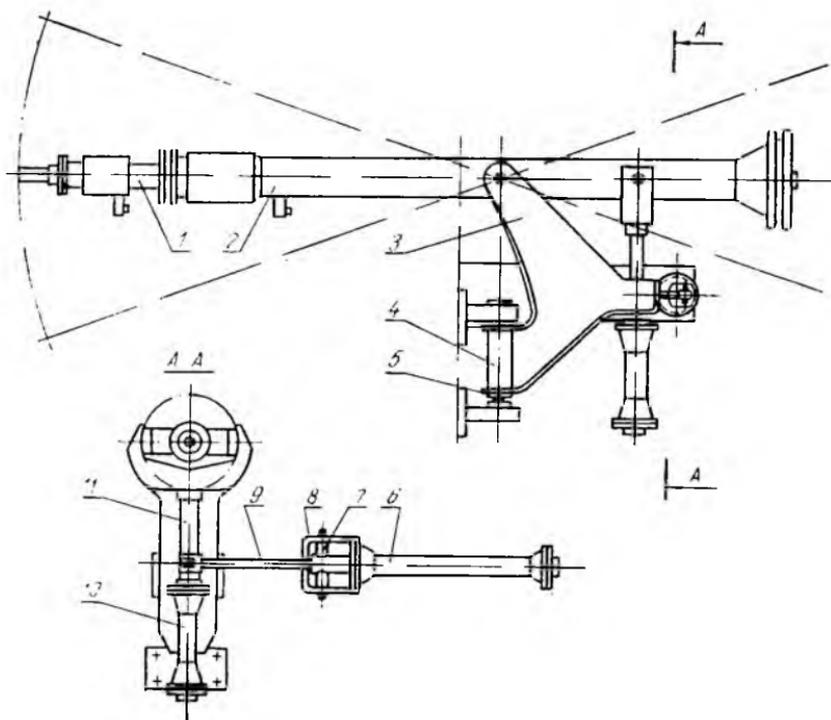


Рис. 21.10. Схема станкового гидромонитора с механизированным управлением

Для защиты от брызг воды отверстие в корпусе камеры, к которой крепится монитор, закрывается кожухом из прорезиненной ткани. Такой гидромонитор прост в изготовлении и эксплуатации и применяется в основном при давлении воды до $25 \cdot 10^5$ Па (25 кгс/см^2).

В высоконапорных установках требуются большие усилия при повороте монитора для преодоления реактивных сил струи на выходе. Поэтому современные гидромониторы имеют полностью механизированное или автоматизированное управление.

Рассмотрим схему гидромонитора с механизированным приводом перемещения (рис. 21.10). Корпус состоит из двух телескопически соединенных стволов 1 и 2. Наружный шарнирно закреплен на кронштейне 3, который крепится к стенке камеры и может поворачиваться на оси 4, установленной на опорах 5.

Перемещение осуществляется гидроприводом, состоящим из горизонтального 6 и вертикального 10 цилиндров, который обеспечивает перемещение гидромонитора на 20° во все стороны от оси вращения.

Цилиндр 6 имеет осевую опору 7, установленную в специальном кронштейне 8. Шток 9 при передвижении поворачивает трубу 2 в ту или другую сторону. Шток 11 цилиндра 10 также шарнирно соединен с трубой 2 и при своем передвижении поворачивает ее в вертикальной плоскости.

Выбрасываемая из насадки монитора струя неоднородна (не одинаково компактна) по длине, что объясняется появлением вихревых токов и аэрацией, расчленяющих струю на отдельные струйки и брызги. Снизить влияние вихревых токов можно путем ввода в ствол гидромонитора специальных выпрямителей, уменьшающих поперечное сечение струи.

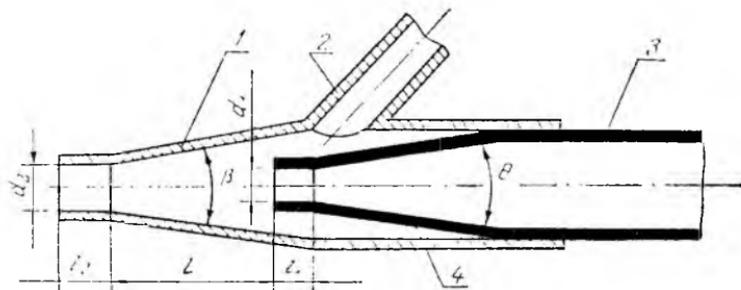


Рис. 21.11. Схема пескогидромонитора:

1 — выходной патрубок; 2 — патрубок для пульты; 3 — ствол; 4 — входной насадки

Выбор необходимого и достаточного давления в гидросистеме определяется прочностью на сжатие стержней в пределах $12—13 \cdot 10^5$ Па ($12—13$ кгс/см²). Для разрушения стержней необходимо удельное давление струи воды, равное $12—15 \cdot 10^5$ Па ($12—15$ кгс/см²). Следовательно, при коэффициенте использования напора $k=0,5$ напор в гидросистеме должен быть равным $25—30 \cdot 10^5$ Па. Однако при таком давлении стержень только размывается, но не разрезается. Очевидно, эффективнее будут установки, работающие по комбинированной схеме: сначала стержень разрезается тонкой высоконапорной струей (давление $75—150 \cdot 10^5$ Па при диаметре сопла 6—7 мм), а затем удаляется с дополнительным разрушением мощной струей низкого давления ($25—30 \cdot 10^5$ Па при диаметре сопла 15—20 мм).

Пескогидравлический способ выбивки стержней основан на использовании водяной струи, имеющей абразивные частицы (кварцевый песок). Разрушительные свойства пескогидравлической струи зависят от тех же параметров, что и водяной, а также от количества песка в ее составе, значительно повышающего «режущие» свойства струи.

Пескогидромонитор (рис. 21.11) представляет устройство, в ос-

новые работы которого лежит принцип гидравлического эжектора. Вода из входного насадка 4 ствола 3 поступает в конфузор выходного насадка 1, где вследствие увеличения скорости струи резко снижается давление. Благодаря разрежению пульпа (смесь песка с водой) засасывается через специальный ниппель 2 в конфузор — происходит смешивание потоков воды и пульпы с последующим выбросом их через выходной насадок.

Эффект работы пескогидромонитора в большой степени зависит от конструктивных параметров его насадков.

Рациональным расстоянием между sprысками входного и выходного насадков для давлений $50—75 \cdot 10^5$ Па следует считать $L = 60—70$ мм, а отношение площадей поперечных сечений sprысков выходного и входного насадков $\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$ для давлений $75—150 \cdot 10^5$ Па не должно превышать 6.

Электрогидравлические установки получают все большее применение в литейных цехах. В основе их работы лежит метод выбивки стержней за счет энергии, образующейся при высоковольтном импульсном разряде в жидкости, получивший название электрогидравлического эффекта (ЭГЭ).

Использование ЭГЭ позволяет превращать электрическую энергию в механическую без промежуточных звеньев. При высоковольтном разряде в жидкости, находящейся в сосуде, возникают кавитационные явления, которые сопровождаются образованием ударных волн, распространяющихся со сверхзвуковой скоростью. Давление в жидкости при этом достигает $1500—2000 \cdot 10^5$ Па ($1500—2000$ кг/см²). Это давление импульсного характера проявляется в механическом перемещении жидкости и приводит к разрушению материалов, помещенных вблизи зоны разряда. Разрушение происходит в результате совместного действия ряда взаимосвязанных факторов: механического ударного действия жидкости, кавитационных процессов, звукового и ультразвукового излучений, а также резонансных явлений.

Если поместить невыбитую отливку в зону упругого воздействия ударных волн, то при прохождении этих волн через отливку и стержень в последних будут возникать упругие и остаточные деформации. Вследствие разности модулей упругости и частоты собственных колебаний металла и стержня происходит разрушение последнего на границе раздела с металлом.

Такой способ передачи механической энергии стержню позволяет выбивать отливки и освобождать их от стержней, имеющих высокую прочность и расположенных в труднодоступных полостях отливки.

Питание электрогидравлических установок осуществляется от специальных силовых устройств, которые выполняются либо по кенотронной, либо по однофазной и трехфазной резонансным схемам.

В схеме, показанной на рис. 21.12, питание предусмотрено по однофазной резонансной схеме.

Схема состоит из зарядного и разрядного контуров. Зарядный контур включает выпрямитель-трансформатор *ВТ*. Разрядный контур состоит из конденсатора *С*, синхронизатора (формирующего промежуток) *СХ* и рабочего искрового промежутка *РП*, образующегося между электродом и отливкой.

Как только напряжение на конденсаторе *С* возрастает до того значения, на которое установлен синхронизатор *СХ*, происходит его пробой, и все напряжение импульсно подается на искровой промежуток между электродами и отливкой, находящейся в ванне, заполненной жидкостью. При этом промежуток пробивается высоковольтным разрядом, в результате чего возникает электрогидравлический удар. Затем цикл повторяется с частотой, определяемой скоростью зарядки конденсатора *С*. Частота следования импульсов для условий выбивки стержней должна составлять примерно 1 имп/с, а число импульсов, необходимое для выбивки, зависит от габаритов отливки и обычно находится в пределах 200—1000. Расход энергии в таких установках составляет примерно 5—7 кВт·ч на 1000 кг литья.

У нас в стране ЭГЭ-установки выпускаются для выбивки стержней общей массой (отливки со стержнями) 2500 кг (мод. 36121), 8000 кг (мод. 36131), 25000 кг (мод. 36141) и др.

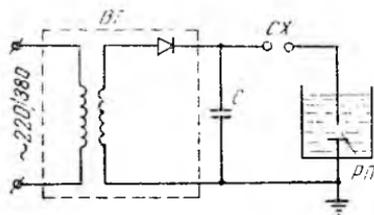


Рис. 21.12. Принципиальная схема устройства для получения электрогидравлического эффекта

Глава 22. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

22.1. Устройства для отделения элементов литниковых систем

Выбитую из опоки отливку необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей. Эта операция может выполняться следующими методами: 1) отламыванием или отбивкой в барабанах; 2) откусыванием на специальных прессах; 3) отрезкой на пилах; 4) пламенной резкой и др.

Отбивка или отламывание литников и выпоров в чугунных отливках является сравнительно простой операцией, так как чугун хрупок, а литниковая система обычно держится на отливке питающими, сечение которых мало. Часто эта операция выполняется вручную при помощи кувалд.

Для потока разнообразных отливок небольшого веса используются отбивные барабаны, в которых могут быть совмещены во времени три операции: отбивка литников, выбивка стержней и очистка отливок.

Барабан (рис. 22.1) выполняется в виде полого цилиндра 2, выложенного внутри составными броневыми плитами 1. На внут-

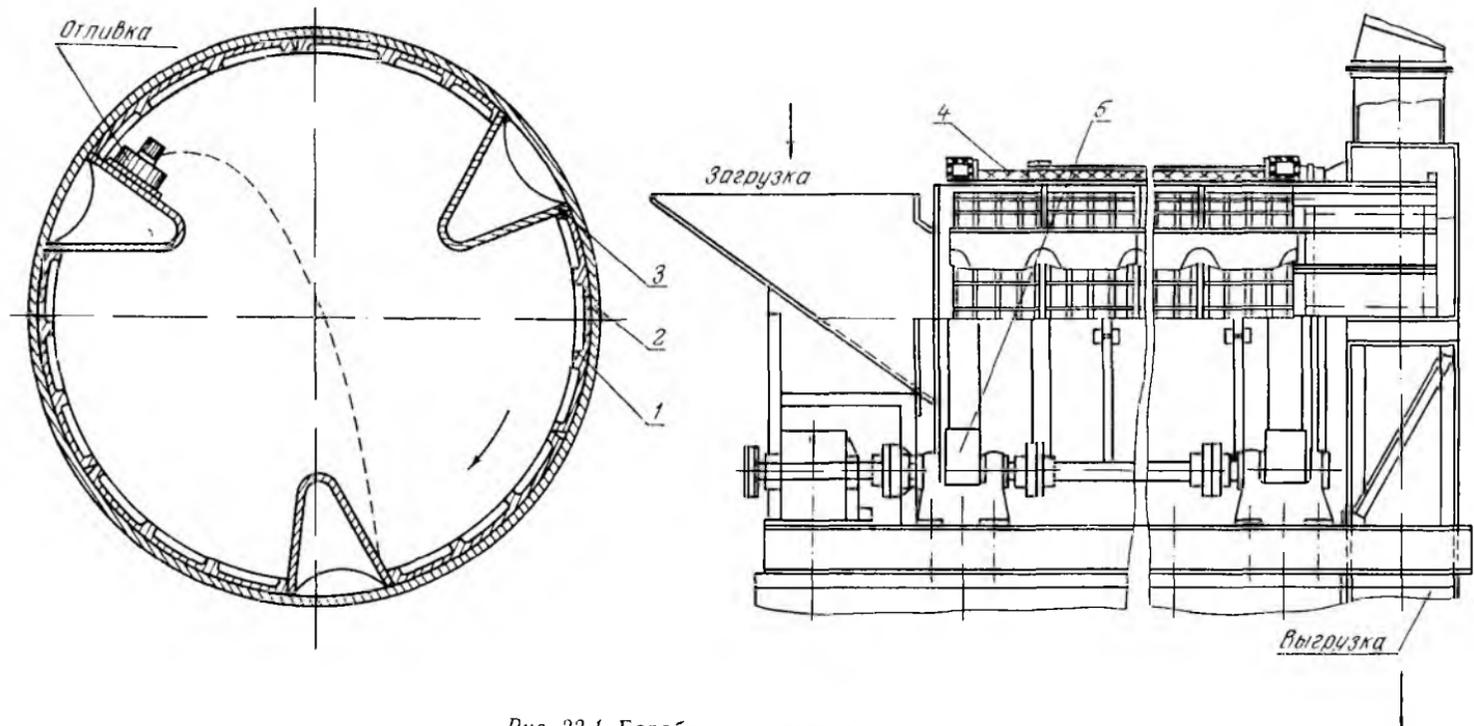


Рис. 22.1. Барабан для отломки литников

ренной поверхности барабана делаются продольные пороги 3. Снаружи для уменьшения шума он покрыт оболочкой 4 из войлока, дерева и резины. Барабан установлен на четырех катках 5 под углом 1,5—2° к горизонту и вращается с окружной скоростью (внутренней поверхности) 1,5—2,0 м/с. Отливки, поступающие в барабан с одного из торцов, поднимаются продольными порогами и при падении, ударяясь многократно друг о друга и о стенки барабана, отделяются от литников и прибылей. Одновременно разрушаются и стержни.

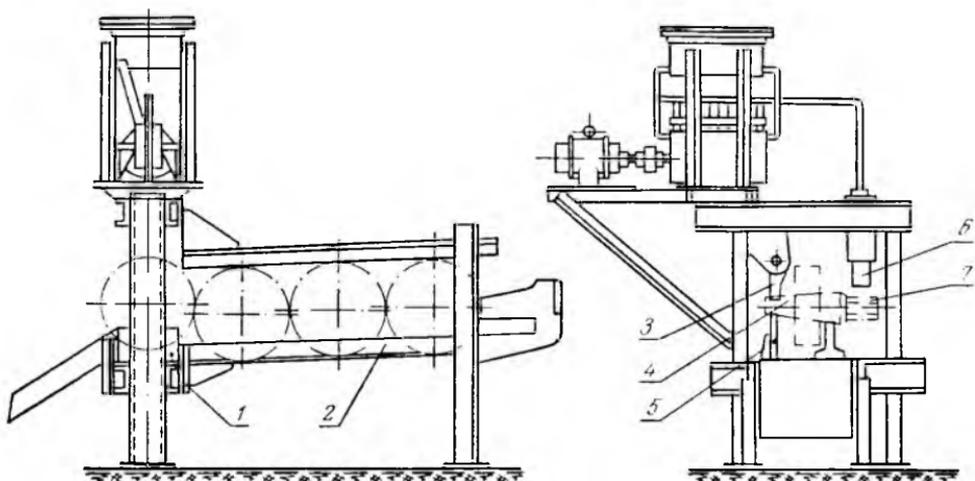


Рис. 22.2. Пресс для отломки прибылей

Отделившаяся от отливок смесь сквозь отверстия в последней секции барабана просыпается через воронку на ленточный транспортер уборочной системы, а отливки и литники выходят через второй торец барабана и попадают на транспортер.

Отделение литников и прибылей в отливках из вязкого металла значительно труднее. В таких случаях применяются пресс-кусачки, пилы или газовые резаки.

Для ломки прибылей отливки ступицы используется гидропресс (рис. 22.2). Ступицы 4 после выбивки и полного охлаждения укладываются подъемником в магазин 2, представляющий наклонный склиз, по которому они скатываются на рабочий стол прессы 1. Отливка устанавливается на столе так, что ее прибыль 7 оказывается под пуансоном прессы 6, а короткая шейка — на упоре 5, и закрепляется шарнирным упором 3. При движении пуансона вниз прибыль отламывается.

Аналогичные установки используются для ломки прибылей в других стальных отливках.

Для удаления литников и прибылей с крупных чугунных и стальных отливок иногда применяют дисковые пилы. Это круг-

дый тонкий диск диаметром 0,4—0,8 м с зубьями или без них, вращающийся с большой скоростью. В последнем случае прибыль отрезается путем расплавления металла в результате трения о него диска.

Прибыли от крупных отливок отделяют газовой резкой. Она основана на том, что нагретый металл может гореть в струе чистого кислорода, выделяя при этом тепло.

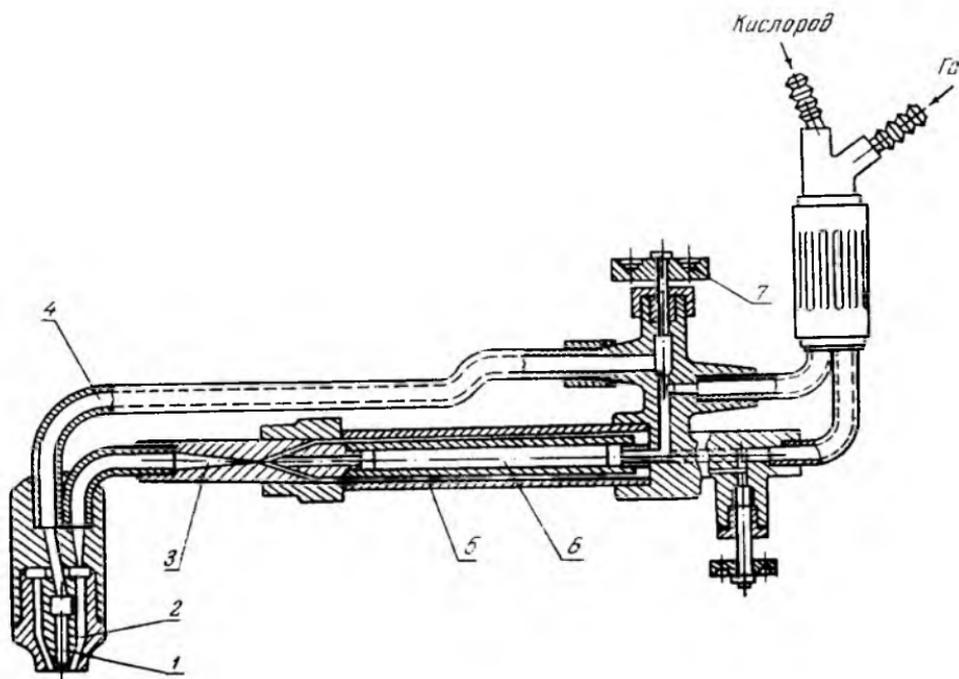


Рис. 22.3. Горелка для газовой резки металла

В газовом резачке (рис. 22.3) струя кислорода при помощи инжекторного устройства 6 засасывает газ из кольцевого канала 5, смешивается с ним в смесительной камере 3 и выдвигается наружу через кольцевой нап 2 мундштука. На выходе из мундштука газ образует пламя. При разогреве металла до температуры зажигания вентиляем 7 включают сильную струю режущего кислорода, который проходит по каналу 4 и выходит через отверстие 1. Металл плавится и выдувается в жидком виде вместе со шлаком, образующимся при горении.

22.2. Оборудование для очистки поверхности отливок

После удаления элементов литниковых систем дальнейшая обработка отливок заключается в следующем: а) поверхность отливки очищают от пригоревших формовочных и стержневых смесей; б) удаляют остатки (следы) литниковых систем, приливок и заливок; в) устраняют неровности на поверхности отливок и подготавливают их к окраске (грунтовке).

Очистка поверхности отливок от приставшей и пригоревшей формовочной и стержневой смесей, придание ей товарного вида — важная технологическая операция, обеспечивающая получение отливок высокого качества.

Существует много способов очистки поверхности отливок, из которых наибольшее распространение получили очистка в барабанах, дробеструйный и дробеметный способы. Применяются также специальные методы, такие, как электрохимическая, электро-термомеханическая, вибрационная, газопламенная и электрогидравлическая очистка отливок.

Очистка отливок в барабанах (круглых или квадратных) — способ довольно старый, но еще распространенный в литейных цехах благодаря своей простоте. Загруженные в барабаны отливки очищаются путем несильных ударов и взаимного трения. Для усиления этого эффекта вместе с литьем загружаются специальные звездочки из белого чугуна, которые своими острыми краями дополнительно обрабатывают отливки. Кроме того, мелкие звездочки, проникая во внутренние полости отливок, очищают труднодоступные поверхности. Звездочки составляют около одной трети массы литья.

Эффективность очистки в значительной мере определяется скоростью вращения барабанов. Оптимальной является скорость, при которой возникающие центробежные силы не превышают примерно половины силы тяжести отливки. Для барабанов с внутренним диаметром $2R > 0,7$ м условие может быть записано следующим образом:

$$m\omega^2 R = m(2\pi n)^2 R \leq 0,5 - 0,6 mg,$$

где R — радиус барабана, м; n — частота вращения барабана, c^{-1} :

$$n = \frac{0,35}{\sqrt{R}}.$$

Для барабанов с внутренним диаметром 0,7 м и менее число оборотов в минуту подсчитывается по формуле

$$n = \frac{0,38 - 0,40}{\sqrt{R}}.$$

Работа вращающихся барабанов сопровождается большим шумом, а также пылевыделением, особенно при выгрузке. Для уменьшения шума между наружным корпусом и внутренней броней укладываются звукопоглощающие прокладки.

При выборе конструкции и типа барабана учитывают массу, конфигурацию и толщину стенок отливок. Так, для очистки литья массой 1—25 кг применяют проходные барабаны непрерывного действия, для отливок массой до 100 кг — барабаны периодического действия.

Проходной барабан непрерывного действия для очистки литья массой 1—20 кг (рис. 22.4) представляет цилиндр 4 диаметром 1,2 м с крайними надставками в виде усеченных конусов. Изнутри

барабан облицован ребристыми плитами из марганцовистой стали, предохраняющими его от износа.

На участке барабана, окольцованном вентиляционным кожухом 5, сделаны отверстия для просыпания песка и частиц пригара.

Барабан имеет два банджа 3, которыми он опирается на четыре катка 2, и получает вращение от электромотора через редуктор и шестерню, находящуюся в зацеплении с зубчатым венцом, сидящим на корпусе барабана.

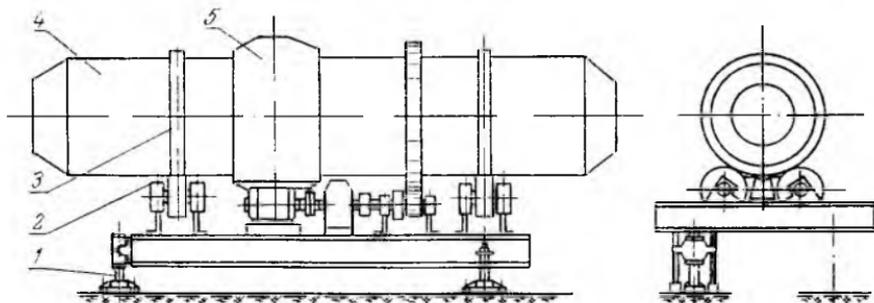


Рис. 22.4. Очистной барабан непрерывного действия

Чтобы облегчить перемещение отливок внутри барабана в направлении от загрузочного конца к выходному, он устанавливается с небольшим наклоном (до 6°), который регулируется специальным винтовым механизмом 1. От осевого смещения барабан удерживается упорными роликами, установленными с обеих сторон банджа. Барабан вращается со скоростью $0,1 \text{ с}^{-1}$ (6 об/мин) и для охлаждения отливок со стороны входного и выходного отверстий имеет форсунки для подачи водовоздушной смеси.

Существует также барабан с водяной промывкой (мокрая очистка). Цилиндр такого барабана имеет множество отверстий и опускается для вращения в ванну с водой. Вода проникает через отверстия и вымывает все земляные отходы. Шлам, скапливающийся на дне ванны, удаляется через специальный люк.

На рис. 22.5 приведен общий вид барабана периодического действия, предназначенного для очистки крупных отливок. Основными его узлами являются рама со стойками 3 и барабан 1 с приводом. В барабане имеется загрузочный люк с крышкой 2. Отсос пыли из барабана осуществляется путем присоединения машины через накатной зонт к вентиляционной схеме цеха. Продолжительность вращения барабана для очистки загруженной партии отливок составляет 30—90 с. Разгрузка барабана производится на ленточный конвейер 6 при открывании крышки загрузочного люка в положении, противоположном, чем при загрузке. Привод барабана состоит из электродвигателя 5 и редуктора 4.

Дробеструйный и дробеметный методы очистки отливок основаны на использовании кинетической энергии движущихся с большой скоростью дробинки при мгновенном их контакте с поверхностью очищаемого тела.

При дробеструйной очистке струя дроби образуется под действием сжатого воздуха, а при дробеметной дробь направляется

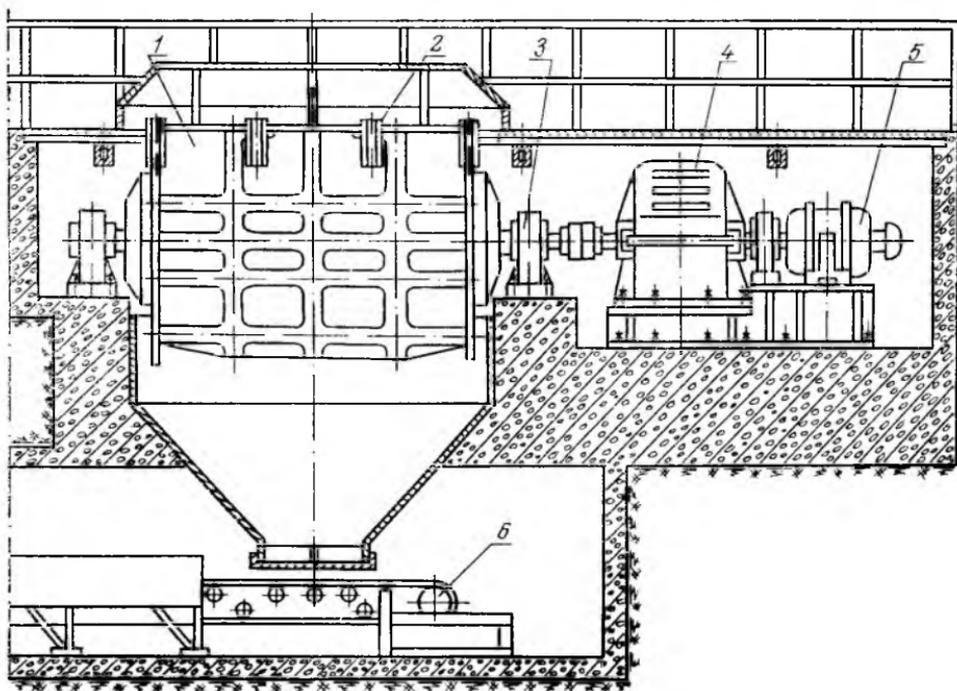


Рис. 22.5. Очистной барабан периодического действия

на поверхность отливки лопастями быстро вращающегося ротора дробеметного аппарата.

В первом случае используется аэродинамический эффект сопла, во втором — центробежная сила, сообщаемая дробинке при вращении дробеметного колеса.

Дробеструйные установки, как правило, состоят из следующих узлов: струйного аппарата; рабочей камеры; транспортного механизма, подающего отливку в рабочую зону; системы возврата отработанной дробы для повторного использования; системы очистки и сепарации дробы.

У двухкамерного струйного аппарата (рис. 22.6) верхняя зарядная камера 5 соединена с загрузочной воронкой 7 при помощи обратного клапана 6, нижняя рабочая камера 3 соединена с зарядной посредством второго обратного клапана 4. Сжатый воздух через влагоотделитель 8 и трубку 9 подается в трубу 10 под дном

бункера, смешивается здесь с поступающей через отверстие в дне бункера дробью и по шлангу 1 через сопло выбрасывает струю на обрабатываемую отливку. Рабочая камера 3 все время находится под давлением сжатого воздуха, а зарядная 5 — только в

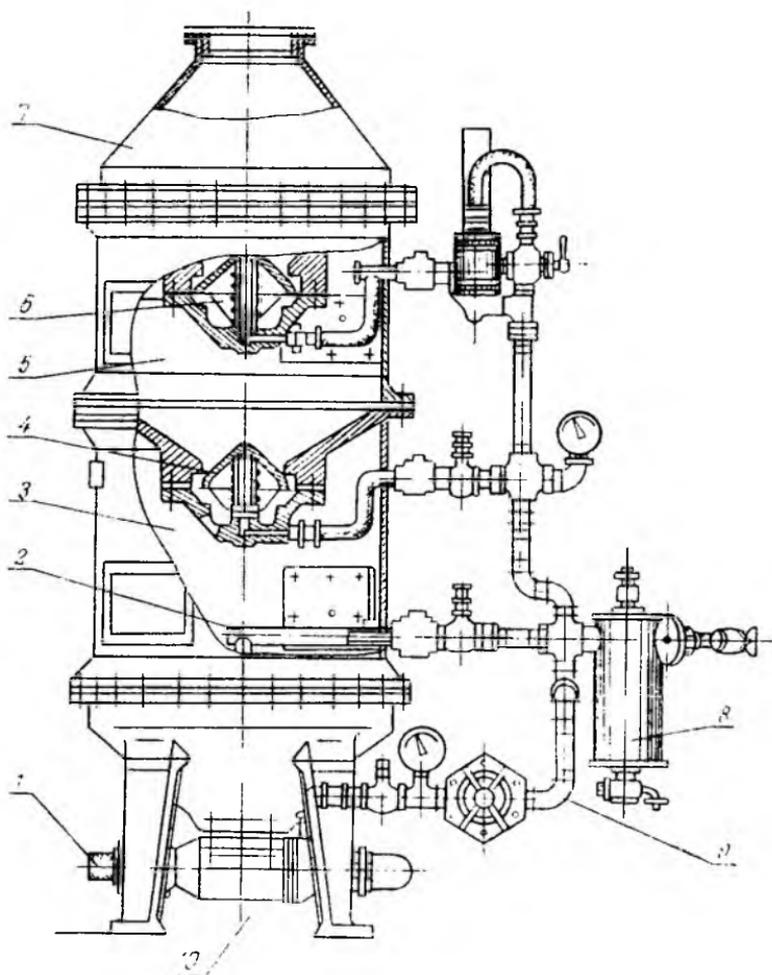


Рис. 22.6. Двухкамерный дробеструйный аппарат

момент зарядки рабочей, поэтому аппарат может работать без перерыва на время зарядки. Однако отверстие в дне бункера для выхода дробин часто засоряется. Прочищают его сжатым воздухом, для подачи которого в аппарате предусмотрена труба 2.

Из многочисленных конструкций дробеструйных машин для очистки отливок наиболее распространены барабаны, столы и камеры.

Дробеструйный барабан имеет пустотелые цапфы, в которые вставлены сопла дробеструйных аппаратов. Вращение барабана здесь нужно не для того, чтобы очищать отливки перекачиванием и трением друг о друга, а для переворачивания их. Очистка осуществляется струей дробы, поэтому частота вращения составляет $0,03-0,05 \text{ с}^{-1}$ (2—3 об/мин).

Арупкие отливки в барабанах могут разбиться, поэтому их очищают на дробеструйных столах. Такой стол имеет диаметр 2,3 м и вращается с частотой $0,007-0,014 \text{ с}^{-1}$. Половина стола находится в зоне действия струи дробы и ограждена кожухом с фартуком. Фартук сделан из нескольких отдельных кусков прорезиненной ленты шириной 0,2—0,3 м, что позволяет отливкам свободно проходить через него в зону очистки.

Над кожухом установлен двухкамерный аппарат нагнетательной системы, работающий тремя соплами. Чтобы сопла охватывали большую поверхность отливок, им сообщается вращательное движение. Дробь после очистки проваливается сквозь решетчатый настил стола и попадает в приемный лоток элеватора, подающего ее в сепаратор. В сепараторе дробь очищается от пыли и мелочи и подается в дробеструйный аппарат.

Для очистки крупных отливок устраивают камеры-кабины, куда на тележке завозят отливки. Сопло, через которое выбрасывается дробь, соединено шлангом с дробеструйным аппаратом.

Пол камеры делается решетчатым для сброса дробы, которая просыпается в бункер, расположенный под решетчатым полом камеры, доставляется шнеком к вращающемуся сити и, просеявшись, попадает в элеватор. Из элеватора дробь поступает в сепаратор, где отделяются мелкие частицы и пыль. Годная дробь направляется в дробеструйный аппарат.

Дробеметные установки в отличие от дробеструйных более производительны и расходуют примерно в 6 раз меньше энергии на единицу массы очищаемых отливок.

Производительность любой дробеметной установки, эффективность процесса очистки определяются главным образом техническими характеристиками установленных на них дробеметных аппаратов.

Существует несколько типов дробеметных аппаратов, которые отличаются друг от друга способом подачи дробы на лопатки рабочего колеса.

Способ подачи в большой мере определяет конструкцию дробеметных аппаратов, которые могут быть одно- и двухдисковыми с правым и левым исполнением. Существуют также трубчатые аппараты с двусторонним питанием дробью.

На лопатки рабочего колеса дробь может подаваться тремя способами: 1) при помощи распределительного колеса (импеллера); 2) гравитационным способом; 3) гравитационно-воздушным способом.

В практике наиболее часто используется первый способ, при котором выброс дробы происходит в две фазы: первоначальное

ускорение дроби с помощью распределительного колеса, а затем попадание дроби на лопатки основного колеса, где она получает окончательную скорость выброса.

Рассмотрим схему двухдискового колеса с подачей дроби на лопатки при помощи распределительного колеса (рис. 22.7). Через загрузочное устройство 3 дробь поступает на лопатки распределительного колеса 1. Два диска 5 с лопатками 6, скрепленные пальцами, представляют рабочее колесо, насаженное вместе с распределительным на вал 7. Подвижная направляющая коробки 2 имеет окно, через которое дробь выбрасывается на рабочие лопатки 6.

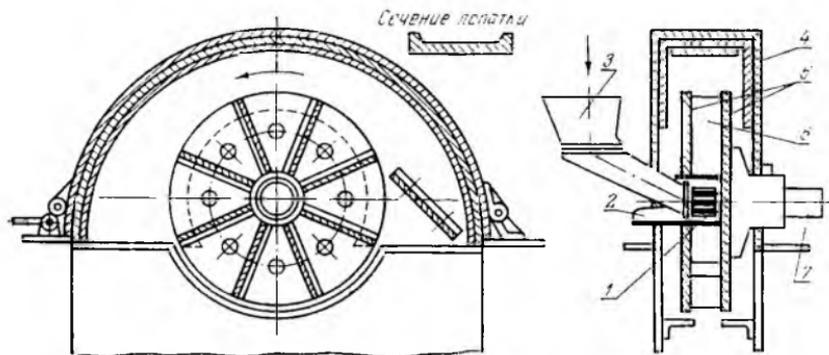


Рис. 22.7. Схема двухдискового дробеметного аппарата с импеллером

Подача дроби регулируется поворотом направляющей коробки и изменением положения ее окна относительно вертикальной оси рабочего колеса, которое помещено в корпус 4 со щитками для отражения отскакивающей от отливок дроби.

Чтобы предотвратить разрежение во вращающейся турбине, в ступице ее рабочего колеса сделаны отверстия для подсоса воздуха. Основы расчета таких дробеметных аппаратов приведены в § 22.3.

В литейном производстве наиболее часто используются дробеметные аппараты с импеллерной подачей дроби на рабочие лопатки. Выпускаемый серийно аппарат мод. 2М392 (2М393) имеет производительность 2,6 кг дроби в секунду (160 кг/мин). Подготовлены к выпуску двухдисковые, восьмилопастные, импеллерные аппараты мод. 42115, 42116, 42117 производительностью соответственно 250, 400 и 630 кг дроби в минуту.

22.3. Основы расчета импеллерных дробеметных аппаратов

В соответствии с разработанной методикой расчета рабочего процесса [3] движение дробинки в дробеметном колесе с распределителем можно условно разделить на три этапа: 1) движение по

лопатке распределительного колеса; 2) свободный полет до встречи с лопаткой основного колеса; 3) движение по лопатке основного колеса и сход с нее.

При расчете рабочего процесса дробеметного лопаточного колеса могут быть использованы те же элементы теории, что и для метательной головки несомета (см. § 14.1).

На первом этапе дробинка, двигаясь под действием центробежных сил по радиальной лопатке распределительного колеса от радиуса ρ_m до радиуса ρ_0 , приобретает выходную радиальную скорость (рис. 22.8, а) (м/с)

$$\omega_0 = \sqrt{\omega^2 (\rho_0^2 - \rho_m^2) + \omega_1^2},$$

где ω — угловая скорость вращения распределительного колеса, рад/с; ω_1 — начальная скорость движения пакета дроби по лопатке распределительного колеса, м/с; u_0 — окружную скорость $u_0 = \omega \rho_0$.

Геометрическая сумма этих двух скоростей — относительной ω_0 и переносной u_0 — и будет являться абсолютной скоростью схода дробинки с лопатки распределительного колеса

$$v_0 = \sqrt{\omega_0^2 + u_0^2}.$$

Направление этой скорости будет определяться углом $\alpha_0 = \text{arctg} \frac{\omega_0}{u_0}$.

На втором этапе дробинка, оторвавшись от лопатки распределительного колеса, совершает свободный полет до встречи с рабочей лопаткой основного колеса. Положение ее в пространстве в каждый данный момент времени может быть определено в полярных координатах: а) текущим значением радиуса ρ_x (рис. 22.8, б); б) углом поворота дробинки относительно центра вращения φ_x :

$$\rho_x = \sqrt{(u_0 t)^2 + (\rho_0 + \omega_0 t)^2};$$

$$\varphi_x = \text{arctg} \frac{u_0 t}{\rho_0 + \omega_0 t}.$$

Так как за время полета дробинки t колесо повернется на угол ωt , то положение ее относительно колеса будет определяться углом $\varphi_x' = \varphi_x - \omega t$.

Вычисляя значения ρ_x и φ_x для различных промежутков времени, можно построить траекторию движения дробинки в полете относительно колеса и определить положение точки встречи с ним.

Радиальная скорость дробинки при встрече с лопаткой основного колеса

$$\omega_{r_x} = v_0 \sin(\varphi_x + \alpha_0).$$

Относительная скорость при этом

$$\omega_x = \frac{\omega_{r_x}}{\cos \psi},$$

где ψ — угол (см. рис. 22.8, б):

$$\psi = \text{arctg} \frac{u_x - v_0 \cos(\varphi_x + \alpha_0)}{v_0 \sin(\varphi_x + \alpha_0)}.$$

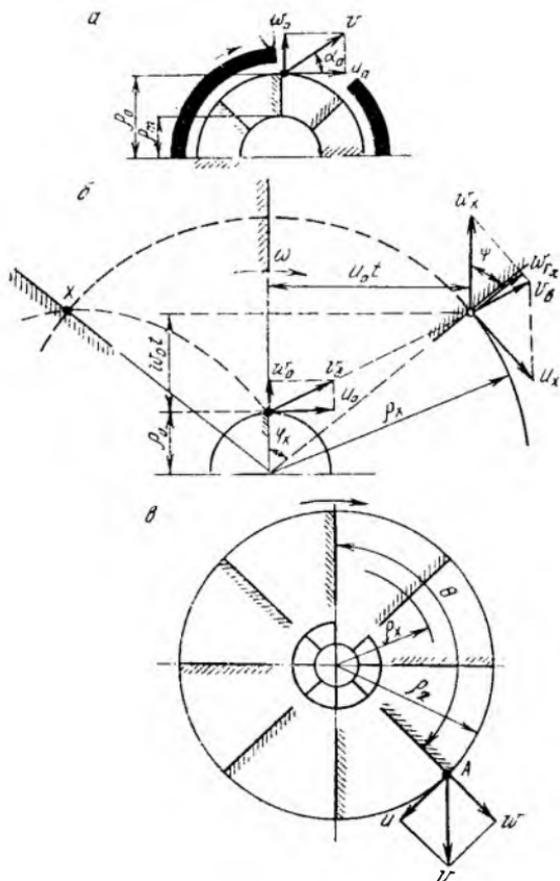


Рис. 22.8. К расчету скорости вылета дробинки

Окружная скорость дробинки

$$u_x = \omega \rho_x.$$

На третьем этапе движения дробинка, двигаясь по рабочей лопатке колеса, выбрасывается на отливку. Радиальная скорость вылета дробинки (рис. 22.8, в)

$$w = \sqrt{\omega^2 (\rho_0^2 - \rho_x^2) + w_{r_x}^2}. \quad (22.1)$$

Окружная скорость дробинки

$$u = \omega \rho_0. \quad (22.2)$$

Абсолютная скорость вылета дробинки с рабочей лопатки

$$v = \sqrt{\omega^2 \rho_0^2 + w^2}. \quad (22.3)$$

Пакет дробин не представляет собой целого тела, и при перемещении его по лопатке отдельные дробинки будут двигаться само-

стоятельно, разбрасываясь на выходе в виде веера. Рассеиванию дроби способствует также неровность поверхности лопаток и неправильная форма самих дробинки.

Поэтому действительная скорость вылета дробинки с лопатки колеса на 10—15% меньше теоретической. Чтобы учесть сопротивление трения дробинки о поверхность лопатки, рассмотрим силы, действующие на дробинку массой m ,двигающуюся вдоль лопатки, которая вращается с постоянной угловой скоростью ω . Положение дробинки на лопатке определяется переменным значением радиуса x за время t (рис. 22.9). На частицу действуют следующие силы:

центробежная сила (II):

$$P_{ц} = m\omega^2 x;$$

поворотная сила инерции Кориолиса, прижимающая дробинку к лопатке (H):

$$P_{к} = 2m\omega \frac{dx}{dt};$$

сила трения качения и скольжения (H):

$$P_{тр} = P_{к} \left(\frac{\mu}{r} + f \right) = 2m \left(\frac{\mu}{r} + f \right) \omega \frac{dx}{dt},$$

где μ — плечо трения качения, м; r — радиус дробинки, м; f — коэффициент трения скольжения.

Уравнение движения дробинки вдоль лопатки в общем виде запишется следующим образом:

$$P_{ц} - P_{тр} = m \frac{d\omega}{dt} = m \frac{d^2 x}{dt^2},$$

или
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2 \left(\frac{\mu}{r} + f \right) \omega \frac{dx}{dt} - \omega^2 x = 0.$$

Из уравнений (22.1) — (22.3) можно определить относительную переносную, а следовательно, и абсолютную скорость схода дроби с лопатки колеса. Зная абсолютную скорость выхода дроби с учетом потерь на трение, легко определить энергию в Дж, сообщаемую выходящей дроби за 1 с:

$$E_c = \frac{mv^2 ni}{2},$$

где m — масса одновременно движущихся по лопатке дробинки, кг; v — абсолютная скорость выхода дроби, м/с; n — частота вращения колеса, с⁻¹; i — число лопаток в колесе.

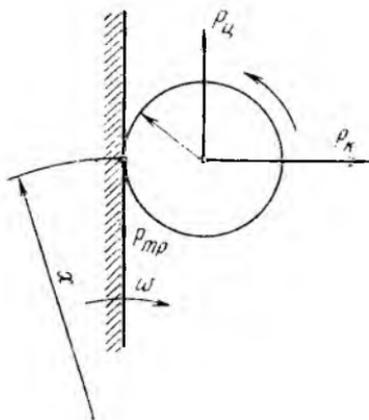


Рис. 22.9. Силы, действующие на дробинку

22.4. Дробеметные установки и поточные линии очистки отливок

Дробеметные установки выполняются в виде вращающихся дробеметных столов, ленточных дробеметных барабанов или дробеметных камер тупикового и проходного типов.

Во многих случаях (например, для очистки мелких и средних отливок) их сочетают с другими видами очистного оборудования (барабанами, выбивными решетками), образуя поточные автоматизированные линии очистки.

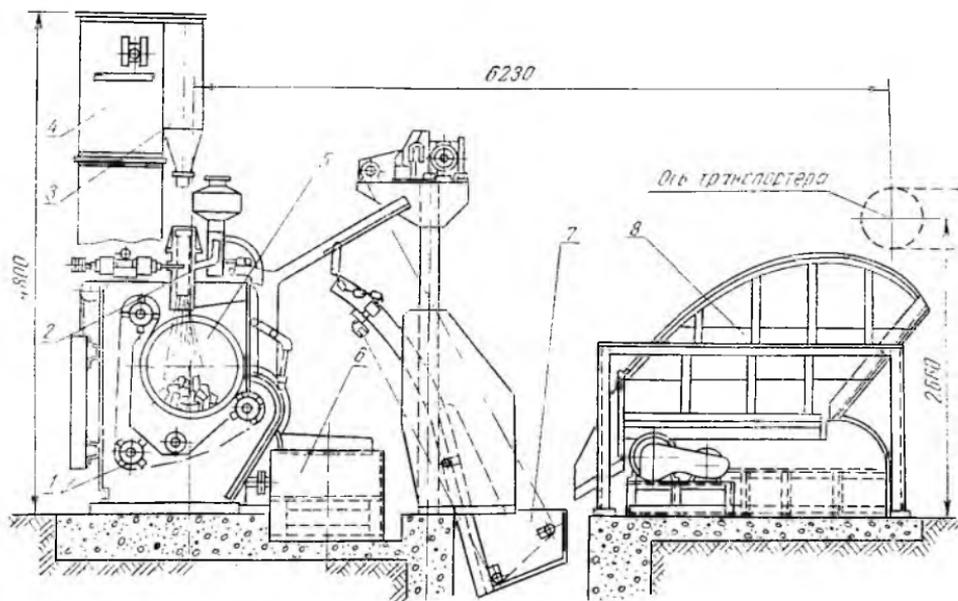


Рис. 22.10. Схема ленточного дробеметного барабана периодического действия

Используемая в установках дробь, согласно ГОСТ 11964—66, разделяется на пять видов: дробь чугунная литая (ДЧЛ), чугунная колотая (ДЧК), стальная литая (ДСЛ), стальная колотая (ДСК) и стальная рубленая из проволоки (ДСР). По своим размерам дробь разделяется на 16 номеров диаметром от 0,1 до 8 мм.

Ленточные дробеметные барабаны бывают периодического и непрерывного действия.

У дробеметного барабана периодического действия (рис. 22.10) рабочая полость образуется бесконечной лентой подвижного пода 1 и двумя торцевыми дисками. Цепи пода огибают ведомые и ведущую звездочки.

Очищаемые детали подаются в ковш 7 загрузочного подъемника, а оттуда в барабан 5. Открывается секторный затвор, включаются элеватор 4 и дробеметный аппарат 2. Подвижный под 1, перемещаясь против часовой стрелки, непрерывно передвигает очищаемые отливки, в результате чего они равномерно обдуваются

дробью из дробеметного аппарата. Через отверстия в пластинах ленты подвижного пода дробь из рабочей камеры падает на ограждение, откуда подается в башмак элеватора 4. Ковши элеватора захватывают дробь, поднимают ее и бросают в сепаратор 3, где воздушным потоком она очищается от отходов и по специальному рукаву подается в дробеметный аппарат.

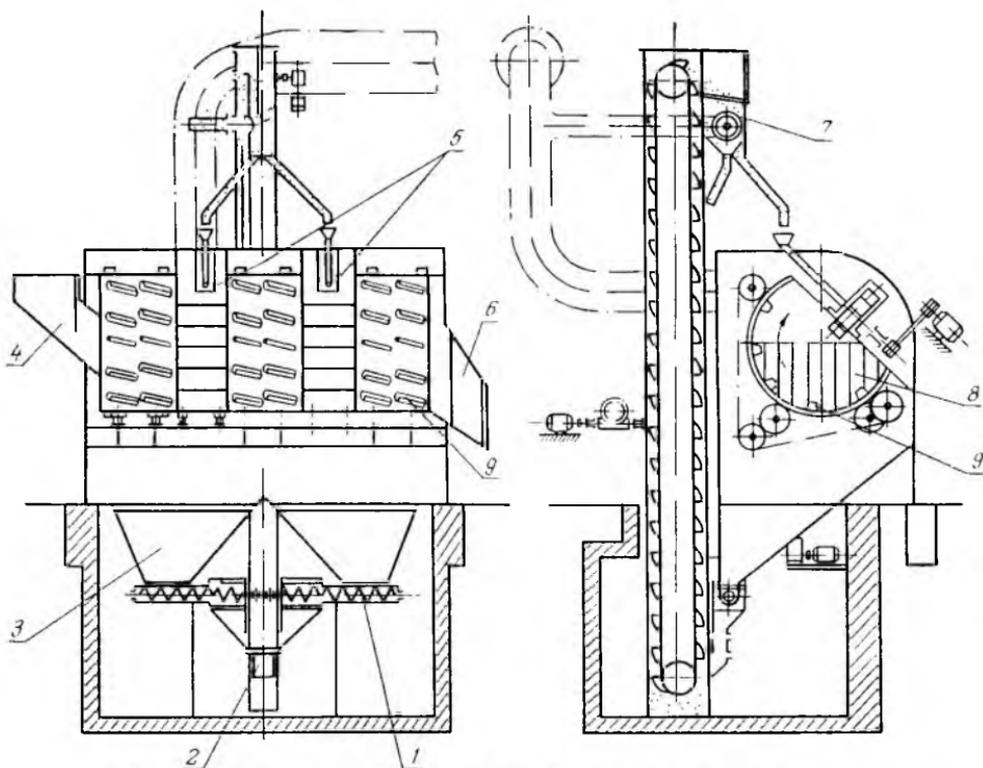


Рис. 22.11. Схема дробеметного барабана непрерывного действия

Разгружают барабан путем сообщения подвижному поду движения в обратную сторону — по часовой стрелке. Загруженная порция массой 500 кг очищается за 10—15 мин. В таких барабанах мод. 42213, 42216, 42223 рекомендуется очищать отливки массой до 100 кг.

На рис. 22.10 показана также схема поточной линии очистки отливок на базе рассмотренного дробеметного барабана. Отливки, непрерывно подаваемые в бункер-накопитель 8, периодически (порциями) перегружаются в ковш 7 подъемника, а затем в барабан 5 для очистки. Выгрузка очищенных отливок производится на ленточный транспортер 6.

Высокая производительность очистки литья массой до 20 кг достигается при установке дробеметных барабанов непрерывного действия (рис. 22.11). Отливки загружаются через воронку 4,

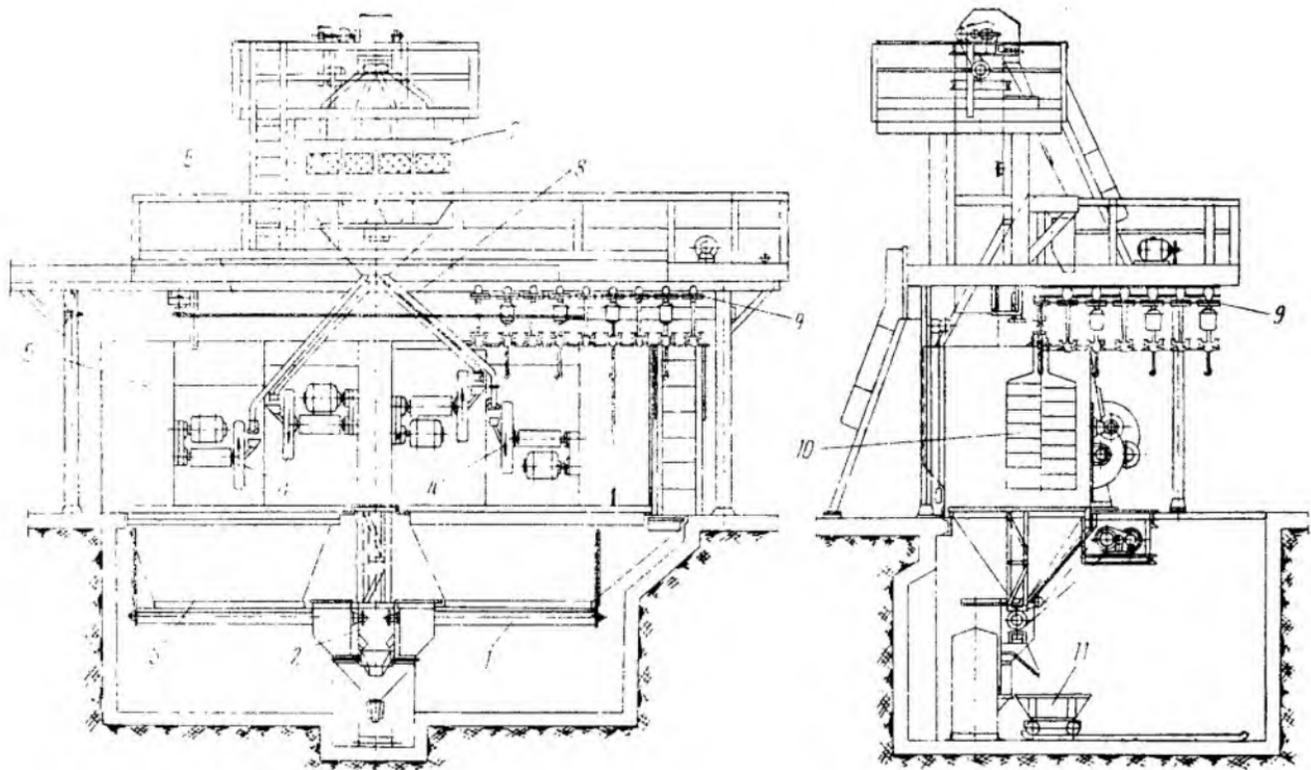


Рис. 22.12. Проходная дробетная камера непрерывного действия

а выдаются с противоположного торца барабана по желобу 6. Для перемещения отливок вдоль барабана к его подвижной ленте прикреплены наклонные лопатки 9. Внутри кожуха расположены два дробеметных аппарата 5.

При вращении барабана отливки поворачиваются, подставляя под струю дроби все свои поверхности. Для защиты обслуживаемого персонала от поражения дробью в барабане предусмотрена штора 8.

Выделяющаяся при очистке пыль отсасывается в пылесборник, а дробь сыпается через отверстия в два бункера 3, откуда двумя шнеками 1 через сито подается в элеватор 2. Из элеватора дробь, содержащая мелкие частицы металла и песка, поступает в сепаратор 7, откуда после очистки направляется в дробеметные аппараты. В остальном конструкция барабана аналогична конструкции обычного ленточного барабана.

Дробеметные барабаны непрерывного действия имеют индексацию 42322 и 42313.

Для дробеметной очистки средних и крупных отливок в массовом и крупносерийном производстве наиболее эффективны проходные многоаппаратные камеры (рис. 22.12). Трасса подвесного конвейера 9 проходит внутри камеры 5 и перемещает отливки, подвешенные к его цепи на специальных вращающихся подвесках со скоростью 0,3—0,7 м/мин. Вращение подвесок с отливками обеспечивается цепью 6, приводящей в движение звездочки подвесок.

На стенках камеры расположены четыре дробеметных аппарата 4, подающих дробь на проходящие мимо них отливки. Герметичность камеры 5 в местах входа и выхода отливок обеспечивается резиновыми шторами 10.

Отработанные дробь и песок просыпаются через решетку, расположенную в полу камеры, и попадают в бункеры 3, откуда шнеками 1 доставляются к элеватору 2. Из элеватора дробь поступает в сепаратор 7 и затем по трубкам 8 к дробеметным аппаратам. Отходы дроби, а также пригар и песок из сепаратора подаются в бадыю 11 и удаляются из цеха.

Такие дробеметные камеры могут быть однозаходными и многозаходными. Индексация их производства по ГОСТ 42723, ГОСТ 42724, ГОСТ 42725.

22.5. Устройства для очистки отливок специальными методами

Полнота очистки отливок — один из основных показателей их качества, пригодности к работе в узлах машин. Оставшиеся на внутренних поверхностях литой детали абразивные частицы (пригара, окислы) в процессе эксплуатации отделяются и переносятся рабочими и смазывающими жидкостями в трущиеся пары узлов, вызывая повышенный износ их и преждевременный выход из строя. Поэтому очистке внутренних полостей различного рода корпусных отливок придается большое значение.

Вместе с тем рассмотренные выше методы очистки не всегда

пригодны для отливок с внутренними полостями, так как попадание дробы в эти полости затруднено.

Для очистки отливок с повышенными требованиями применяют специальные методы, к которым относятся: электрохимический, электрогидравлический, вибрационный и др.

Электрохимическая очистка отливок основана на химическом взаимодействии окислов, составляющих пригар отливок, с основной средой жидкой ванны, на которую накладывается электрическое поле постоянного тока.

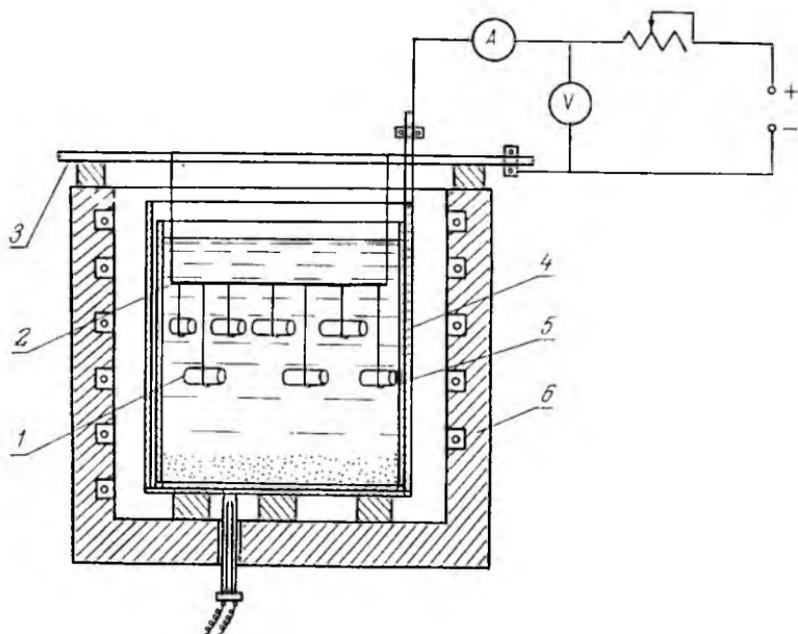


Рис. 22.13. Схема установки для электрохимической очистки отливок

Отливки погружают в ванну из едкого натра или из смеси едкого натра с едким калием (75% NaOH и 25% KOH) и пропускают постоянный ток невысокого напряжения (6—12 В). Если отливку с пригаром подвергнуть катодной обработке в расплавленной щелочи, расплавленный едкий натр будет энергично взаимодействовать с двуокисью кремния. Образующийся кремнекислый натрий (жидкое стекло) будет выпадать на дно ванны в виде шлама. Выделяющийся при электролизе металлический натрий, реагируя с водой, освобождает водород (активный), который и будет восстанавливать окалину на поверхности отливки.

Рассмотрим схему установки для электрохимической очистки литья (рис. 22.13). В электропечи 6 на дырчатом поддоне 4 помещается металлическая ванна 5 с расплавленными щелочами, в которую погружают отливки 1. При помощи подвески 2 отливки соединены с токоподводящей штангой 3, к которой подключается один полюс источника тока. Второй полюс подключают к корпусу

ванны. Обрабатываются отливки в течение 30—50 мин. Сначала отливки подключаются к отрицательному полюсу источника тока, а затем полярность периодически меняется. После такой обработки отливки извлекают из ванны, очищают от пригара и окалины и выдерживают в течение некоторого времени над ванной с расплавом для стекания с них едкого натра, а затем передают к ванне с холодной или горячей водой. Сушка крупных отливок происходит в основном за счет аккумулялированного тепла.

Ванна, в которой производится обработка, и ванна для холодной промывки должны иметь бортовую вентиляцию.

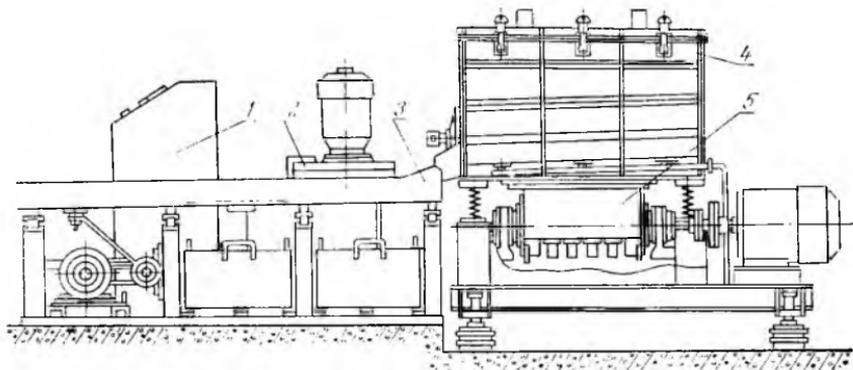


Рис. 22.14. Вибрационная установка для очистки отливок

Основным недостатком электрохимического способа очистки является сложность и длительность удаления окалины, а также выполнение специальных требований по технике безопасности и промышленной санитарии.

Сущность электрогидравлической очистки состоит в использовании электрогидравлического эффекта (см. § 21.5) для разрушения пригара и удаления окалины с поверхности отливки.

Обрабатываемые способом вибрационной очистки отливки вместе с частицами, обладающими абразивными свойствами (звездочки из белого чугуна, фарфоровая крошка, бой шлифовальных кругов, крупная дробь), помещают в контейнер, которому сообщают вибрацию в пределах 250—500 колебаний в минуту при амплитуде 2—3 мм. Отливки и кусочки абразивного наполнителя получают разное ускорение и по-разному перемещаются относительно друг друга, так как их массы не равны. Помимо этого, имеют место взаимное трение и микроудары отливок и частиц наполнителя, в результате чего происходит разрушение и отделение пригара и окалины с поверхности отливок. Конструкции виброэлементов в таких установках, а также основы теории и расчета некоторых из них приведены в § 24.2.

На рис. 22.14 представлена схема вибрационной установки для очистки деталей от окалины и пригара. Она состоит из вибратора

ра 5, совершающего 1440 колебаний в минуту, контейнера 4 емкостью 220 л, вибрационного конвейера 3, агрегата для отсева пыли 2, шкафа электроаппаратуры и пульта управления 1. Мощность, потребляемая электроприводом установки, составляет 7,5 кВт.

Вибрационный конвейер служит для транспортировки деталей и сортировки отработанного абразива по фракциям. Под конвейером расположены емкости для сбора абразивного наполнителя.

22.6. Станки и инструмент для обрубки и зачистки литья

Обрубка и зачистка литья являются конечными операциями, после которых обычно следуют лишь окраска и сушка.

Обрубка предусматривает удаление заливок, остатков питателей и пригара в местах, недоступных для очистки другими способами.

Для обрубки литья применяются рубильные молотки с золотниковым воздухомраспределением. В нашей стране выпускаются два типа рубильных молотков — РМ и РБ.

Рубильные молотки снабжаются комплектом зубил, применение которых обуславливается характером производимых работ. Например, плоское зубило служит для очистки отливок от пригара, с загнутой рабочей частью — для очистки внутренних сферических поверхностей и т. д.

Для зачистки литья (удаления заусенцев, заливок, перекосов и неровностей поверхности отливки) применяются абразивные (шлифовальные) круги.

Шлифовальный круг состоит из зерен абразивного материала, соединенных при помощи связующего вещества. Основными показателями качества абразивного материала являются твердость, форма зерен, степень вязкости и теплоустойчивость.

В качестве абразивных материалов чаще всего применяются электрокорунд и карборунд.

Электрокорунд уступает по твердости карборунду, но обладает большей вязкостью. Обычно им обрабатывается сталь, ковкий чугун, наиболее вязкие сорта бронзы и некоторые алюминиевые сплавы.

Карборунд применяется для обработки материалов, обладающих низким сопротивлением разрыву, а также хрупких материалов — серого и отбеленного чугуна, латуни и др.

Качеством связки определяется твердость (прочность) круга и режим работы. Связка должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать напряжение от центробежной силы и давления во время шлифования, удерживать зерна, пока они остры, и давать возможность выпадать им при потере режущей способности.

Применяемые при обработке литья абразивные круги изготавливаются на керамических (К), бакелитовых (Б) и вулканитовых (В) связках. Круги на керамической связке допускают окружную скорость 30—35, на бакелитовой — до 40 и на вулканитовой до 50 м/с.

В последнее время употребляются круги на новых синтетических связках, обладающих высокой эластичностью и допускающих окружные скорости 100 м/с и более.

Режим шлифования — скорость и глубина резания — выбирается из условия самозатачивания круга. Чем больше окружная скорость круга, тем меньше длительность соприкосновения абразивного зерна с металлом и тем меньшей может быть твердость круга, так как зерна его не так быстро будут тупиться.

Для обозначения твердости кругов разработана шкала из девяти классов: *ЧМ* — чрезвычайно мягкие, *ВМ* — весьма мягкие, *СМ* — среднемягкие, *С* — средние, *СТ* — среднетвердые, *Т* — твердые, *ВТ* — весьма твердые и *ЧТ* — чрезвычайно твердые.

Для обдирочно-шлифовальных работ при зачистке отливок применяются в основном плоские круги прямого профиля, изготовленные на бакелитовой связке, допускающие окружную скорость 40, а для скоростного шлифования 50 м/с.

Размеры кругов, используемых в литейных цехах, — 0,5—0,75 м (500—750 мм).

В зависимости от метода обработки крепление кругов производится либо при помощи планшайб, либо путем наращивания на диски.

Крепление при помощи планшайб производится для работы круга периферией (рис. 22.15, а). Шлифовальный круг 3 посаживается на шайбы 1 и 4, которые при установке узла на шпиндель стягиваются гайкой. С одной из сторон круга устанавливаются картонные прокладки 2.

Крепление шлифовальных плоских наращенных кругов, предназначенных для работы торцом (рис. 22.15, б), производится путем наклеивания их на стальной диск. Клейка производится специальной мастикой с очень низкой живучестью. Для обеспечения более прочного сцепления круга 1 с диском 2 последний имеет на плоскости склейки кольцевые канавки 3. Резьбовые отверстия служат для крепления диска к планшайбе шлифовальной головки.

Для зачистки поверхностей ответственных отливок применяют инструмент и машины, рабочим органом которых является абразив, нанесенный на эластичные подкладки, выполненные в виде лент или дисков.

Для абразивной зачистки отливок используется следующее

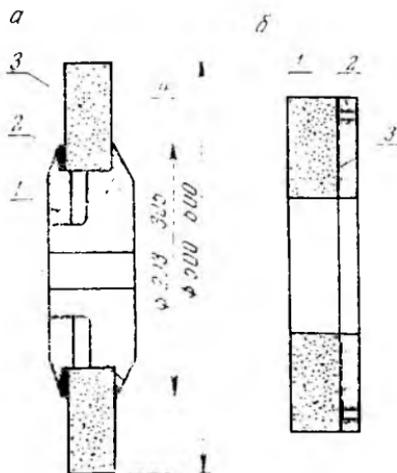


Рис. 22.15. Крепление шлифовальных кругов:

а — для работы периферией; б — для работы торцом

оборудование: механизированный ручной инструмент; станки обычные; автоматизированные станки и автоматические линии.

Станки для абразивной зачистки литья могут быть стационарными, подвесными и консольными.

Стационарные станки выпускаются с одним и двумя шлифовальными кругами. Станок с индивидуальным приводом (рис. 22.16) имеет массивную чугунную станину 1 со столиками 2 для отливок и шпиндель с двумя кругами 3 по концам (диаметр 500—600 мм). Чтобы при износе кругов можно было сохра-

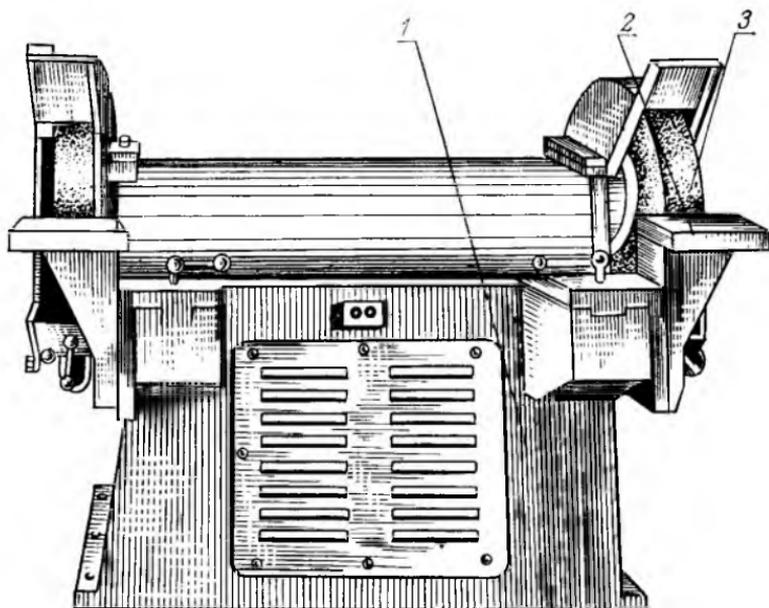


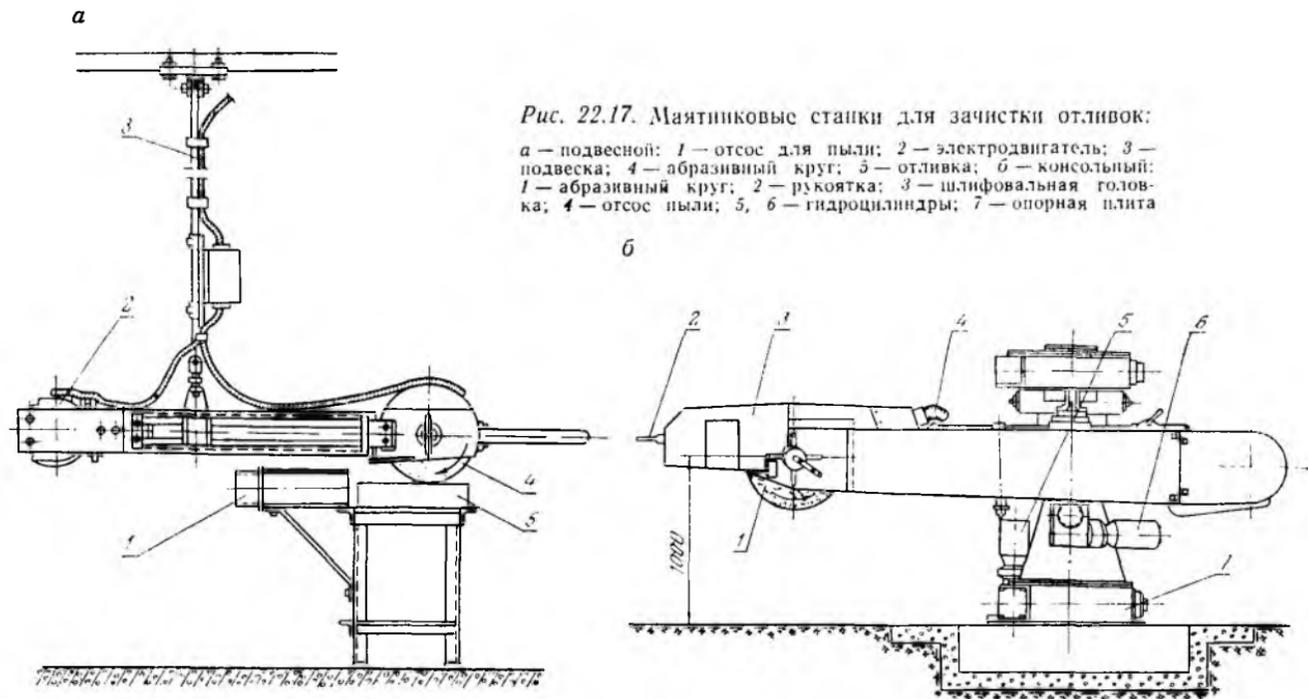
Рис. 22.16. Стационарный станок для зачистки литья

нить в пределах норм их окружные скорости, на рабочем валу имеется ступенчатый шкив. Направление вращения должно быть таким, чтобы отливки трением круга прижимались вниз к столику.

На станках подобной конструкции обрабатывают мелкие отливки массой до 30 кг, которые можно удерживать в руках. Производительность таких станков 1,5—5,0 кг/с (0,1—0,3 т/ч).

Для обдирки крупных, трудноперемещаемых отливок применяют подвесные (маятниковые) станки (рис. 22.17, а), которые подвешиваются к отливкам по монорельсу, подвешенному сверху. Диаметры кругов 1 в этих станках обычно не превышают 350 мм. Вращение их осуществляется электромотором 2 мощностью 0,75—1,5 кВт, расположенным в виде противовеса на противоположной от круга стороне.

На рис. 22.17, б приведен общий вид консольного станка для абразивной обработки литья. Шлифовальный круг 1 приводится



во вращение так же, как и в подвесных станках, а подъем, опускание и поворот шлифовальной головки происходит с помощью гидроцилиндров 5 и 6. Операция зачистки сводится к легкому управлению движениями шлифовальной головки 3 от рукоятки 2. Вся установка смонтирована на опорной плите 7.

При разработке конструкций обдирочно-зачистных станков большое внимание уделяется пылеотсасывающим устройствам. Эти станки имеют специальные заборные патрубки 4, включаемые в общую цеховую вентиляционную систему.

22.7. Автоматические станки и линии для абразивной зачистки отливок

Зачистка отливок при помощи абразивных инструментов характеризуется большой трудоемкостью и низкой производительностью, тяжелыми санитарно-гигиеническими условиями труда и высоким удельным расходом абразива (шлифовальных кругов).

Долго считалось, что зачистные работы нельзя автоматизировать в связи с разнообразием отливок, неопределенностью размеров и массы удаляемых приливов и др. Однако, как показал опыт передовых предприятий крупносерийного и массового производства, механизация и автоматизация абразивной обработки отливок вполне реальна и с успехом применяется во многих цехах.

В основу автоматизации процессов зачистки положены следующие принципы: а) классификация отливок по размерам, конфигурации и по местам снятия металла; б) классификация и унификация абразивного инструмента; в) создание для обработки каждого класса отливок высокопроизводительного автоматического и полуавтоматического оборудования.

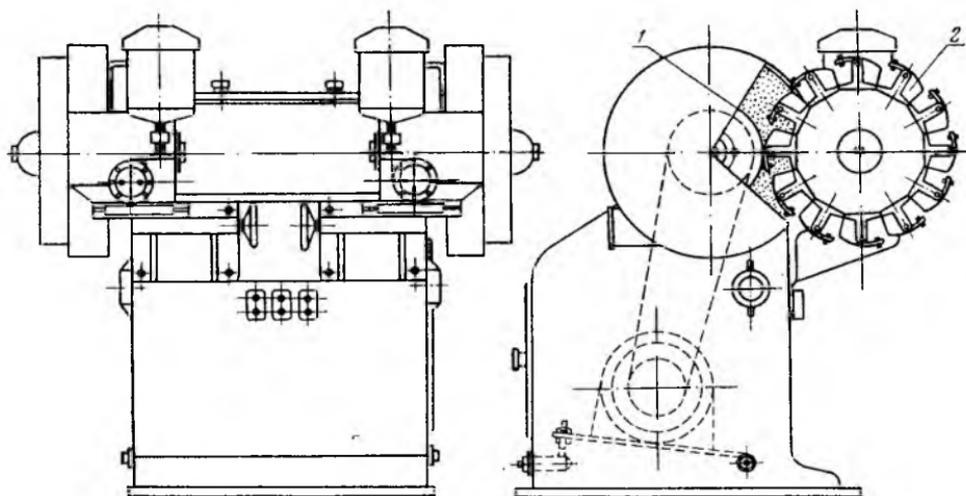


Рис. 22.18. Схема полуавтомата для зачистки одной плоскости отливок

Разработки по автоматизации операций зачистки литья на базе использования абразивного обдирочного шлифования привели к созданию и внедрению в производство специализированных зачистных машин и линий.

На рис. 22.18 приведена конструктивная схема полуавтомата для обработки одной плоскости отливок. Он представляет двусторонний шлифовальный станок с двумя 12-позиционными приспособлениями 2 для крепления отливок. Отливки вручную укладываются в призмы приспособления, автоматически зажимаются

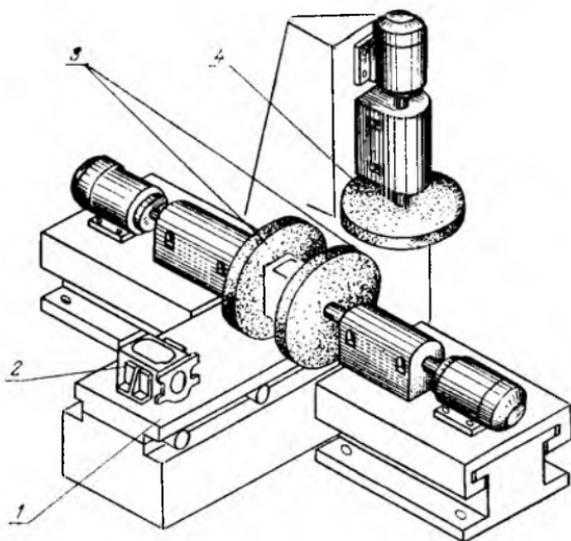


Рис. 22.19. Схема полуавтомата для зачистки трех плоскостей отливки

и при непрерывном вращении барабана обрабатываются торцом плоского шлифовального круга 1. Производительность станка составляет более 4000 отливок в час.

Принципиальная кинематическая схема полуавтомата для обработки трех плоскостей отливки «картер коробки перемены передач» представлена на рис. 22.19. Отливка 2 вручную устанавливается в приспособление на суппорте 1 станка и автоматически закрепляется. Вместе с суппортом отливка перемещается относительно трех шлифовальных кругов 3 и 4, которые последовательно обрабатывают два торца отливки, а затем и верхнюю плоскость. После окончания обработки суппорт с отливкой возвращается в исходное положение. Производительность таких полуавтоматов — 120—130 отливок в час.

Вследствие больших колебаний припусков на обработку, вызванных вздутями, перекосами и поверхностным пригаром на отливке, шпиндели шлифовальных бабок должны допускать небольшое осевое перемещение шлифовального круга. Такая конструк-

ция плавающего шпинделя исключает чрезмерный рост усилий резания, перегревы шлифовального круга и примерно на 50% снижает расход мощности на обдирку.

Конструкция вала шлифовальных головок полуавтоматов показана на рис. 22.20. Диск 2, на который наклеивается шлифовальный круг 1, крепится с помощью диска 3 к фланцу 4. Последний насажен на шпиндель 5, смонтированный в гильзе 6. Вращение вала передается через шкив 8, который соединен с гильзой

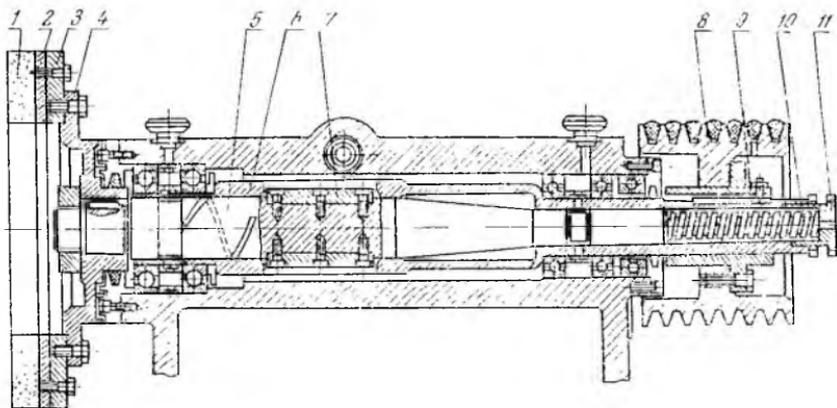


Рис. 22.20. Конструкция вала шлифовальных головок

при помощи шпонок 9 и 7. Под действием пружины 10 шпонки 7 упираются в торец гильзы 6. При чрезмерном увеличении усилия резания шпиндель, сжимая пружину, перемещается вместе со шлифовальным кругом вправо. Сила прижатия шпинделя регулируется гайкой 11.

В настоящее время в литейных цехах как у нас в стране, так и за рубежом применяется зачистное оборудование со специальной быстросменной оснасткой — кондукторами. Высокая степень универсальности такого оборудования позволяет реализовать идею повышения мобильности техники (см. § 1.1), обеспечивает возможность применения одного вида оборудования для зачистки отливок большой номенклатуры.

Минским НИИТлитавтопрома разработан типаж полуавтоматических зачистных машин, технические характеристики некоторых приведены в табл. 22.1.

Все машины разбиты на две большие группы:

а) машины для зачистки чугунных отливок по плоским поверхностям;

б) машины для зачистки чугунных отливок по цилиндрическим поверхностям.

В первой группе мод. 4585, 4579 предназначены для обработки мелких отливок, мод. 4578, 4581, 4586 — крупных.

Табл. 22.1. Техническая характеристика полуавтоматов для абразивной зачистки отливок

Параметры	Модель машины				
	4579	4580А	4582	4594	4586
Производительность отливок в час	1500—2000	1200	700	300	300
Количество шлифовальных головок	2	1	1	1	3
Масса отливок, кг	12	1	До 10	До 20	20—120

Машины перечисленных моделей представляют непрерывно действующие агрегаты, в которых зачищаемая отливка проводится вдоль торцов вращающихся абразивных кругов.

Транспортным органом в первом случае (для обработки мелких отливок) служит барабан, по периферии которого расположены приспособления для установки отливок, а во втором — вертикально замкнутый тележечный конвейер, на платформах которого расположены приспособления для установки отливок.

Во второй группе машин, предназначенных для зачистки отливок по цилиндрическим поверхностям, также произведено разделение на оборудование для обработки мелкого литья — мод. 4580А и 4582 и для крупного — мод. 4587, 4594.

Машины для обработки мелкого литья представляют непрерывно действующие агрегаты, в которых зачищаемая отливка приводится в контакт с периферией вращающегося абразивного круга и одновременно поворачивается вокруг собственной оси. Они состоят из поворотного стола, шлифовальной головки и привода, которые установлены на общей станине. На поворотном столе смонтированы шпиндели для установки на них сменных кондукторов, в которых фиксируются обрабатываемые отливки.

Машины мод. 4587 и 4594 представляют агрегаты циклического действия. Транспортным органом в них является карусель с расположенными по периферии приспособлениями для установки отливок. Приспособления допускают вращение вокруг своей вертикальной оси.

Отличительной особенностью перечисленных машин является возможность быстрой переналадки на обработку другой отливки, быстрой смены приспособлений.

Дальнейшее совершенствование этих машин включает оборудование их средствами автоматизации загрузки, что позволит создавать на их основе высокомеханизированные поточные линии по зачистке чугунного литья различной номенклатуры.

На рис. 22.21 (см. задний форзац) показан общий вид линии фирмы «Sutter» (США). Отливка 1, установленная на поддоне, перемещается в зону действия наклонно установленных двух шлифовальных головок 2, где обрабатывается по двум наклонным плоскостям. Войдя в зону кантователя 3, отливка переворачивается на 180° и устанавливается на вертикально замкнутый пластин-

чатый конвейер 6. На этом конвейере отливка последовательно проходит между двумя вертикально установленными абразивными кругами шлифовальных головок 4 и одним горизонтально расположенным кругом 5, на которых происходит зачистка обоих торцов и картерной части отливки блока. Далее отливка при помощи манипулятора 7 снимается с конвейера и передается для дальнейшей обработки.

Аналогичные линии созданы для обработки головок блока цилиндров двигателя, а также других деталей массового и крупносерийного производства.

Глава 23. ОКРАСОЧНО-СУШИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

23.1. Устройства для окраски отливок

В процессе производства машин литые детали обычно окрашиваются дважды. Нанесение первого слоя краски называется *грунтовкой*. Грунтовка отливок производится непосредственно в литейном цехе.

Перед грунтовкой с поверхности должны быть удалены частицы абразивного материала и пыли, оставшиеся после предыдущих операций по очистке.

В большинстве случаев весь процесс окраски отливок может быть разделен на три основных операции: а) подготовка поверхности отливок к окраске; б) нанесение краски; в) сушка отливок после окраски.

Подготовка поверхности отливок к окраске — удаление абразивных и пылевых частиц — производится путем промывки в моечных машинах либо путем обдувки отливок сжатым воздухом в специальных камерах, из которых удаляется воздух с пылевыми частицами. Такие камеры получили название вытяжных.

Нанесение краски на поверхность отливок производится одним из следующих методов: а) окунанием отливок; б) воздушным распылением; в) безвоздушным распылением; г) в электрическом поле.

Окраска окунанием рекомендуется только для мелких и средних отливок. Обычно отливки помещают в дырчатые корзины или подвешивают к кареткам подвесного цепного конвейера. Перемещаемые таким образом отливки опускаются в ванну с краской, проходят в ней, а затем извлекаются. Стекающая лишняя краска собирается и перекачивается насосом в баки для повторного использования. Далее отливки проходят через сушильную камеру и поступают на склад готовой продукции.

Такой метод нанесения краски, хотя и прост, однако не может быть рекомендован для отливок, имеющих карманы, так как связан с большим удельным расходом материалов и энергии для сушки.

Окраска воздушным распылением производится с помощью специального пистолета-распылителя (рис. 23.1), к которому по шлангу подводится сжатый воздух. Налитая в чашу пистолета краска увлекается воздухом и выбрасывается в распыленном виде. Движущиеся на подвесном конвейере отливки поочередно проходят через окрасочную камеру, а затем через камеру для сушки и поступают на склад готовой продукции.

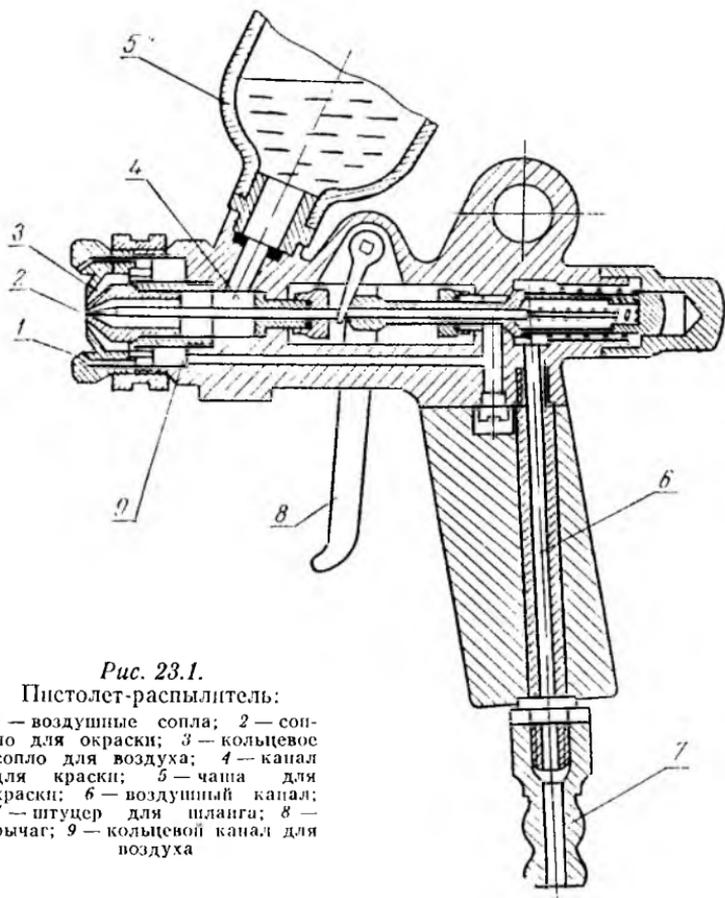


Рис. 23.1.

Пистолет-распылитель:

- 1 — воздушные сопла; 2 — сопло для окраски; 3 — кольцевое сопло для воздуха; 4 — канал для краски; 5 — чаша для краски; 6 — воздушный канал; 7 — штуцер для шланга; 8 — рычаг; 9 — кольцевой канал для воздуха

Из окрасочных камер интенсивно отсасывается воздух. Поскольку распыленная краска огне- и взрывоопасна, должны быть приняты необходимые меры безопасности.

Рассмотренные способы окраски осуществлялись с применением ручного труда.

В последние годы на некоторых передовых машиностроительных предприятиях нанесение краски на поверхность деталей производится с помощью программных манипуляторов (см. гл. 4).

Окрасочный манипулятор (рис. 23.2, а) снабжен элементами адаптации к форме окрашиваемой детали или может обучаться

по первой обработанной детали. Процесс адаптации к форме окрашиваемых деталей включает распознавание окрашиваемой детали и выделение ее контура, запоминание контура и выдачу команд для управления распылителем 1.

Распознавание окрашиваемой детали осуществляется с помощью набора фотоэлементов, мимо которых она проходит. Информация о том, какие фотоэлементы были перекрыты, запоминается и затем служит источником данных при выдаче команд на подачу краски в раскораспылитель.

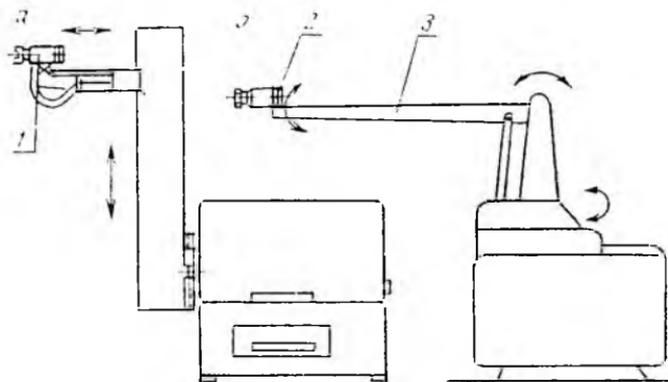


Рис. 23.2. Схема окрасочных манипуляторов:
а — для окраски плоских отливок; б — для окраски
объемных отливок

Манипулятор, с помощью которого возможна окраска деталей широкой номенклатуры, показан на рис. 23.2, б. Конструкции плеча и рабочей руки 3 этого манипулятора позволяют воспроизводить движения руки человека, осуществляемые при манипулировании с окрасочным пистолетом-распылителем 2. Программирование производится в процессе окраски первой детали из партии, осуществляемой при ручном управлении движением распылителя. Программа записывается на магнитную ленту.

Окраска безвоздушным распылением заключается в нагнетании насосом нагретой краски и выбросе ее через сопло пистолета. При выходе краски в атмосферу давление на ее частицы мгновенно падает, происходит испарение растворителя и расширение его паров. Все это способствует дроблению краски.

Этот способ является перспективным благодаря отсутствию тумана и «отраженного облака», создаваемых факелом краски при воздушном распылении и ускоренной сушке.

Окраска в электрическом поле имеет существенные преимущества, так как позволяет улучшить условия труда, полностью автоматизировать процесс, получить равномерный слой

покрытия необходимой толщины при значительной экономии краски и энергии.

Сущность электроокраски заключается в следующем. Если в электрическое поле между коронирующими электродами и заземленным предметом (отливкой) ввести частицы краски, то они,

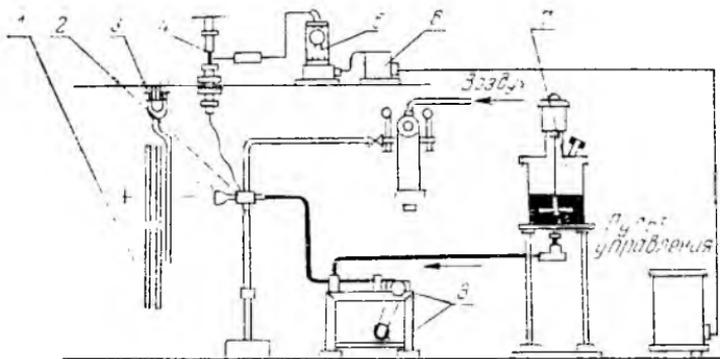


Рис. 23.3. Схема электроокрасочной установки

ионизируясь, будут ускоренно двигаться к отливке, располагаясь тонким плотным слоем на ее поверхности. Плотным слой получается потому, что частицы краски, разгоняясь в электрическом поле, с силой ударяются о поверхность отливки.

Рассмотрим схему электроокрасочной установки (рис. 23.3). Отливки 1, двигаясь на заземленном подвешеном конвейере 3, проходят мимо краскораспылителя 2, являющегося одновременно коронирующим электродом. Чтобы обеспечить необходимую напряженность электрического поля, на распылитель подают напряжение 60—120 кВ, что обеспечивается высоковольтным трансформатором 6 и кенотроном 5. Для снятия остаточного заряда с распределителей и проводов после выключения высокого напряжения служит автоматический разрядник 4. Краска из бачка 7 поступает в дозатор 8, который выдает ее с определенным секундным расходом в распылительную головку.

Распылительные головки выполняются в виде чаши, грибка или диска. В качестве привода служит пневмотурбина или небольшой электродвигатель мощностью 50—100 Вт.

Распылитель представляет собой поворачивающуюся в ту и другую сторону колонку, на верхней части которой и закрепляется распылительная головка.

23.2. Устройства для сушки отливок

Окрашенные отливки сушатся в проходных камерах одним из следующих методов: а) конвекционным — в потоке горячего воз-

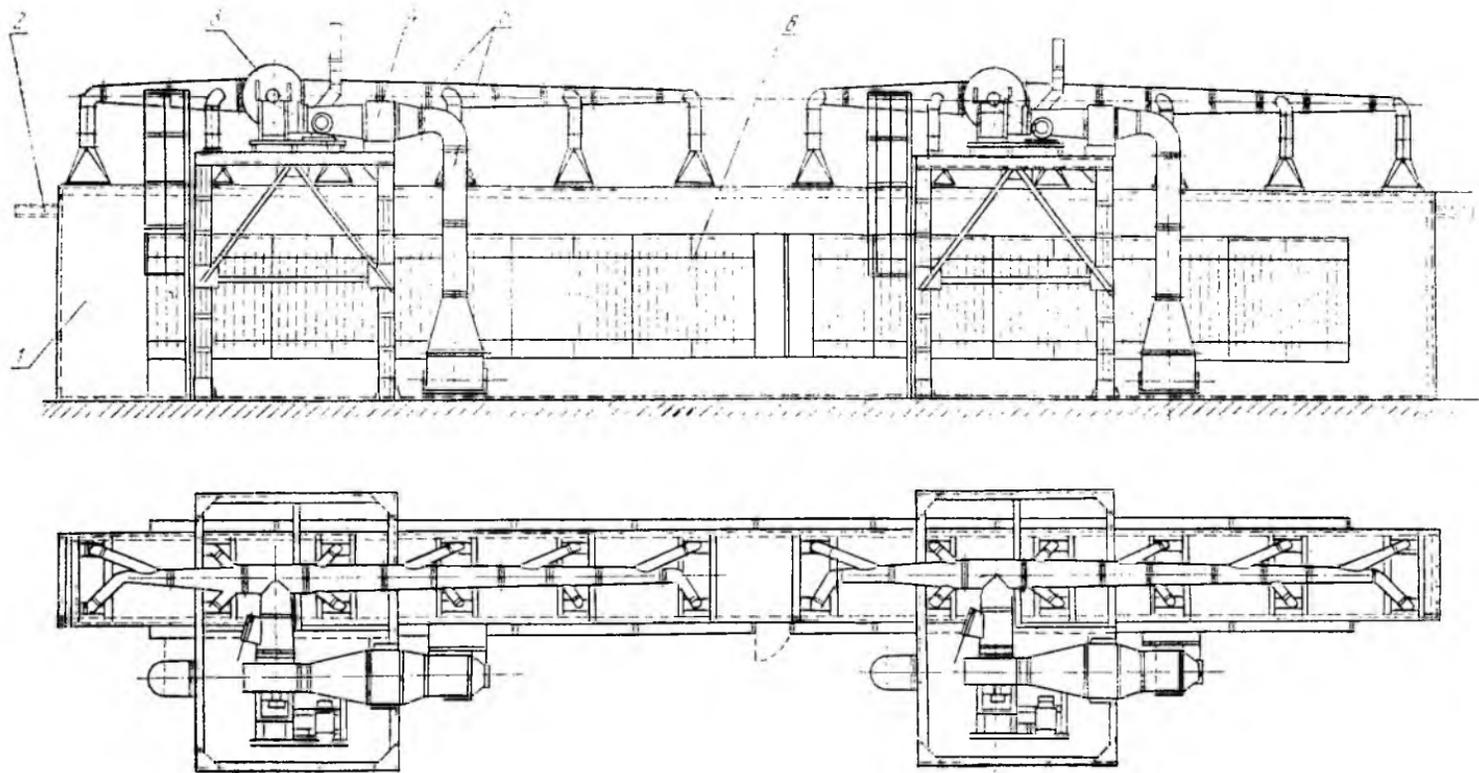


Рис. 23.4. Сушильная термораднационно-конвективная камера:

1 — камера; 2 — путь подвешного конвейера; 3 — вентилятор; 4 — калорифер; 5 — воздухопроводы; 6 — термораднационные элементы

духа (110—120 °С); б) терморадационным — инфракрасными лучами; в) терморадационно-конвективным — в потоке горячего воздуха и инфракрасными лучами.

Сушка в потоке горячего воздуха имеет существенный недостаток. Высыхание слоя идет главным образом снаружи, и образовавшаяся в начале сушки свежая корка задерживает свободный выход паров растворителя из нижнего слоя. В результате окрашенная поверхность получается неровной.

При сушке инфракрасными лучами краска сначала высыхает не снаружи, а изнутри, т. е. со слоя, непосредственно прикасающегося к изделию, благодаря чему поверхность пленки не разрушается парами растворителя.

В качестве источника лучистой энергии применяют нагревательные трубки темного излучения (ТЭН). Длительность сушки при этом значительно сокращается в сравнении с сушкой теплым воздухом.

Трубки темного излучения собираются секциями и монтируются в съемных панелях. Панели устанавливаются в сушиле по обеим сторонам конвейера, на котором движутся отливки. Вся камера и панели имеют теплоизоляцию из шлаковой ваты.

Терморадационно-конвективный метод представляет вид комбинированной сушки и позволяет реализовать достоинства упомянутых выше методов. Он применяется для сушки отливок сложной конфигурации. В таких отливках внутренние полости хорошо омываются потоком горячего воздуха, а наружная поверхность — инфракрасными лучами.

Общий вид терморадационно-конвективной камеры для сушки отливок приведен на рис. 23.4.

Окрасочно-сушильное оборудование: моечные машины и вытяжные камеры, окрасочные и сушильные установки, komponуясь с транспортными средствами, могут составлять поточные линии с различной степенью механизации и автоматизации.

Глава 24. ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКОВ ВЫБИВКИ И ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

24.1. Пластинчатые конвейеры

Пластинчатые конвейеры применяются для горизонтального или наклонного транспортирования горячих отливок после выбивки их из форм, доставки литников из обрубных отделений на склады шихтовых материалов и перемещения отливок в процессе их обрубки и зачистки.

Трасса таких конвейеров определяется местными условиями, а геометрические схемы подобны схемам ленточных конвейеров. Углы наклона пластинчатых конвейеров могут быть доведены до 30—35° и даже 45° при наличии на настиле специальных упоров.

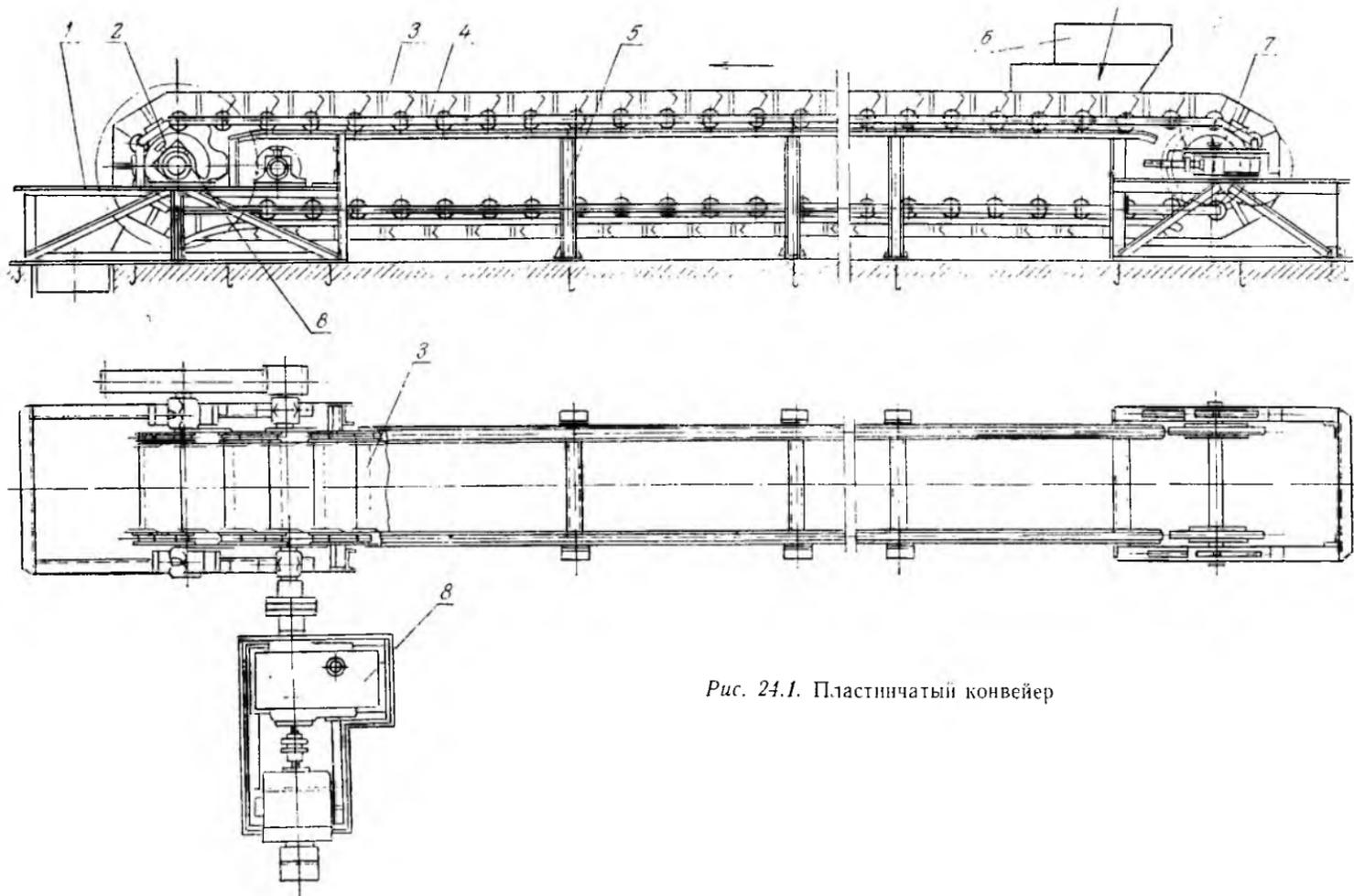


Рис. 24.1. Пластинчатый конвейер

Перегибы трассы в вертикальной плоскости осуществляются с радиусами закруглений 5—8 м.

Основным рабочим органом пластинчатых конвейеров является настил (рис. 24.1), состоящий из отдельных пластин 3 с бортами, прикрепленных к тяговому органу 4 (обычно — к тяговым цепям), шарниры которых снабжены опорными ходовыми роликами. Тяговые цепи, находясь в зацеплении с зубьями приводной 2 и натяжной 7 звездочек, получают движение от привода 8 и движутся, неся на себе настил по направляющему пути станины — металлоконструкции 5. Загрузка и разгрузка конвейера производится соответственно через воронки 6 и 1.

Длина конвейера должна соответствовать времени, необходимому для охлаждения отливок.

При транспортировании отдельных крупных отливок ширина настила определяется в зависимости от габаритных размеров отливок и способа расположения их на настиле: по обе стороны от отливки должны оставаться свободные поля настила не менее 100 мм.

Развитие конструкции пластинчатых конвейеров для литейного производства идет в основном в следующих направлениях:

а) создаются новые конструкции конвейеров, допускающие перегибы трассы не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости;

б) длина конвейеров увеличивается до нескольких сот метров благодаря применению двух и более последовательных приводов;

в) увеличиваются скорости транспортирования до 1 м/с и более.

24.2. Вибрационные транспортирующие устройства

Основные достоинства вибрационных конвейеров: 1) герметичность транспортирования; 2) возможность совмещения транспортной и технологических операций (охлаждения, сушки, перемешивания и т. п.); 3) возможность промежуточной загрузки и разгрузки; 4) сравнительно малый износ несущего элемента; 5) простота устройства и сравнительно малый расход энергии.

К недостаткам этих конвейеров относятся в основном невысокая долговечность его упругих элементов, а также возможность передачи вибрационных нагрузок на опорные конструкции.

На рис. 24.2 изображена схема вибрационного конвейера, несущим органом которого является желоб или труба 2, опирающаяся на гибкие элементы (стержни, рессоры, пружины) 1. Приводом, сообщаящим колебательное движение несущему органу конвейера, является вибратор 3. Для уменьшения вибрационных нагрузок, передаваемых на опорные конструкции, предусматриваются амортизирующие элементы 4.

Движение транспортируемого материала (типа формовочной

смеси) имеет вид непрерывно следующих один за другим микробросков частиц. Эти броски происходят только при условии, что вертикальная составляющая ускорения частиц $a \sin \beta$ будет больше ускорения силы тяжести частиц g : $ma \sin \beta > mg$.

Перемещение же таких грузов, как отливки или литники, вдоль желоба происходит только тогда, когда горизонтальная составляющая силы инерции транспортируемого тела $ma \cos \beta$ будет больше силы трения $P_{тр}$ этого тела о дно желоба: $ma \cos \beta > P_{тр}$.

При этом сила трения может быть выражена

$$P_{тр} = f m (g - a \sin \beta),$$

где f — коэффициент трения перемещаемого тела по желобу конвейера; m — масса перемещаемого тела, кг; a — ускорение транспортируемого тела, м/с²; g — ускорение силы тяжести, м/с².

Для сообщения перемещаемым грузам больших ускорений вибрационные

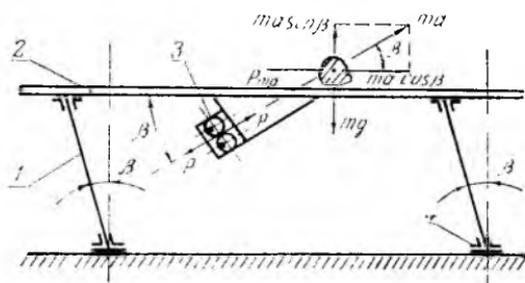


Рис. 24.2. Схема вибрационного конвейера

конвейеры должны иметь высокую частоту колебаний (примерно 600—3000 колебаний в минуту (10—50 с⁻¹) и сравнительно малую амплитуду (примерно 0,1—15 мм).

Различают виброконвейеры динамически неуравновешенные и уравновешенные. К неуравновешенным относятся машины на стойках с одним несущим элементом. Изоляция фундамента от вибрационных нагрузок в таких конвейерах достигается применением резиновых или пружинных амортизирующих устройств.

В уравновешенных виброконвейерах два несущих элемента (желобы или трубы) движутся один относительно другого таким образом, что силы, возникающие при переходе кинетической энергии колебания в упругую энергию связей, соединяющих оба этих несущих элемента, всегда уравновешены и не передаются в виде динамических усилий или моментов на опорные конструкции (фундамент). Такие конвейеры в два раза производительнее неуравновешенных и не требуют сооружения массивных фундаментов.

Все виброконвейеры можно разделить также на конвейеры с резонансной и зарезонансной упругой системой.

Резонансный режим работы (когда частота колебаний, сообщаемая вибратором, равна частоте собственных колебаний упругой системы) обеспечивает малый расход энергии при установившейся работе конвейера. Вместе с тем для пуска такого конвейера требуются значительные усилия.

При работе конвейера на зарезонансном режиме расход энергии сравнительно больше, а пусковые усилия соответственно меньше.

Рабочий процесс в вибрационных установках осуществляется в результате суммарного воздействия отдельных импульсов сил, создаваемых источником колебаний — вибратором.

Существует много типов вибраторов, которые можно классифицировать по роду привода, способу возбуждения колебаний, конструктивным особенностям, частоте колебаний и другим признакам.

По роду привода вибраторы бывают: механические, электромагнитные, пневматические и гидравлические (рис. 24.3).

В вибрационных конвейерах наибольшее применение получили вибраторы с механическим и электромагнитным приводами.

Вибраторы с механическим приводом могут быть центробежными, эксцентриковыми или кривошипно-шатунными.

В центробежных вибраторах возмущающая сила создается при вращении одной или нескольких неуравновешенных масс. Так, при вращении неуравновешенной массы m с угловой скоростью ω создается возмущающая сила, равная величине центробежной силы P ,

$$P = m\omega^2 r = \frac{G_0}{g} (2\pi n)^2 r \approx 4G_0 n^2 r, \quad (24.1)$$

где G_0 — сила тяжести неуравновешенного груза, Н; g — ускорение силы тяжести, м/с²; n — частота вращения неуравновешенного груза, с⁻¹; r — радиус вращения центра тяжести неуравновешенного груза, м.

К вибраторам с вращающейся возмущающей силой (рис. 24.4, а) относятся дебалансные системы, в которых инерцион-

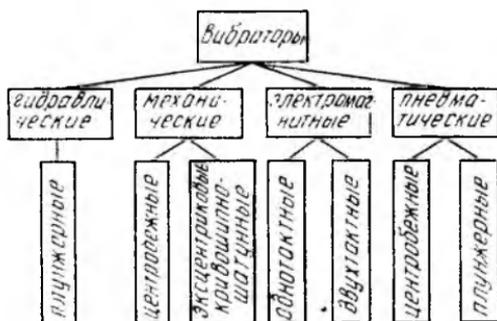


Рис. 24.3. Классификация вибраторов

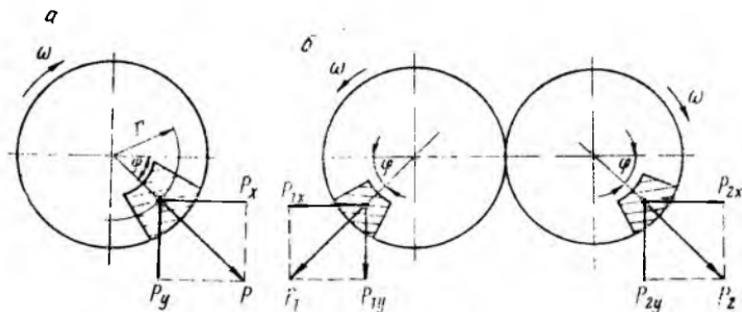


Рис. 24.4. Механические центробежные вибраторы: а — дебалансный; б — самобалансный

ная сила создается одной вращающейся неуравновешенной массой m . Колебания, создаваемые такими вибраторами, будут круговыми — ненаправленными.

Направленные колебания могут быть созданы самобалансными вибраторами (рис. 24.4, б), в которых возмущающая сила меняется по величине и направлению только по одной прямой линии. Такой вибратор представляет два вала с неуравновешенными массами, вращающимися в противоположные стороны с одинаковой угловой скоростью. При этом возмущающая сила, равная геометрической сумме центробежных сил дебалансов, всегда направлена в одном направлении, а перпендикулярные к ней составляющие центробежных сил взаимно уравновешиваются.

Суммарная возмущающая сила такого вибратора аналогично формуле (24.1) будет равна:

$$(P_1 + P_2) \cos \varphi = 2m\omega^2 r \cos \varphi \approx 8Gn^2 r \cos \varphi,$$

где φ — угол поворота дебалансов, град.

Максимальное значение суммарной возмущающей силы $2P$ будет при углах $\varphi = 0$ и $\varphi = 180^\circ$, а минимальное значение (нулевое) при $\varphi = 90^\circ$ и $\varphi = 270^\circ$.

К механическим приводам виброконвейеров относятся также эксцентрикковые и кривошипно-шатунные механизмы. Они применяются главным образом на динамически уравновешенных виброконвейерах при сравнительно небольших частотах (1000—600 колебаний в минуту и увеличенных амплитудах до 10—15 мм).

Большое распространение в современных виброконвейерах и питателях получили электромагнитные вибраторы. В них возмущающая сила создается магнитным полем, образующимся при прохождении через обмотку переменного или пульсирующего тока. Эти вибраторы являются наиболее совершенным видом привода, так как в них необходимое возвратно-поступательное движение получается непосредственно, без каких-либо промежуточных механизмов. Они позволяют осуществлять удобное регулирование режима работы и почти не имеют трущихся деталей, подверженных износу.

Реактивный одноктактный электромагнитный вибратор (рис. 24.5, а) состоит из магнитопровода, включающего статор 1 и якорь 2, набранных из листовой электротехнической стали, одной или нескольких обмоток и пружинной системы 3. Обмотка вибратора включается в сеть переменного тока. Усилие притяжения зависит от величины магнитного потока. При его возрастании якорь притягивается, а при убывании возвращается назад упругой системой. Так как переменный ток имеет на протяжении периода два экстремума силы (положительный и отрицательный), то частота возмущающего усилия будет равна удвоенной частоте переменного тока, подаваемого в обмотку вибратора. При питании от обычной сети переменного тока, имеющего частоту 50 Гц, вибратор будет совершать 100 колебаний в секунду.

Если обмотку вибратора включить в сеть пульсирующего тока или в цепь обмотки вибратора включить последовательно выпрямитель, который пропускает ток только в одном направлении, якорь за время одного периода будет притягиваться статором один раз и частота колебаний будет вдвое ниже, т. е. 50 колебаний в секунду (рис. 24.5, б).

Двухтактный электромагнитный вибратор (рис. 24.5, в) в отличие от однотактного состоит из двух электромагнитов, жестко закрепленных в корпусе, между которыми на упругой системе подвешен якорь. Колебания якоря вызываются тем, что он попеременно притягивается то одним, то другим электромагнитом. Частота колебаний равна частоте переменного тока, а амплитуда из-за наличия двой-

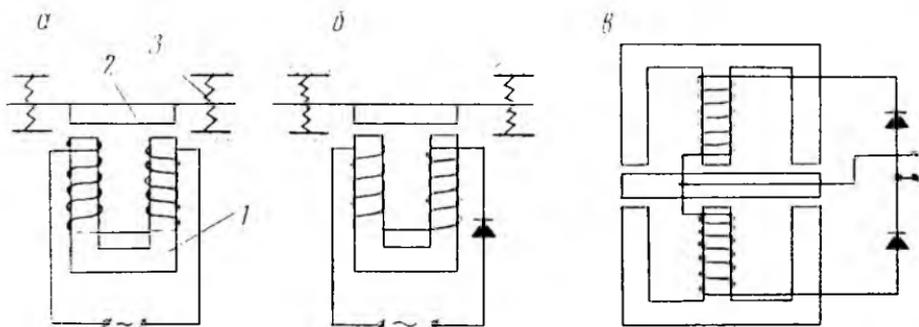


Рис. 24.5. Схемы электромагнитных вибраторов:
а и б — однотактных; в — двухтактных

ного воздушного зазора может быть в два раза большей, чем амплитуда колебаний якоря при прочих одинаковых электромагнитных параметрах.

По способу возбуждения колебаний и конструктивным особенностям пневматические вибраторы разделяются на центробежные и поршневые.

Действие центробежных пневмовибраторов основано на тех же принципах, что и механических дебалансных. Возмущающая сила создается также вследствие вращения неуравновешенных масс, однако это вращение создается энергией сжатого воздуха.

К центробежным относятся так называемые турбовибраторы, у которых внутри цилиндрического стального корпуса помещен ротор, выполненный в виде неуравновешенной массы. При вращении ротора создаются колебания около 80—100 в секунду (5000—6000 в минуту).

Методика расчета центробежных пневмовибраторов аналогична методике расчета дебалансных механических вибраторов.

В поршневых, или плунжерных, пневмовибраторах колебания создаются возвратно-поступательным движением поршня (плунжера). Сжатый воздух попеременно подводится с разных сторон перемещающегося плунжера, который, приходя в крайнее положение,

ние, ударяет по крышке корпуса вибратора и таким образом передает свои колебания виброустановке.

В поршневых пневмовибраторах можно получать различные скорости плунжера в прямом и обратном направлениях.

24.3. Подвесные цепные конвейеры

В литейном производстве подвесные конвейеры применяются для внутрицехового и межцехового транспортирования штучных грузов (стержней, отливок, литников), а также для межоперационной подачи небольших литейных форм на заливку, охлаждение и выбивку, для перемещения отливок в дробеметных камерах и окрасочно-сушильных агрегатах.

Транспортирование грузов на этих конвейерах производится непрерывно по замкнутому контуру пространственной трассы. *Подвесными* они называются потому, что их трасса крепится к строительным конструкциям цеха или к специальным опорным конструкциям, а грузы подвешиваются к кареткам, которые передвигаются по этой трассе.

Подвесные конвейеры можно подразделить на следующие два основных типа: грузонесущий и грузотолкающий.

На рис. 15.6 изображена схема подвесного грузонесущего формовочного конвейера, в котором загрузка и разгрузка производятся в одном или в нескольких местах.

В качестве тягового элемента применяются разборные цепи, легко собираемые и разбираемые без каких-либо приспособлений.

Каретки конвейера подразделяются на грузовые и холостые. Первые предназначаются для крепления подвески с грузом и перемещения ее по путям, вторые — для поддержания тягового элемента от чрезмерного провисания на участке между подвесками.

Каретки классифицируют по грузоподъемности и профилю ходового пути. Различают каретки особо легкого, легкого, среднего, тяжелого и весьма тяжелого типов. В тех случаях, когда вес транспортируемого груза больше допускаемой нагрузки, его подвешивают на двух каретках при помощи траверсы.

Трасса подвесного конвейера, как правило, меняет свое направление не только в вертикальной плоскости, но и в горизонтальной. Для изменения направления движения тягового элемента на горизонтальных поворотах служат поворотные устройства, которые выполняются в виде звездочек или роликовых батарей.

Подвесной путь конвейера делается чаще всего из двутавровых балок или проката специального профиля. Крепят его к конструкциям здания, например, к стропильным фермам, цеховым колоннам или стенам на кронштейнах. В случаях, когда невозможно использовать элементы здания, путь конвейера крепят на специальных стойках. Перегибы пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях производят таким образом, чтобы обеспе-

чить нормальную работу цепи. Чем больше шаг цепи и чем больше расстояние между каретками, тем больше должен быть радиус вертикального перегиба R (рис. 24.6).

Как правило, все подвески имеют шарнирное крепление к каретке или к траверсе. При таком креплении подвеска остается вертикальной на наклонных участках конвейера, что обеспечивает надежное положение транспортируемых грузов.

Загрузку и разгрузку подвесок можно осуществлять вручную, полуавтоматически и автоматически.

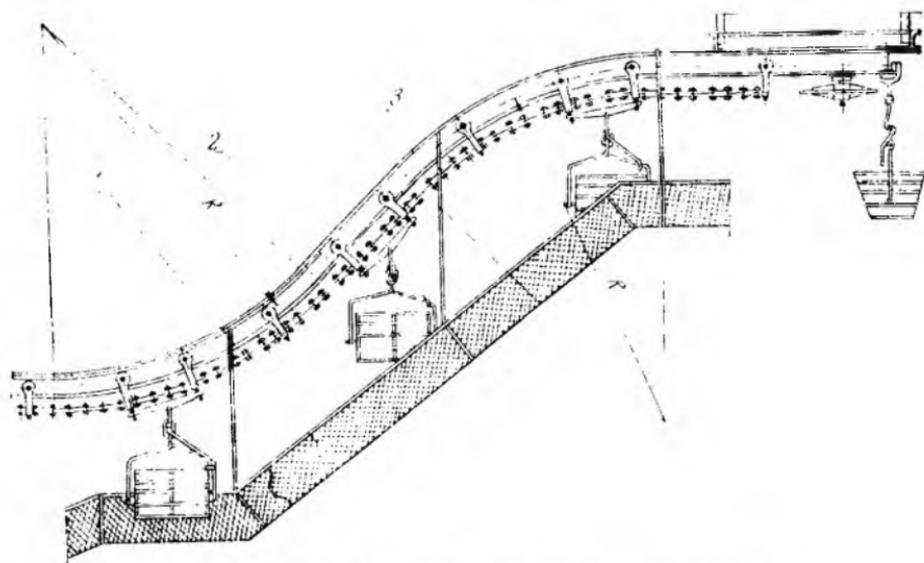


Рис. 24.6. Перегибы трассы конвейера и ограждения

Предохранительные устройства на подвесных конвейерах включают в себя ограждение трассы, ловители цепи, систему сигнализации и управления.

Ограждения трассы устанавливают на всех подъемах и спусках для предупреждения несчастных случаев при падении с подвесок транспортируемых грузов. Они обычно изготавливаются из прочной стальной сетки или из тонкой листовой стали.

На рис. 24.6 показана конструкция ограждения 1 конвейера, а также контршпи 2 на вертикальном перегибе трассы 3. Контршпины необходимы для устранения чрезмерного подъема кареток и направления их движения на вогнутых кривых пути, так как в этих местах натяжение тягового элемента конвейера стремится приподнять каретки.

Для предупреждения аварий при обрыве тягового элемента на подъемах и спусках трассы устанавливают ловители цепи (механические и электромеханические).

Пуску конвейера должны предшествовать звуковой и световой сигналы. Для остановки конвейера при аварийной ситуации в каж-

дом отдельном производственном помещении, где проходит троса, а также в галереях и у приводных механизмов предусматривается установка кнопок «Стоп».

Подвесные грузотолкающие конвейеры с автоматическим адресованием являются в настоящее время наиболее эффективным видом непрерывного транспорта, успешно используемым в современном литейном производстве.

Развитие средств автоматизации обеспечило широкие возможности рационального применения целых систем подвесных толкающих

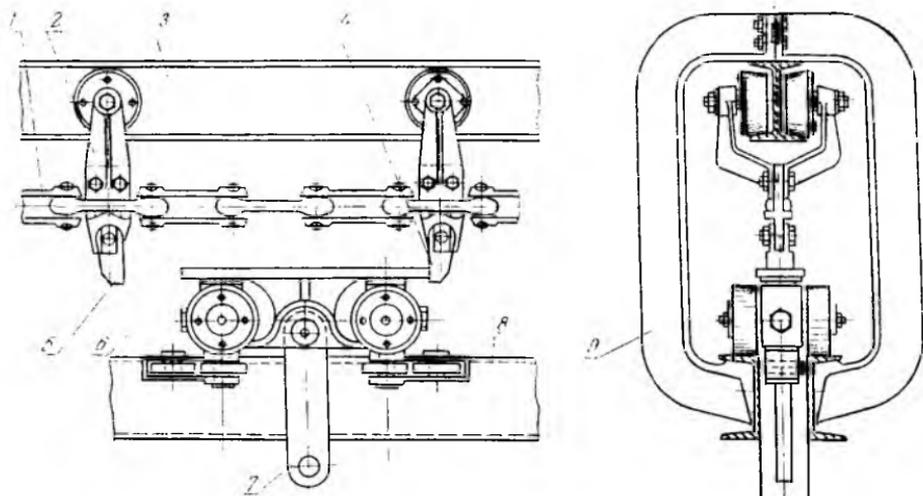


Рис. 24.7. Узел ходовой части подвешенного толкающего конвейера:

1 — тяговый элемент; 2 — опорная каретка; 3 — тяговый путь; 4 и 5 — кулаки толкатели; 6 — тележка; 7 — подвеска; 8 — грузовой путь; 9 — соединительная скоба

щих конвейеров для автоматического распределения транспортируемых грузов по заранее намеченным адресам.

Основным отличием подвесных толкающих конвейеров от грузонесущих подвесных конвейеров является то, что у них тяговый элемент не имеет крепления к грузовой тележке (рис. 24.7) и каждый из них перемещается по отдельным ходовым путям (тяговому и грузовому). Это обуславливает возможность свободного включения и отключения грузовых тележек от тягового элемента и перевод их на другие пути при помощи автоматически управляемой системы распределительных стрелок и передаточных устройств.

Эти особенности толкающих конвейеров позволяют объединить их в одну полностью автоматизированную систему.

Толкающий конвейер может осуществлять без перегрузок следующие операции: 1) автоматический вывод тележек с грузами с приводных путей на неприводные и обратно; 2) автоматическую передачу тележек с грузами с приводных путей одного конвейера

на приводные пути других конвейеров; 3) автоматическую передачу тележек с грузами на различные уровни по высоте.

Толкающие конвейеры по сравнению с обычными грузонесущими подвесными имеют преимущества:

а) возможность выполнения различных по ритму технологических операций, так как груз, выведенный из зоны действия тяговой цепи, может оставаться на путях ответвления любое заданное время;

б) возможность комплектации различных грузов в необходимом технологическом порядке;

в) возможность организации подвижных промежуточных складов грузов на подвесках (заделы), автоматически питающих технологические линии. Такие склады можно сделать многоярусными и разместить непосредственно под перекрытием цеха, что обеспечивает экономно производственной площади;

г) возможность перемещать грузы с различными скоростями и путем передачи их на другие приводные пути, сохраняя при этом единый ритм выпуска продукции;

д) возможность механизации погрузки, разгрузки, установки изделий на рабочие места и др.

Следует отметить, что толкающий конвейер с автоматическим адресованием имеет и ряд недостатков: а) сложность конструкции и повышенные требования к точности изготовления его элементов; б) сравнительно большие габариты по высоте; в) значительно большая масса конструкций на единицу длины транспортирования по сравнению с обычными (грузонесущими) подвесными конвейерами; г) более высокий расход энергии; д) более высокая стоимость.

Несмотря на недостатки, подвесные толкающие конвейеры обеспечивают большую эффективность работы и окупаются в сравнительно небольшие сроки.

Применение этих конвейеров рационально только при больших грузопотоках, большой номенклатуре адресов и сложной разветвленной схеме подачи грузов.

Подвесные толкающие конвейеры экономически невыгодно применять на производственных линиях, где имеются только простые транспортные операции. Эти задачи более экономично решает подвесной конвейер грузонесущего типа.

Глава 25. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ВЫБИВКИ ФОРМ И ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

25.1. Требования безопасности к оборудованию для выбивки форм и стержней

Процессы выбивки форм и стержней, очистки, обрубки и зачистки отливок сопряжены со значительным выделением пыли и вредных газов. Механизация и автоматизация этих процессов

улучшает условия труда и безопасность работы, однако не исключает выполнения требований, предусмотренных правилами техники безопасности и производственной санитарии.

Так, механизированные и автоматизированные устройства для выбивки отливок и удаления стержней должны иметь вентиляцию, защитные кожухи, а также сигнализацию для остановки устройств при аварийной ситуации. Объем отсасываемого воздуха должен составлять 1500 м³/ч на 1 м² площади решетки.

Для снижения уровня шума рекомендуется делать подвесные фундаменты выбивных устройств, облицовывать стены и потолки выбивных отделений звукопоглощающими материалами. Для оператора, наблюдающего за работой выбивных автоматов, необходима звукоизолирующая кабина.

Вибрационные машины для выбивки стержней из отливок оборудуют вентиляционными отсосами, которые должны обеспечивать пропуск воздуха в количестве 4000 м³/ч на 1 м ширины зонта.

В гидрокамерах все открытые проемы должны иметь ограждения. Двери камер и гидромонитор блокируются таким образом, чтобы включение последнего было невозможным при открытых дверях.

При выбивке стержней на ЭГ-установках должна обеспечиваться защита окружающих помещений от шума, вибрации, электромагнитных излучений, озона, окислов азота и др.

Помещение, где расположена ЭГ-установка, должно быть надежно экранировано (снабжено экранирующей сеткой).

25.2. Требования безопасности к установкам для очистки и зачистки отливок

Установку для дробеметной очистки отливок необходимо оборудовать местными вентиляционными устройствами с объемом отсасываемого воздуха 3500 м³/ч на первый и по 2000 м³/ч на каждый последующий дробеметный аппарат.

Конструкции стенок барабанов, кожухов столов и стенок камер должны обеспечивать максимальное снижение уровня шума, пыли и исключать вылет дроби.

В камерах необходима блокировка дверей и дробеметных аппаратов (при открытых дверях дробеметные аппараты отключаются).

Установки для зачистки отливок должны быть оборудованы защитными кожухами-укрытиями, снабженными отстойниками для улавливания пыли и присоединены к вытяжной вентиляционной сети. Место, где производится обрубка, ограждаются специальными шторами со стальной мелкоячеистой сеткой.

Все шлифовальные круги перед установкой на станки должны быть проверены на прочность в соответствии с действующими ГОСТами. Проверка производится в специальных лабораториях либо на месте в нерабочее время.

Раздел шестой. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ «ВЫБРОСОВ» ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глава 26. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

26.1. Проблемы «выбросов» и улучшения санитарно-гигиенических условий труда в литейных цехах

Литейное производство является крупным источником загрязнения окружающей среды пылегазовыми «выбросами», а также отходами формовочной смеси, кокса, шлака и др.

Большое количество пылевых частиц выбрасывается непосредственно в производственных помещениях литейных цехов. К основным процессам литейного производства, выделяющим наибольшее количество газов и пыли, относятся: плавка металла в вагранке и дуговых печах, выбивка отливок, переработка оборотных смесей и очистка отливок.

Устранение запыленности воздуха в производственных помещениях литейных цехов, резкое сокращение и ликвидация «выбросов» в атмосферу являются одной из важнейших проблем литейного производства.

Эффективным решением проблемы «выбросов» является разработка и реализация технологических схем, основанных на замкнутых производственных циклах, обеспечивающих использование всех образующихся в процессе производства отходов.

Решение этой задачи возможно при комплексном совершенствовании литейного производства путем внедрения новых прогрессивных технологических процессов, использования высокопроизводительного автоматического оборудования, высокоэффективных систем очистки и утилизации промышленных «выбросов».

Наряду с этим необходимо дальнейшее совершенствование средств пылеулавливания, обеспечение высокой надежности пылеулавливающих устройств, применение наиболее совершенных систем приточно-вытяжной вентиляции.

Планами развития народного хозяйства нашей страны предусмотрено: осуществлять мероприятия по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству ресурсов; активнее вести разработку и внедрение технологических процессов, обеспечивающих уменьшение отходов и их максимальную утилизацию; разрабатывать новые методы и средства борьбы с вредными «выбросами» веществ в атмосферу.

26.2. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе

Пылегазовые «выбросы» литейных цехов содержат большое количество вредных веществ, которые, проникая в организм человека, оказывают физико-химическое воздействие на его клетки и ткани, влекущее нарушение жизнедеятельности.

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН 245—74), принятые в нашей стране, предусматривают предельно допустимые концентрации (ПДК) для каждого компонента газовых «выбросов» (табл. 26.1, 26.2).

Табл. 26.1. *Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны литейных цехов*

Наименование вещества (в парообразном и газообразном состоянии)	Концентрация, мг/м ³
Угарный газ	20
Аммиак	20
Фенол	5
Формальдегид	0,5
Анилин	0,1
Фурфурол	10
Оксид азота	5

Табл. 26.2. *Предельно допустимые концентрации твердых частиц в воздухе рабочей зоны литейных цехов*

Наименование вещества	Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³
Кремнийсодержащие пыли:	
диоксид кремния кристаллическая при содержании ее в пыли свыше 70% (кварцит, диас и др.)	1
диоксид кремния кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70% (шамот)	2
диоксид кремния кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10% (угольная пыль, глина и др.)	4
Доломит	1
Известняк	6
Магнезит	10
Оксид железа с примесью оксидов марганца до 3%	6
Каменный уголь с содержанием диоксида кремния менее 2%	10

26.3. Интенсивность вредных «выбросов» и их характеристика

При организации очистки воздуха от пыли и вредных веществ, а также при выборе типа очистного устройства учитывают:

а) интенсивность выделения пыли, вредных веществ данным видом технологического оборудования;

б) физико-химические свойства выделяющихся вредных веществ (дисперсность, химический состав, температуру и др.);

в) агрессивность и взрывоопасность газовых компонентов.

Интенсивность пылевыведения по массе (кг/ч) может быть выражена следующей формулой:

$$G_{\text{выд}} = K V_{\text{в}} \cdot 10^{-3},$$

где K — запыленность воздуха, г/м³; V — объем отсасываемого воздуха, м³/ч.

В табл. 26.3 приведены данные о запыленности воздуха при работе различного технологического оборудования.

Табл. 26.3. Выделение пыли при работе технологического оборудования в расчете на 1 т годного литья

Технологическое оборудование	Запыленность воздуха (газов), г/м ³	Объем отсасываемого воздуха, м ³ /ч	Устройство для отсоса воздуха
Центробежные смесители мод. 115, 116 и 117	До 40,0	Соответственно 15 000, 18 000 и 25 000	Силошной кожух с боковой частью, защищенной брезентом. Площадь открывания (проем) не более 1 м ²
Узлы пересыпания сухих сыпучих материалов (с транспортера на транспортер)	1000	По расчету, исходя из площади открытых проемов	Силошной кожух с боковым отсосом или дверь для пропускания лент
Плоские сита	2,0	1500 на 1 м ² поверхности сита	Силошной кожух с боковой загрузочной дверью
Вибрационные выбивные решетки	8000	15 000 на 1 м ² решетки	—
Очистные барабаны периодического действия	6000	1800	Отсос через полуюсь
Обдирочный станок	6000	—	—
Вагранки открытого типа производительностью 10 т/ч	5—12	25 000—30 000	Отбор газов выше завалочного окна
Электродуговая печь (5 т)	1—2	15 000—20 000	Зонт
То же	1—3	10 000—12 000	Кольцевой отсос

Помимо пыли, в воздухе литейного цеха содержится в значительных концентрациях окись углерода и других токсичных веществ.

Интенсивность выделения окиси углерода (кг/ч) можно определить по формуле

$$G_{CO} = CV_B \cdot 10^{-3},$$

где C — объемная концентрация окиси углерода, г/м³.

Глава 27. ПЫЛЕУДАЛЯЮЩИЕ УСТАНОВКИ

27.1. Способы очистки воздуха от пыли и классификация пылеулавливающих аппаратов

В технике пылеулавливания существует два основных способа выделения твердых частиц из запыленного газового потока: 1) непосредственный вывод частиц за счет гравитационных и инерционных сил; 2) осаждение их на поверхностях и телах.

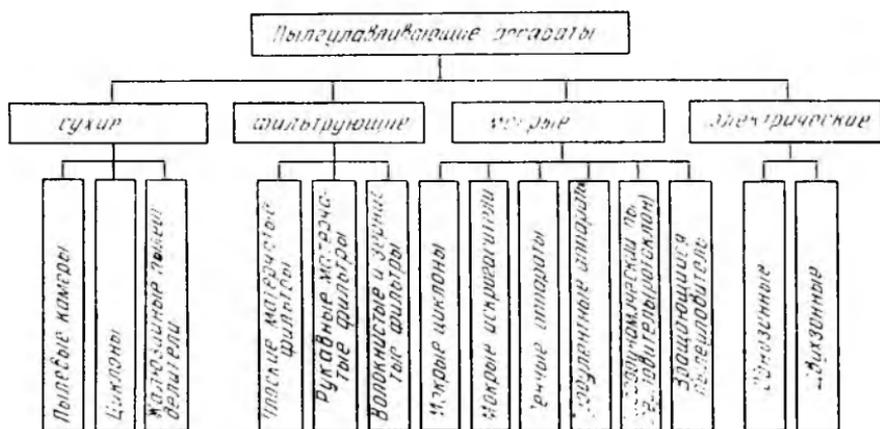


Рис. 27.1. Классификационная схема пылеулавливающих аппаратов

При первом способе частицы выпадают из газового потока в результате снижения скорости последнего до величины, сравнимых со скоростью витания этих частиц (например, в пылевых камерах), либо вследствие трения их об осадительную поверхность под действием сил инерции (например, в центробежных циклонах и др.).

При втором способе частицы выпадают из потока, увлекаясь другими телами и осаждаются на их поверхности (например, на каплях воды в мокрых пылеулавливающих аппаратах, на волокнах в тканевых и волокнистых фильтрах и др.).

Все пылеулавливающие аппараты и системы можно условно разделить на четыре вида: сухие, фильтрующие, мокрые и электрические (рис. 27.1).

Выбор способа очистки воздуха и типа пылеулавливающего аппарата зависит от физических и химических свойств пыли, тре-

бумемой эффективности пылеулавливания, интенсивности пылевыведения, особенностей технологического процесса и др.

Способ очистки и тип выбираемого пылеуловителя существенно зависят от температуры очищаемых газов. Так, при температуре газов свыше 280°C использование матерчатых или электрических фильтров становится невозможным без предварительного охлаждения газов. Одновременно следует учитывать агрессивность и взрывоопасность газовых компонентов, применяя при сооружении систем очистки кислотоупорные материалы.

Правильность выбора способа очистки и типа пылеуловителя для конкретных условий эксплуатации может быть оценена соответствующими техническими и экономическими показателями.

К техническим показателям относятся: а) эффективность пылеулавливания (КПД пылеулавливающего аппарата); б) гидравлическое сопротивление аппарата; в) расход энергии на очистку 1000 м^3 газов (воздуха) в час.

27.2. Аппараты для очистки воздуха от пылевых частиц

Аппараты сухой очистки. Пылевые камеры являются простейшими пылеулавливающими устройствами, основанными на выделении пылевых частиц из газового потока под действием сил тяжести.

Скорость газового потока в камерах, необходимая для осаждения частиц размером более $50\text{--}60\text{ мкм}$, должна составлять $v_r = 1\text{--}2\text{ м/с}$.

Наиболее распространены горизонтальные пылевые камеры, изготавливаемые из бетона или кирпича.

Достоинствами их являются простота и безотказность в работе, а также сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление ($40\text{--}45\text{ Па}$). Недостатки — большие размеры и невозможность улавливания мелких фракций пыли.

Циклоны — наиболее распространенный аппарат для очистки газа от пылевых частиц размером более 10 мкм (рис. 27.2). Запыленные газы поступают в верхнюю часть циклона через патрубок 3, установленный по касательной к окружности в цилиндрической части 1. Внутри циклона возникает вращательно-поступательное движение очищаемого газового потока, образуется внешний вращательный вихрь, центробежные силы, под действием которых пылевые частицы стремятся двигаться от оси циклона к периферии, т. е. к его стенкам. Достигнув стенок и тормозясь о них, частицы теряют скорость и под действием силы тяжести падают в коническую часть циклона 4, а затем в бункер для сбора пыли. Очищенный газовый поток поступает в выхлопную трубу 2, образуя внутренний вращающийся вихрь, и выбрасывается в атмосферу.

Наиболее эффективно происходит улавливание частиц при скорости газового потока $v_r = 20\text{--}25\text{ м/с}$.

При больших скоростях эффективность циклона снижается из-

за возникновения завихрений, срывающих осевшие частицы со стенки циклона и вызывающих «вторичный унос».

Батарейные циклоны (рис. 27.3) — аппараты, составленные из большого числа параллельно включенных циклонных элементов, конструктивно объединенных в одном корпусе, имеющих общий подвод и отвод газов, а также общий сборный бункер.

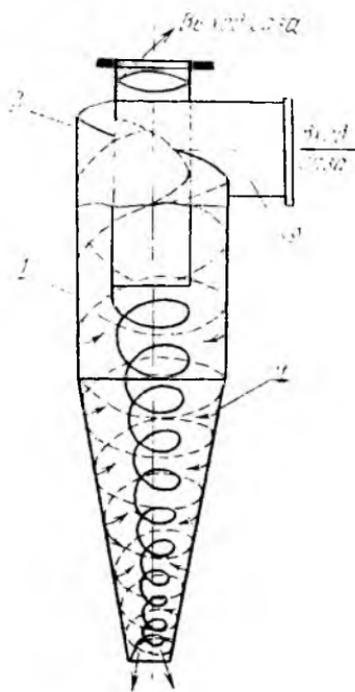


Рис. 27.2. Схема движения газового потока в центробежном циклоне

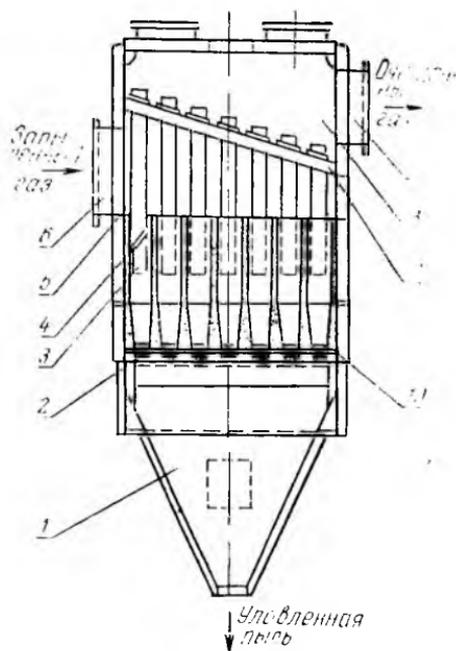


Рис. 27.3. Батарейный циклон:

1 — бункер для сбора пыли; 2 — выпускное отверстие; 3 — выхлопная труба; 4 — направляющий аппарат; 5 — раздельная камера; 6 — входной патрубок; 7 — выходной патрубок; 8 — камера очищенного газа; 9, 10 — верхняя и нижняя трубные решетки

Эффективность улавливания пылевых частиц возрастает с уменьшением диаметра корпуса циклона. Поэтому для очистки большого количества газов необходимо много циклонов малого диаметра. Наиболее распространены циклонные элементы диаметром 100, 150 и 200 мм. Вращательное движение газа в этих элементах обеспечивается установкой в каждом из них направляющего аппарата в виде винта или розетки. Эффективность пылеулавливания циклоном составляет 70—80%.

Фильтрующие аппараты. Фильтры — аппараты для очистки газов — в последнее время стали чаще применяться в промышленности в связи с появлением новых фильтровальных материалов и усовершенствованием конструкции самих очистных устройств.

Основное преимущество фильтрации — более высокая степень очистки газов. В фильтрах практически могут полностью улавливать частицы всех размеров.

Наибольшее распространение в литейном производстве получили тканевые и волокнистые фильтры.

Тканевые фильтры применяются для улавливания сухих пылей, в качестве фильтрующих элементов используют ткани

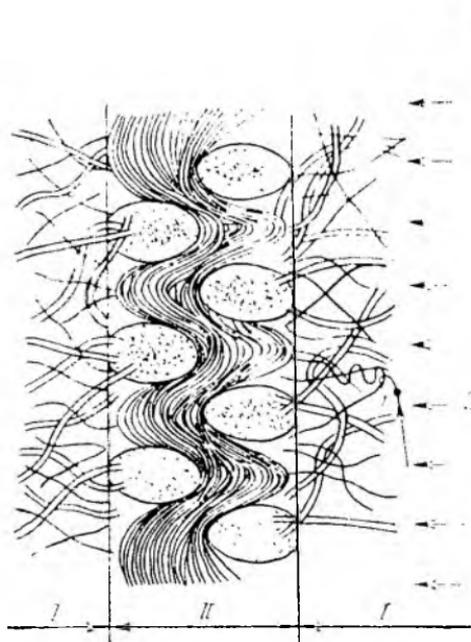


Рис. 27.4. Поперечный разрез фильтрующей ткани:

I — участки сечения с ворсом; II — сечение переплетенных нитей ткани; 1 — частицы пыли; 2 — очищаемые газы

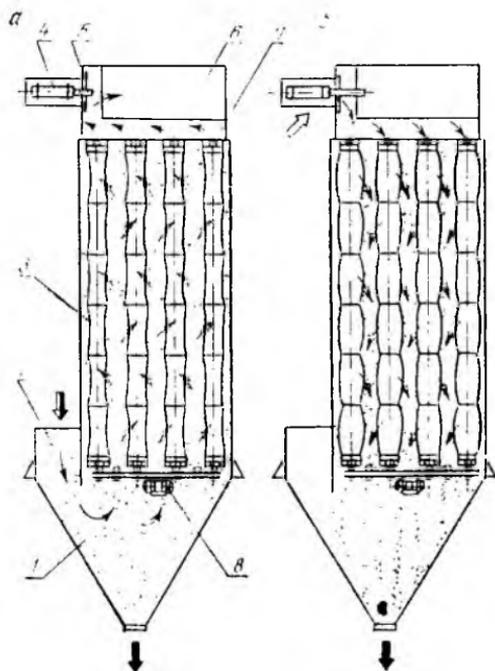


Рис. 27.5. Схема работы рукавного матерчатого фильтра:

а — очистка воздуха; б — удаление пыли со стенок рукавов фильтра

материалы (штапельные, из синтетических волокон, шерстяные) и нетканые (фетры и войлоки на основе шерстяных или синтетических волокон и др.). После изготовления ткань прочесывают для образования ворса (рис. 27.4). Волокна ворса образуют пористый слой, перекрывающий отверстия между нитями и способствующий лучшему улавливанию частиц пыли.

В начальный период, когда запыленный газовый поток проходит через чистую ткань, частицы осаждаются на ворсе и нитях ткани. По мере осаждения частиц размер отверстий между нитями уменьшается и все зазоры между ними заполняются частицами пыли. Газовый поток вынужден проходить через поры в слое осевшей пыли, и эффективность очистки потока резко возрастает. Возрастает и гидравлическое сопротивление фильтра, а пропускная

способность его уменьшается. При длительном парашивании слоя может произойти закупорка фильтра. Чтобы избежать этого, периодически удаляют часть слоя пыли путем механического встряхивания фильтра или обратной продувкой ткани сжатым воздухом.

Эффективность очистки зависит от скорости фильтрации газов через ткань — нагрузки по газу. В тканевых фильтрах целесообразно использовать небольшие нагрузки — 30—70 м³/газа через 1 м² фильтрующей поверхности.

По конструкции различают плоские и рукавные тканевые фильтры.

На рис. 27.5, *а* показана схема рукавного фильтра. Запыленный воздух подается через отверстие 2 и попадает в матерчатые рукава 3. Нижнее отверстие каждого рукава закрыто, поэтому запыленный воздух должен пройти через его матерчатые стенки. Очищенный воздух выходит в камеру 7, а затем в патрубок 6. По мере накопления пыли в рукавах фильтра производится ее удаление. С этой целью в камеру 7 (рис. 27.5, *б*) с помощью цилиндра 4, открывающего крышку 5, подается сжатый воздух, и включается электрический вибратор 8. Происходит обратная продувка рукавов, и пыль, скопившаяся на их стенках, выпадает в бункер 1.

Эффективность пылеулавливания такими фильтрами достигает 99%. Производительность колеблется в пределах 10—40 тыс. м³/ч.

На некоторых зарубежных заводах для очистки газов, образующихся при работе плавильных агрегатов, применяют тканевые фильтры. Температура очищаемых газов снижается путем подмешивания воздуха из помещения или орошения их водой. Применяются фильтровальные ткани из стекловолокна, обладающие высокой термостойкостью (до 400° С) и кислотостойкостью.

Аппараты мокрой очистки. Мокрые циклоны — аппараты, в которых очистка газов от пылевых частиц происходит путем улавливания их распыленной жидкостью. Унося из газового потока твердые частицы, жидкость после осветления (осаждения твердых частиц) используется для вторичного распыления.

Циклон (рис. 27.6) состоит из металлического корпуса с конической нижней частью. Вода подается в верхнюю часть корпуса и стекает по стенкам в виде пленки. Запыленный воздух входит в нижнюю часть циклона по касательной к его окружности и совершает вращательно-поступательное движение вверх, навстречу движению воды, стекающей по стенке. Сопла для подачи воды устанавливаются так, что вытекающие из них струи направлены по касательной к внутренней поверхности циклона и в сторону вращения газов.

Мокрые пылеуловители широко используются в вагранках. Температура очищенных газов обычно не превышает 120° С, а размеры улавливаемых частиц пыли более 80 мкм. Мокрый искрогаситель (рис. 27.7, *а*) представляет цилиндрический корпус 2, устанавливаемый на верхней части (трубе) вагранки 9. Сверху корпус накрыт конусной крышкой с отводящим патрубком 4, а снизу имеет наклонное днище с патрубками 10 для

стока воды и шлама, образующихся при работе вагранки. Внутри корпуса концентрически расположен обтекатель 7, представляющий полый усеченный конус с верхней и нижней коническими крышками. На нижней крышке укреплены винтообразные направляющие пластины 8, предназначенные для закручивания пылегазового потока при выходе его из трубы вагранки. Такое движение

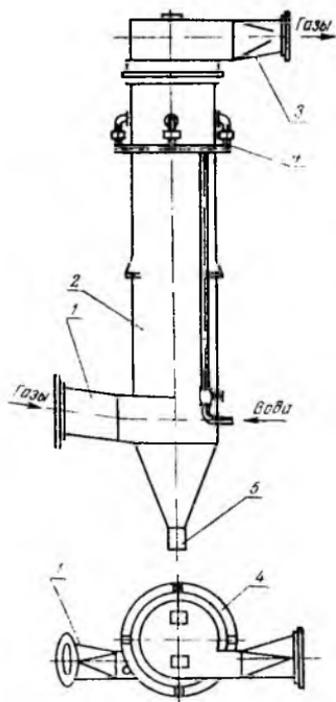


Рис. 27.6. Мокрый циклон: 1 — входной патрубок; 2 — корпус циклона; 3 — выходной патрубок; 4 — коллектор для подачи воды к соплам; 5 — сливное отверстие

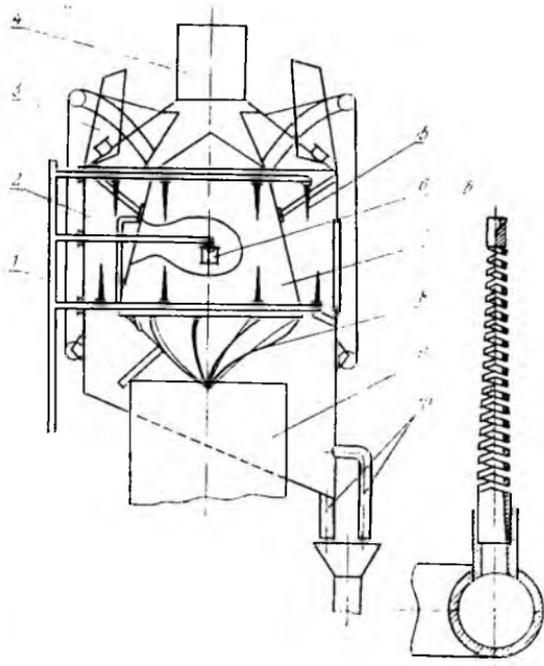


Рис. 27.7. Мокрый искрогаситель для вагранок: а — искрогаситель; б — форсунка

потока позволяет несколько увеличить длительность контакта его со струями орошающей жидкости, вводимой в искрогаситель через коллектор 1 и форсунки 6.

Исследования аэродинамики искрогасителей показали, что движение газов в них происходит в основном вдоль стенок, а в середине создается застойная зона, не участвующая в процессе охлаждения и осаждения пылевых частиц. Обтекатель направляет пылегазовый поток к стенкам искрогасителя, концентрирует его в виде узкого кольца, которое должно обильно орошаться охлаждающей жидкостью. Для охлаждения же самого обтекателя и особенно нижней крышки в него подается вода через форсунку 6.

Мокрые пылеуловители могут применяться лишь для осаждения крупных и средних фракций пыли. Если же выбросы содержат

высокодисперсную пыль, они служат лишь первой ступенью очистки и охлаждения газов.

При аварийных ситуациях и при работе вагранки только с одной ступенью очистки выброс газов в атмосферу осуществляется дополнительно через люки в верхней крышке корпуса искрогасителя путем поднятия заслонок 3. Скорость движения газов в аппарате 0,5—1,5 м/с.

Кроме пылеулавливания, в мокрых искрогасителях происходит также растворение кислых компонентов пыли. Поэтому для предохранения аппаратов от коррозии вода, подаваемая для разбрызгивания, обычно нейтрализуется.

Эффективность пылеулавливания в искрогасителе зависит от степени дробления жидкой струи. Процесс дробления жидкости происходит как за счет механического удара ее о поверхность, так и за счет потери устойчивости струей при встрече с газовым потоком. На рис. 27.7, б показано устройство винтового распылителя, обеспечивающего высокое качество распыления жидкости и отличающегося надежностью действия. Распылитель представляет коническую спираль в виде винта с внутренним коническим каналом. Жидкость, двигаясь по этому каналу и соприкасаясь с кромками витков, распадается на пленки, которые, стекая с поверхности витков, дробятся на капли. Образующий распылителем факел полностью заполняется каплями, плотность расположения которых зависит от шага витков.

Пенные аппараты представляют устройства, в которых очистка запыленного газового потока производится путем взаимодействия его с орошающей жидкостью, в результате чего образуется пенный слой.

Пена — полувзвешенный слой жидкости в виде быстро движущихся пленок и струй, перемешанных с пузырьками и струями газа, — образует высокоразвитую поверхность контакта между жидкостью и очищенным газом.

Схема пенного аппарата приведена на рис. 27.8. Запыленный газ по патрубку 6 вводится в камеру и, освобождаясь вначале от крупных частиц (соприкасаясь с водяной поверхностью) в бункере 1, а затем проходя через решетки 2 и 3, на которых образуется пена, очищается от пылевых частиц и выходит из аппарата, протекая сквозь сепаратор 4, где улавливаются также частицы жидкости. Сепаратор периодически промывается водой, подводимой через специальный коллектор 5.

Для образования пены с помощью устройства 7 на решетки 2 и 3 подается вода, которая, стекая в бункер 1, частично сливается через вентиль 10. Остальная часть поступает через переливной патрубок 8 в приемную воронку 9, обеспечивая тем самым постоянство уровня воды в бункере.

При различных нагрузках пенного аппарата по газу и жидкости на его решетках могут возникать различные гидродинамические режимы: барботажный, пенный и волновой.

Наиболее эффективным является пенный режим. Он образуется

при скорости газов 1,5—2,5 м/с, что позволяет создавать на поверхности решеток постоянно обновляющийся слой подвижной, высокотурбулизованной пены. Поверхность такой динамической пены очень велика, и пылинки, находящиеся в газовых пузырьках, вследствие сильного трения и перемешивания газа с жидкостью удаляются с пленки жидкости и улавливаются ею.

Пенные аппараты эффективно работают при температуре очищаемых газов менее 400° С.

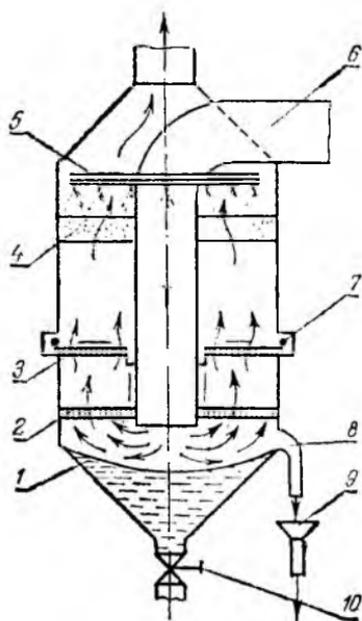


Рис. 27.8. Схема пенного аппарата

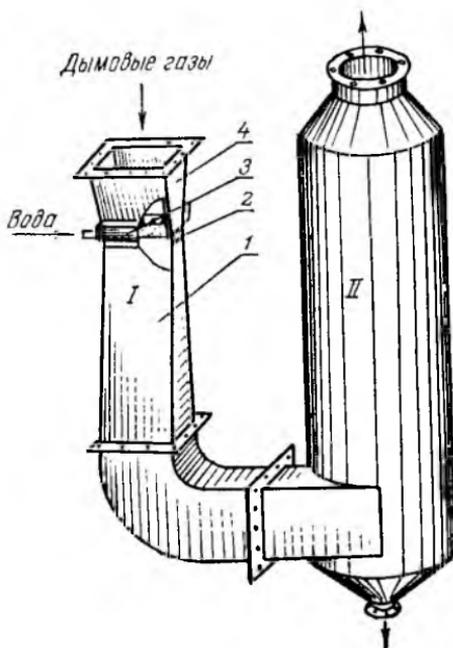


Рис. 27.9. Турбулентный аппарат Вентури

Решеткой в пенных аппаратах обычно служит перфорированный лист с равномерно расположенными отверстиями диаметром 3—8 мм, с шагом 10—20 мм. Гидравлическое сопротивление решетки находится в пределах 600—1200 Па. Максимальный расход газов для одного аппарата допускается до 15 м³/с.

Турбулентный аппарат Вентури (труба Вентури) — это устройство, в котором пылевые частицы осаждаются в основном под действием инерционных сил на каплях орошающей жидкости, распыленной в рабочем объеме аппарата (рис. 27.9).

Аппарат обычно состоит из двух узлов: трубы Вентури I и циклона-каплеуловителя II.

Труба Вентури имеет три составные части: конфузор 4, горловину 2 и диффузор 1. Орошающая жидкость подается в аппарат через устройства 3. Для отделения капель жидкости от потока газов устанавливается циклон-каплеуловитель.

Работает аппарат следующим образом. Впрыскиваемая в объем конфузора орошающая жидкость испытывает воздействие газового потока, движущегося через горловину со скоростью $v_T = 70—120$ м/с. Значительная разница между скоростями потока газов и струй жидкости является причиной дробления жидкости на капли.

Развиваемые в момент столкновения капель и пылевых частиц инерционные силы способствуют захвату (улавливанию) частиц пыли каплями жидкости.

В диффузоре трубы скорость газового потока падает, и движущиеся в ней капли жидкости, сталкиваясь и сливаясь, выносятся в каплеуловитель. Здесь под действием центробежных сил происходит выпадение капель из потока газов и удаление их через сливное отверстие в систему сбора шлама и осветления воды. Очищенные газы выбрасываются в атмосферу через верхнее отверстие.

Чтобы процесс пылеулавливания был эффективным, требуются значительные энергозатраты для преодоления гидравлического сопротивления по газовому тракту.

В двухфазном потоке большую долю составляют потери давления, связанные с распылением орошающей жидкости в горловине трубы, разгоном капель и др.

К достоинствам аппарата Вентури относятся простота конструкции, надежность в эксплуатации и то, что качество очистки не зависит от температуры газов.

Представляет интерес устройство гидравлического пылеуловителя «Флюомикс» (Франция), схема которого изображена на рис. 27.10.

Очищаемые газы поступают в камеру 4, где происходит осаждение крупных частиц в результате контакта с турбулизированной поверхностью воды. Одновременно газовый поток, захватывая капли воды, срываемые с гребней волн, образующихся на поверхности жидкости, перемещается к горловине аппарата 7, где скорость его значительно возрастает. В результате взаимодействия газового потока с каплями жидкости последние увлекают частицы пыли и удерживают их на своей поверхности. В диффузоре 6 скорость потока снижается, капли жидкости сливаются и по мере увеличения выпадают, частично дробятся и снова срачиваются, стекают по стенкам и возвращаются через трубку 8 в камеру 4. Вентилятор 5, создающий разрежение в аппарате, выбрасывает наружу очищенный и обезвоженный воздух.

Пылеуловитель оснащен конвейером 1 для уборки шлама. Уровень воды в камере 4 регулируется при помощи сливной трубы 2, устанавливаемой на разной высоте с помощью крепления 3.

Гидродинамический пылеуловитель (ротоклон) находит все большее распространение в литейных цехах благодаря высокой эффективности очистки газов при сравнительно небольших энергозатратах.

Ротоклон (рис. 27.11) состоит из приемной камеры 4, ванны с жидкостью 2, импеллеров 3, расположенных с обеих сторон кор-

пуса аппарата, вентилятора 5 и скребкового конвейера 1 для уборки шлама.

Запыленный газ (воздух), проходя через пылесосный канал, образованный двумя импеллерами, увлекает часть жидкости (воды) из ванны, закручивается в канале, образуя сплошной водовоздушный поток, и ниспадает в виде сплошной водяной завесы. Скорость потока составляет 20—30 м/с.

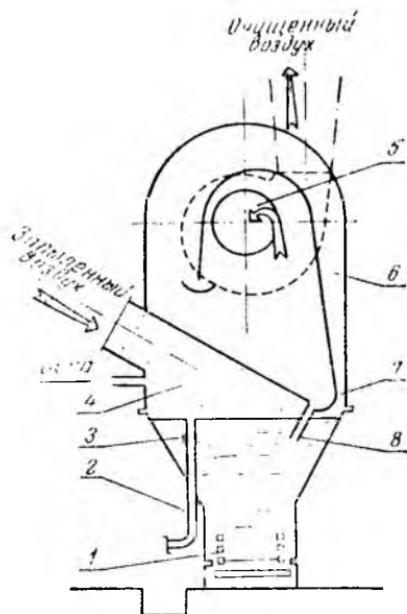


Рис. 27.10. Гидравлический пылеуловитель «Флюомикс»

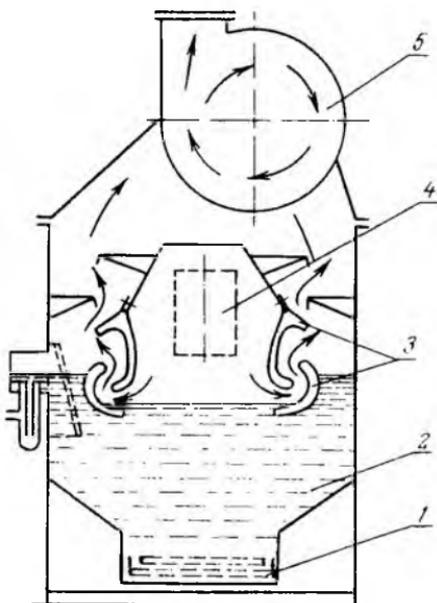


Рис. 27.11. Схема ротоклона

Очистка воздуха в аппарате происходит путем совместного действия инерционных сил, отбрасывающих частицы пыли на поверхность воды, а также интенсивного перемешивания воздушного потока с водой. Вода вращается в канале между импеллерами и движется в виде мелких брызг и сильно турбулизованного слоя. Под действием центробежных сил частицы пыли проникают в этот слой и захватываются им. Уловленная пыль вместе с водой падает в ванну, откуда периодически удаляется скребковым конвейером. Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу вентилятором, который и создает разность уровней воды в пространствах ванны до и после импеллеров. Постоянный уровень воды в ванне ротоклона — неперемное условие безупречной его работы. Этот уровень поддерживается автоматически специальным регулятором.

Степень очистки воздуха аппаратом мокрой очистки в большой мере зависит от температуры твердых частиц, контактирующих с жидкостью. При температуре выше 75—80° С эффективность

очистки значительно снижается вследствие резкого ухудшения смачиваемости частиц пыли и образования вокруг них паровой рубашки.

Чем выше температура частиц пыли, тем больше отталкивающие силы, действующие между этими частицами и жидкостью, и тем хуже условия смачиваемости и захвата их жидкостью.

С увеличением сил, обеспечивающих хороший контакт частиц пыли и жидкости, условия захвата пыли улучшаются, что влечет за собой повышение эффективности очистки в данном аппарате.

Увеличение сил контакта достигается при увеличении относительной скорости запыленного газа и жидкости.

В мокром искрогасителе	$v_f = 0,5-1,5$ м/с	$\eta_{пыл} = 50-70\%$
В пенном аппарате	$v_f = 1,5-2,5$ м/с	$\eta_{пыл} = 80-90\%$
В ротоклоне	$v_f = 20-25$ м/с	$\eta_{пыл} = 90-94\%$
В трубе Вентури	$v_f = 70-120$ м/с	$\eta_{пыл} = 95-99,8\%$

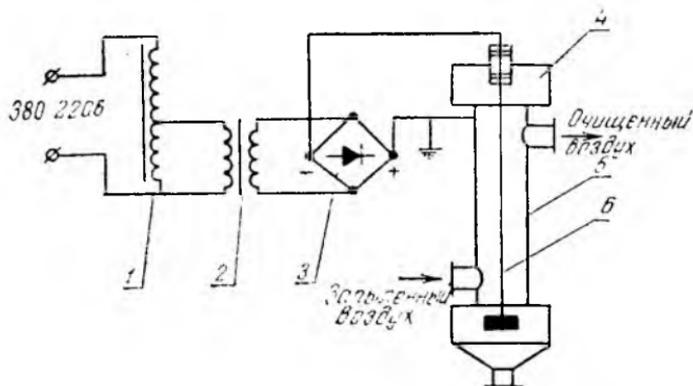


Рис. 27.12. Схема питания электрофильтра

Улучшение смачиваемости поверхности пылевых частиц и условий их захвата жидкостью может быть достигнуто также при добавлении к жидкости поверхностно-активных веществ или обработке ее электрическими и электромагнитными полями.

Электрические пылеулавливающие аппараты. Это устройства, состоящие из электрического фильтра и преобразовательной электрической подстанции (рис. 27.12).

В преобразовательной подстанции установлены регулятор напряжения 1, трансформатор 2 и выпрямитель 3, которые преобразуют переменный ток напряжением 380 В в постоянный напряжением до 100 кВ. Усиленный и выпрямленный ток подводится к осадительному 5 и коронирующему 6 электродам электрофильтра 4.

В электрофильтре высокое напряжение, подаваемое на электроды, создает электрическое поле. При определенных значениях разности потенциалов возникает коронный разряд, вызывающий интенсивное направленное движение электронов и ионов газа.

Запыленный газ пропускается через электрическое поле и под действием его ионизируется. Вследствие этого взвешенные в газе пылевые частицы приобретают заряд и движутся к осадительным электродам. Пыль оседает на электродах, а очищенные газы удаляются из электрофильтра.

В зависимости от места расположения коронирующих и осадительных электродов электрофильтры делятся на однозонные и двухзонные. В однозонных коронирующие электроды конструктивно объединены в одной камере, а в двухзонных коронирующие находятся в камере-ионизаторе, а осадительные — в осадителе. Обычно для очистки промышленных газов применяют однозонные электрофильтры, а для очистки вентиляционного воздуха с малой начальной запыленностью — двухзонные.

27.3. Системы очистки пылегазовых «выбросов» плавильных агрегатов

Плавильные агрегаты литейных цехов являются одним из крупных источников загрязнения воздуха. Интенсивность пылегазовыделения при плавке металла различна и зависит в основном от типа плавильного агрегата.

Все системы очистки пылегазовых «выбросов» плавильных агрегатов по методу организации процесса можно разделить на одно-

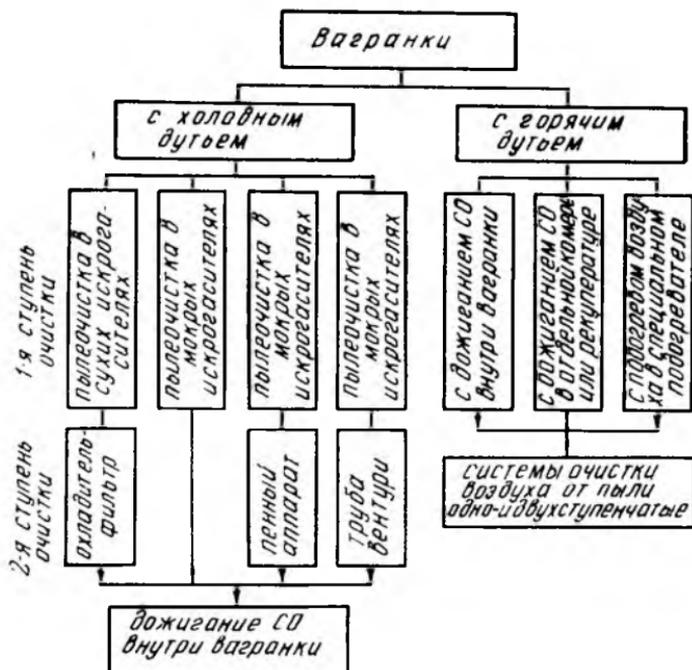


Рис. 27.13. Классификационная схема систем очистки пылегазовых выбросов вагранки

и двухступенчатые, а по степени использования тепла отходящих газов на установки с рекуперацией и без рекуперации тепла.

На рис. 27.13 приведена классификационная схема систем очистки пылегазовых выбросов вагранок, а на рис. 27.14 — принципиальные схемы очистных установок вагранок с холодным дутьем.

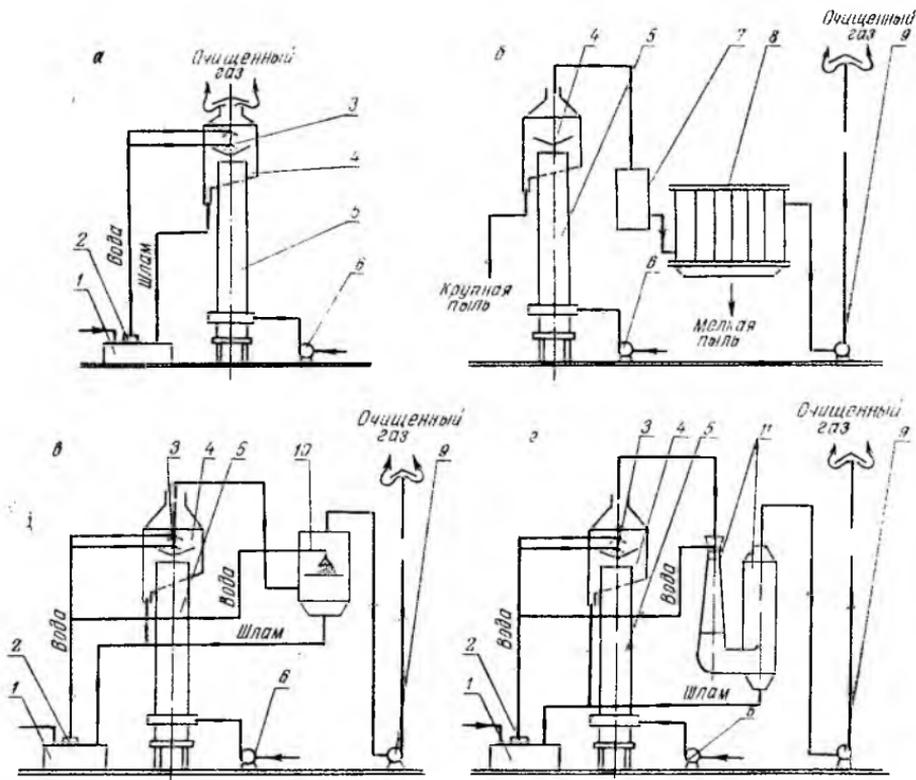


Рис. 27.14. Принципиальные схемы систем очистки пылегазовых выбросов вагранок с холодным дутьем:

а — одноступенчатая схема с мокрым искрогасителем; б — двухступенчатая схема с мокрым искрогасителем и матерчатым фильтром; в — двухступенчатая схема с мокрым искрогасителем и пенным аппаратом; г — двухступенчатая схема с мокрым искрогасителем и турбулентным аппаратом Вентури; 1 — бак для осветления воды; 2 — насос; 3 — форсунки; 4 — корпус искрогасителя; 5 — вагранка; 6 — вентилятор; 7 — камера охлаждения; 8 — матерчатый фильтр; 9 — эксгаузер; 10 — пенный аппарат; 11 — турбулентный аппарат Вентури

В вагранках с горячим дутьем очистка отходящих газов совмещается с подогревом воздуха либо в рекуператорах путем использования тепла отходящих газов, либо в отдельных воздухоподогревателях (рис. 27.15).

В качестве аппарата для первой ступени очистки используется циклон 2, а для второй ступени — матерчатый фильтр 6.

Отходящие от вагранки 1 горячие газы после дожигания поступают последовательно в циклон 2, где происходит их грубая очистка, а затем в рекуператор 3. В рекуператоре газы отдают часть

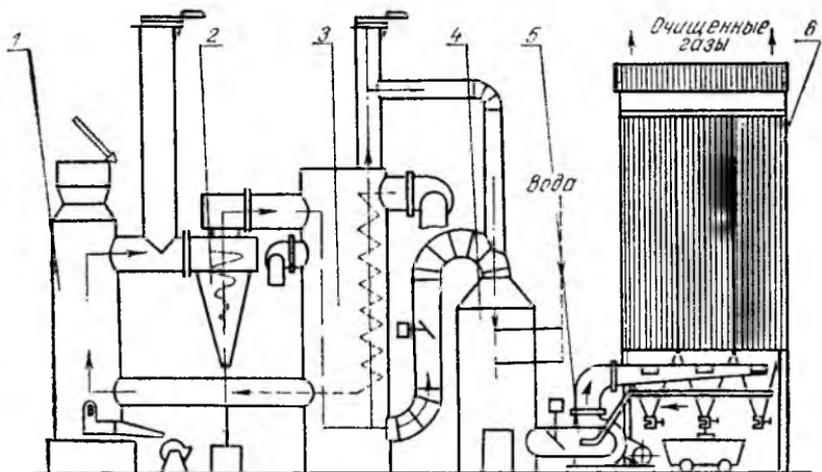


Рис. 27.15. Схема установки для очистки пылегазовых выбросов вагранки с горячим дутьем

тепла воздуху, подаваемому в вагранку, и, пройдя охладитель 4, направляются вентилятором 5 в матерчатый фильтр 6, в котором происходит окончательная очистка — улавливание мелких фракций пыли.

Для очистки пылегазовых «выбросов» электроплавильных печей могут быть использованы все рассмотренные выше аппараты пылеулавливания.

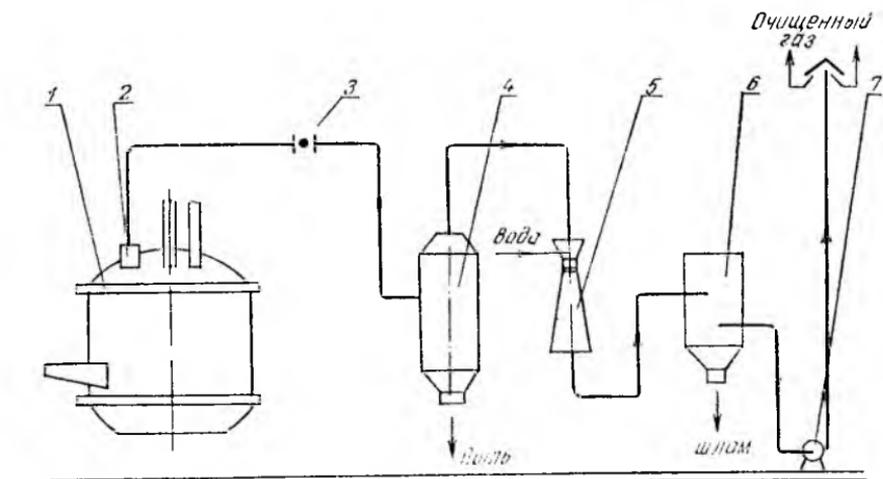


Рис. 27.16. Схема установки для очистки газов, отходящих от электродуговой плавильной печи:

1 — электропечь; 2 — отверстие для отсоса газов; 3 — место подсоса воздуха; 4 — мокрый циклон; 5 — труба Вентури; 6 — вихревой каплеотделитель; 7 — эжекстер

Наиболее простым является отсос газов через зонты, располагаемые над сводом печи, и очистка их в сухих пылеуловителях типа циклопов или фильтров. Однако в связи с интенсификацией электродуговой плавки, способствующей увеличению объема выбрасываемых газов и повышению их температуры, такое решение уже не может обеспечить выполнение санитарных норм по чистоте выбрасываемого в атмосферу воздуха.

На рис. 27.16 изображена схема установки для очистки газов, отходящих от электродуговой печи, работающей с вдуванием кислорода. Здесь отсос газов осуществляется через отверстие непосредственно в своде печи.

27.4. Методы и устройства для обезвреживания газовых «выбросов»

Для очистки промышленных газыделений от токсичных компонентов используются процессы абсорбции, адсорбции, химического превращения вредных соединений в безвредные, а также тепловые методы.

Основным вредным компонентом, содержащимся в газовых «выбросах» литейного производства, является окись углерода CO .

Абсорбционный метод очистки заключается в удалении CO путем промывки газов различными растворами — абсорбентами. Для этой цели применяют аммиачные растворы закисных солей меди, которые связывают окись углерода. Очистку газов ведут при давлении $200 \cdot 10^5$ Па. Недостатком этого метода является большая стоимость сооружений и высокие эксплуатационные расходы.

Адсорбционный метод очистки заключается в удалении CO путем осаждения его на поверхностях твердых тел — адсорбентов. Наиболее распространенный адсорбент — активированный уголь. Удельная поверхность поглощения такого угля составляет

$600—1700 \text{ м}^2$ на 1 г адсорбента. Помимо активированного угля, применяется силикагель — продукт обезвоженного геля кремниевой кислоты, хлорид лития, активированный алюминий и др.

Недостаток этого метода — необходимость в частом восстановлении поглотительной способности адсорбента.

Наиболее простыми и эффективными методами очистки газов от

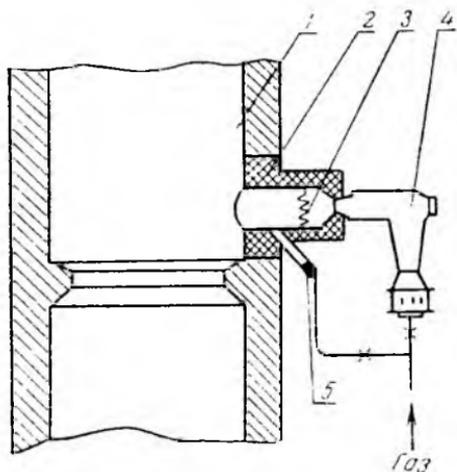


Рис. 27.17. Устройство для дожигания окиси углерода внутри вагранки:

1 — шахта вагранки; 2 — туннель; 3 — запальная спираль; 4 — газовая горелка; 5 — запальная горелка

СО являются т е п л о в ы е: а) дожигание в пламени; б) каталитический метод дожигания.

Дожигание СО при температуре 600—700 °С обычно производится либо в шахте самой вагранки (рис. 27.17), либо в специальных выносных камерах.

Воспламенение газовой смеси, подаваемой газовой горелкой, происходит от пламени ваграночных газов или от специальных электрических запальных спиралей.

При каталитическом методе дожигания в качестве катализаторов применяют каталитически активные металлы или их соединения.

Сущность метода сводится к тому, что газы, подлежащие очистке, охлаждаются или подогреваются до температуры реакции 220—290 °С и проходят через решетки, покрытые слоем катализатора. При контакте газов с катализатором происходит их сжигание, выделяется тепло, которое может быть утилизировано.

Сжигаемые таким образом газы необходимо предварительно очищать от пыли и других веществ, локализирующих действие катализатора, что является одним из существенных недостатков этого метода очистки.

Глава 28. УСТРОЙСТВА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ «ВЫБРОСОВ» ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

28.1. Общие положения

Производство отливок связано с необходимостью переработки большого количества материалов, с затратами энергии как для привода в действие оборудования, так и в виде теплоты для получения жидкого металла.

В процессе производства образуются отходы материалов и энергии, которые в большинстве случаев удаляются с площадки цеха или завода и поэтому получили название *промышленных «выбросов»*. Это: 1) отработанные формовочные и стержневые смеси; 2) металлургические шлаки; 3) металлические частицы; 4) коксовая мелочь; 5) пыль и дымовые газы; 6) теплота.

28.2. Устройства для регенерации отработанных формовочных и стержневых смесей

Под влиянием тепла металла, заливаемого в форму, составные части формовочной смеси подвергаются различным изменениям. Сосредоточение тепла в форме способствует протеканию химических реакций как между металлом и формой, так и между веществами, содержащимися в формовочной массе.

Вследствие разности температур в различных слоях формы процессы, вызывающие изменения в смеси, будут происходить неодинаково. Так, модификационные превращения кварца начинаются при температуре 575 °С, причем они сопровождаются изменением объ-

сма зерен песка, приводящим иногда к растрескиванию их и образованию пылевидных частиц. Увеличение количества пылевидных частиц в смеси происходит также за счет сгорания различных добавок, дегидратации глин и др.

Частицы двуокиси кремния и глин, расположенные в слоях, близких к отливке, находясь в тесном соприкосновении с окислами некоторых металлов, образуют силикаты — пригарные корки различных размеров. Кроме того, в отработанной смеси постоянно находятся сrostки зерен песка, образуемые вследствие склеивания последних обожженной глиной или другим связующим веществом, а также металлические и другие частицы.

Таким образом, тепловое воздействие залитого в форму металла вызывает:

а) изменение зернового состава смеси в сторону увеличения мелких и крупных фракций за счет сокращения средних основных фракций зернистости;

б) изменение структуры и состояния пленок связующих на поверхности зерен песка.

Кварцевый песок, составляющий основную массу смеси, почти не изменяет своих свойств и при соответствующей обработке может быть вновь использован в качестве свежего формовочного материала.

Процесс регенерации (восстановления) отработанных формовочных и стержневых смесей представляет сумму операций, в результате выполнения которых можно получить песок, годный для приготовления форм и стержней.

Все операции по восстановлению качества формовочных и стержневых смесей можно разделить на три группы: подготовительные, активационные и классификационные.

К подготовительным операциям относятся магнитная сепарация смеси, просев и дробление, обеспечивающие разделение сrostков зерен на отдельные частицы.

К активационным — очистка поверхности зерен песка от пленок, в результате чего повышается активность поверхности этих зерен.

Классификационные операции предусматриваются для разделения регенерата на классы по гранулометрическому составу.

Характер активационных операций определяет метод регенерации смеси.

Существуют методы (термический, гидравлический, механические и электрические), пользуясь которыми можно восстановить качество песков из отработанных смесей.

Выбор метода регенерации зависит от характера производства, технологии изготовления отливок, вида связующего материала, используемого в смесях, наличия источников воды и других факторов.

Термический метод предусматривает прокаливание отработанной смеси при температуре 550—800 °С в барабанных горизонтальных или вертикальных многоподовых печах с последующим охлаждением и воздушной сепарацией.

В процессе прогрева песка в печи пленки, обволакивающие зерна, сгорают или отделяются, что позволяет увеличить свободную энергию их поверхности.

Одним из видов термического способа регенерации отработанной смеси является обжиг в кипящем слое. Процесс обжига в этом случае протекает значительно быстрее, чем в нагревательных печах, благодаря увеличению открытой поверхности частиц смеси.

Метод обжига наиболее распространен для регенерации смесей, в которых связующим веществом являются синтетические органические смолы, труднорастворимые в воде и имеющие высокую прочность после термической обработки.

На рис. 28.1 приведена схема установки для регенерации оболочкового литья, в которой в качестве источника тепла использованы ваграночные газы.

Предварительно подготовленная отработанная смесь непрерывно подается в вертикальную колонну круглого сечения из листовой стали, выложенную жароупорным кирпичом. Колонна состоит из двух камер: верхней — обжигательной 3 и нижней — охлаждающей 4. Через верхнюю камеру постоянно протекают горячие газы, выходящие из вагранки 2, которые и нагревают отработанную смесь. В нижней камере происходит охлаждение смеси воздухом, нагнетаемым в фурменный пояс 1 вагранки. Таким образом, воздух, нагретый при охлаждении смеси, вновь используют для ваграночного дутья. Камера охлаждения заканчивается бункером с затвором 5, через который смесь может поступать либо на ленточный конвейер 6, либо для повторной обработки в ковши вертикального элеватора 7.

Гидравлический метод регенерации заключается в том, что после раздробления комьев смеси и удаления металлических включений зерна отмываются от глины и пылевидных частиц. Промытый и обеспыленный песок обезвоживается или высушивается в печи, проходит вторично магнитную сепарацию и просев, а затем поступает для повторного использования. При этом способе

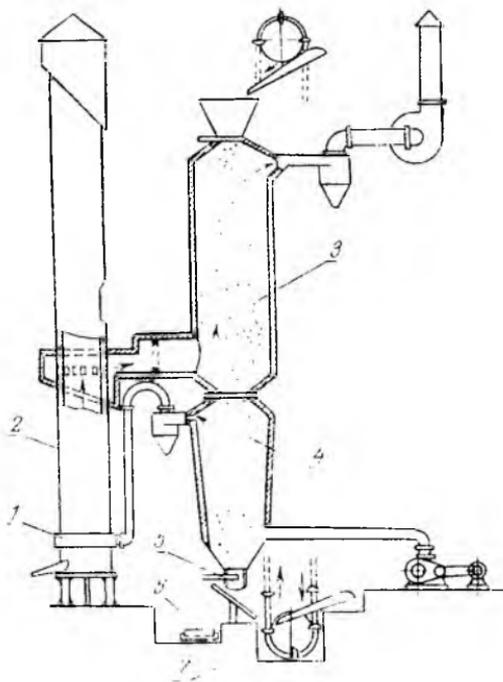


Рис. 28.1. Схема установки для термической регенерации отработанных смесей

регенерации с зерен песка удаляются глинистые пленки и легко растворимые в воде связующие вещества.

Для отделения глины и пыли (мелких частиц песка, золы и т. п.) прибегают к гидравлической классификации. Песок промывается в потоке воды. При этом тяжелые зерна оседают, а более легкие частицы остаются взвешенными в воде. Если предупредить осаждение этих частиц, своевременно сливая воду, то в осадке будут содержаться лишь тяжелые, крупные частицы, которые после обезвоживания, сушки и просева могут быть использованы вместо свежего песка.

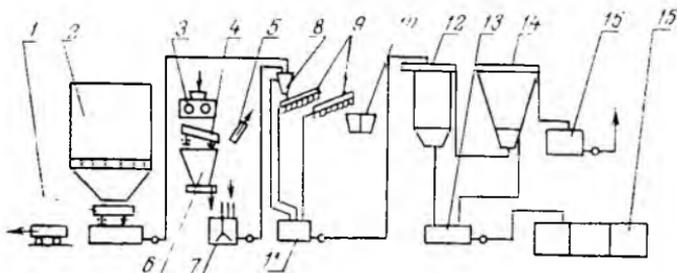


Рис. 28.2. Схема гидрорегенерационной установки

Гидравлический способ регенерации позволяет наиболее полно удалить из смеси глинистую составляющую, активизировать поверхность зерен и разделить песок на несколько классов. При этом способе отсутствует пылеобразование, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда в литейных цехах.

Вместе с тем этот метод имеет ряд недостатков:

1) необходимость в большом количестве воды для промывки песка либо в специальных устройствах для осветления отработанной воды;

2) необходимость обезвоживания и последующей сушки песка, что требует дополнительных расходов на оборудование и топливо;

3) необходимость в больших производственных площадях (отопливаемых в зимнее время) для размещения оборудования.

Однако несмотря на недостатки, способ гидравлической регенерации применяется на многих заводах как в нашей стране, так и за рубежом.

Схема одного из вариантов гидрорегенерационных установок показана на рис. 28.2. В состав установки входят гидрокамера 2, сита 1 и 4, валковая дробилка 3, бункер 6, ленточный транспортер 5, бак-агитатор 7, конический классификатор 8, спиральный классификатор 9, бункер 10, бак сливных вод 11, песколовка 12, осветитель 13, бак осветленной воды 14, бак шламовых вод 15, шламоотстойник 16.

Из гидрокамеры 2 отработанная смесь с водой после просева на сите 1 поступает в конический классификатор 8, куда поступает также пульпа, полученная после дробления, просева и смешивания

с водой крупных частиц смеси. Из конического классификатора частично обезвоженная смесь поступает на спиральные классификаторы 9, где происходит удаление остатков влаги и мельчайших частиц смеси (пыли). Отмытый таким образом песок собирается в бункерах 10, а вода с мелкими частицами песка, глины проходит через систему устройств 11—16, в которых осуществляется осветление воды и сбор шлама.

На рис. 28.3 приведена схема установки для гидроабразивной регенерации отработанных смесей. Основным узлом является оттирочная машина 2, в которую конвейером 1 подается сухая отрабо-

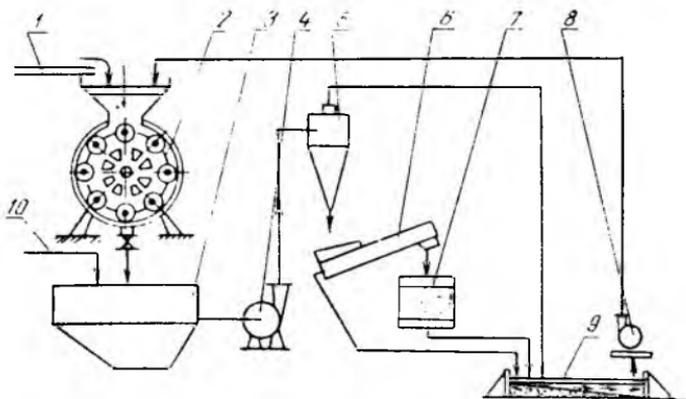


Рис. 28.3. Схема установки для гидроабразивной регенерации отработанных смесей

танная смесь, а насосом 8 — обратная осветленная вода из шламостойника 9. Оттирочная машина представляет собой мельницу-мешалку и используется для мокрого измельчения, дезинтеграции и промывки глинистых руд.

Из оттирочной машины гидросмесь поступает в бак 3, в который по трубопроводу 10 подается вода, а затем насосом 4 последовательно передается в гидроциклон 5 и спиральный классификатор 6. Далее регенерат поступает в обезвоживающий бункер 7, а из него на сушку.

Процесс гидрорегенерации смесей можно совместить с обработкой их импульсными электроразрядами в жидкости. В этом случае эффект разрушения сростков зерен и очистка их поверхности от пленок повышается. Суть электрогидравлического эффекта кратко изложена в § 21.5.

К механическим методам регенерации относятся также, в которых удаление пленок с поверхности зерен песка осуществляется путем удара, трения зерен друг о друга или о какую-либо шероховатую поверхность. В зависимости от того, каким образом передаются воздействия на смесь, различают пневматический, вибрационный, центробежный, ударный и другие методы.

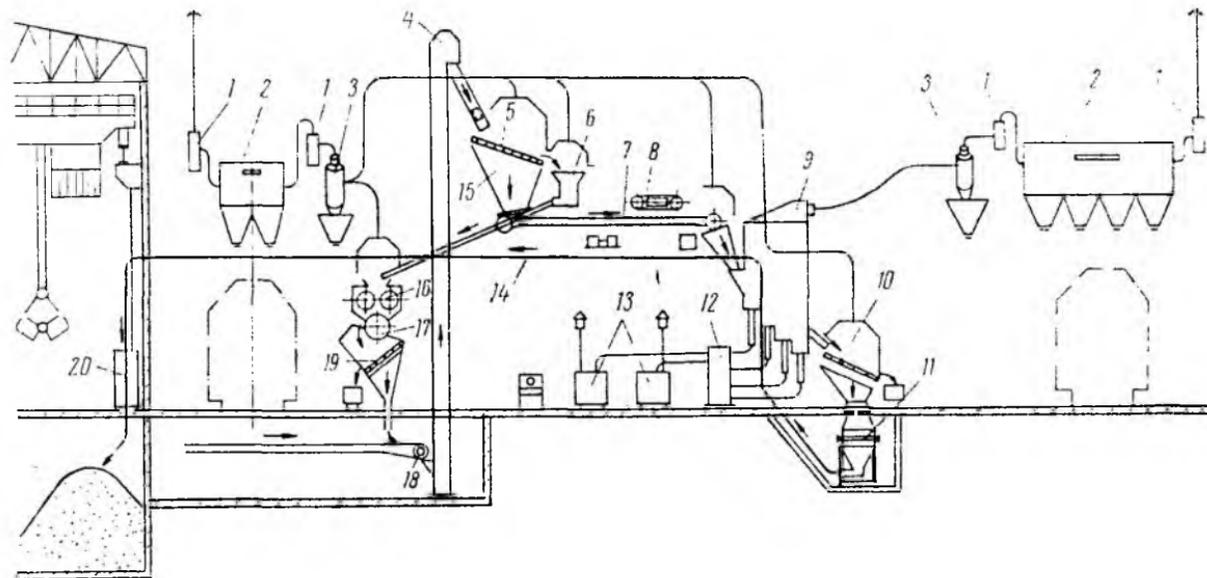


Рис. 28.5. Схема пневморегенерационной установки

Рассмотрим технологическую схему пневморегенерационной установки (рис. 28.5).

Оборудование установки состоит из четырех основных групп.

1. Оборудование для выполнения подготовительных операций: магнитный сепаратор 18 шкивного типа, ковшовый элеватор 4, вибрационное сито 5, бункер 15, ленточный транспортер 7, ленточный магнитный сепаратор 8, щековая дробилка 6, валковая дробилка 16, барабанный магнитный сепаратор 17 и сито 19.

2. Оборудование для выполнения активационных операций: пневматический регенератор 9, сито 10, воздуходувки 13, воздухохораспределитель 12.

3. Вентиляционное оборудование для сбора и удаления пыли: вентиляторы 1, циклоны 3, фильтры 2 и бункеры.

4. Оборудование для транспортирования регенерата на склад формовочных материалов: камерный питатель 11, материальный трубопровод 14, разгрузочное устройство 20.

Установка состоит из устройств, связанных между собой средствами непрерывного транспорта, управляемых автоматически.

Другие механические методы регенерации предусматривают применение различных приводных устройств для очистки поверхности зерен песка от пленок и сепарирующих устройств для восстановления зернового состава смеси. К таким устройствам можно отнести:

виброрегенераторы, в которых используется энергия колебаний масс отдельных песчинок друг относительно друга, в результате чего они стираются и освобождаются от пленок;

молотковые мельницы с воздушным сепаратором и вибрационным классификатором, приспособленные для дробления сростков, очистки поверхности зерен от пленок и восстановления зернового состава смеси.

Использование электрических методов обработки смесей в регенерационных установках сводится в основном к классификационным (сепарационным) операциям.

Основной частью электросепаратора (рис. 28.6) является система параллельно расположенных электродов 2, натянутых на раму, которые служат отрицательным полюсом коронного разряда, и заземленная сетка 1 в качестве положительного полюса. Сыпучие материалы небольшим потоком подаются в межэлектродное пространство.

При подаче на электроды выпрямленного напряжения ≈ 15 кВ возникает коронный разряд. При этом на частицу, помещенную в межэлектродном пространстве, действуют электрические и механи-

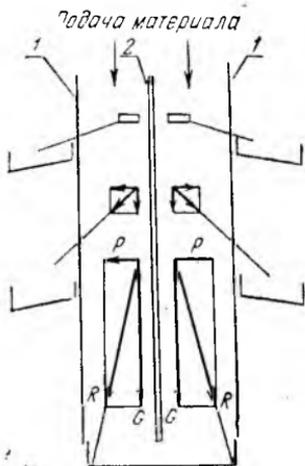


Рис. 28.6. Схема электросепаратора

ческие силы. Электрическая сила P — в горизонтальном направлении, а сила тяжести G — в вертикальном.

Траектория полета частиц при движении их в направлении от коронирующего электрода к осадительным сеткам определяется равнодействующей R вышеперечисленных электрических и гравитационных сил. Скорость, с которой частица материала будет двигаться к положительно заряженному электроду (сетке), будет тем выше, чем больше ее заряд и чем меньше сила тяжести.

Самые малые частицы улавливаются на верхнем участке осадительного электрода, самые крупные падают, не достигнув сетки, а остальные распределяются вдоль ее. Таким образом, улавливая частицы песка на различных участках по высоте положительного электрода, можно разделить материал по крупности.

Электросепараторы обеспечивают хорошую классификацию сыпучих материалов и полное удаление металлических включений.

Применение процессов регенерации песков из отработанных (отвалных) смесей литейных цехов позволяет экономить природные ресурсы, сокращать расходы на транспорт песков и отвалных смесей, способствует решению важной народнохозяйственной проблемы по уменьшению загрязнения окружающей среды промышленными отходами.

28.3. Устройства для грануляции ваграночного шлака

Шлакообразование — неизбежный, сопутствующий переплаву процесс, крайне необходимый для получения высококачественного металла.

Ваграночные шлаки представляют сложные соединения, включающие SiO_2 (48%), Al_2O_3 (11%), FeO_3 (5%), CaO (26%) и другие элементы (10%). Плотность частиц шлака — $2,7 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

Существует два способа сбора шлака при его выпуске из вагранок. При первом жидкий шлак собирают в специальные короба, из которых он затем извлекается в виде застывшей глыбы. При втором шлак выпускают в желоб, по которому протекает холодная вода. Попадая в воду, жидкий шлак мгновенно затвердевает и распадается на отдельные частицы — гранулы (размером ~ 5 мм).

Перемещаясь в потоке воды, гранулы попадают в специальную емкость (бассейн), где оседают на дно. По мере накопления гранулированного шлака в емкость он выгружается в бункеры, из которых при помощи транспортных средств подается к месту переработки и использования (утилизации).

Схема установки для грануляции шлака приведена на рис. 28.7.

Использование ваграночных шлаков может осуществляться в виде шлаковых расплавов; гранулированных шлаков без дополнительной переработки; гранулированных шлаков с последующим помолом.

Из шлаковых расплавов можно получать литые изделия, шлаковату — важный теплоизоляционный материал и др.

Гранулированные шлаки без дополнительной обработки могут использоваться для баллаستровки дорог и железнодорожных путей, а также в качестве заполнителей для бетонов.

Использование гранулированного шлака в размолотом состоянии позволяет получать относительно дешевые вяжущие вещества.

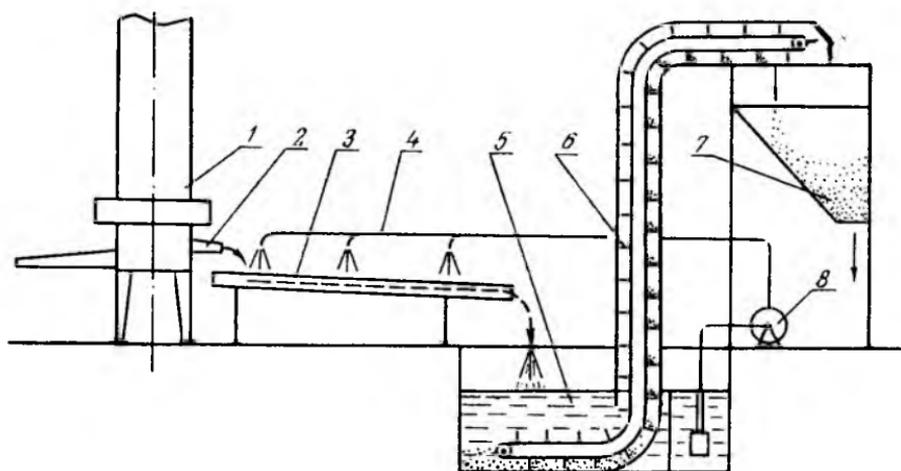


Рис. 28.7. Схема установки для грануляции шлака:

1 — вагранка; 2 — шлаковая лотка; 3 — желоб; 4 — водопровод; 5 — бассейн; 6 — скребковый конвейер; 7 — бункер для гранулированного шлака; 8 — насос

В этом случае гранулированный шлак после обезвоживания и просушки проходит магнитную сепарацию, а затем поступает в молотковую дробилку или мельницу. Из мельницы пылевидный шлак поступает в специальные емкости, откуда загружается в мешочную тару. Перечисленное оборудование можно объединить в поточную автоматизированную линию.

28.4. Устройства для утилизации отходов жидкого металла

Для уборки и утилизации остатков жидкого металла в зависимости от характера производимой продукции применяются различные установки.

На рис. 28.8 приведена принципиальная схема установки для отливки очистных звездочек, созданная на Волгоградском тракторном заводе. Это горизонтальный цепной конвейер, установленный на жесткой раме 1. К звеньям пластинчато-втулочной цепи 6 присоединены с помощью шарнирной оси 3 в плотную одна к другой металлические полуформы — неподвижная 4 и подвижная 2.

Литниковая система устроена таким образом, что при сочетании ряда форм из них образуется сплошная литниковая дорожка, по

которой металл затекает одновременно в несколько движущихся форм.

Разъем формы и выпадение из нее отливки происходит при прохождении ее через натяжную звездочку 5, а закрытие — при отгибании приводной звездочки 7.

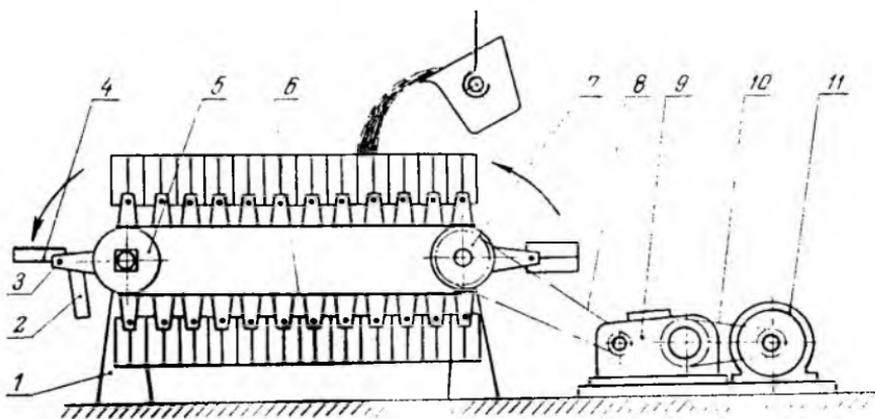


Рис. 28.8. Схема установки для отливки очистных звездочек

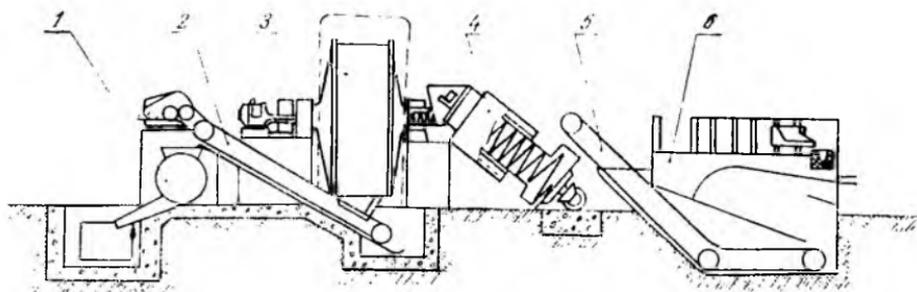


Рис. 28.9. Схема установки для приготовления металлической дробы

Конвейер приводится в движение электродвигателем 11 через клиноременную передачу 10, редуктор 9 и цепную передачу 8.

Полуавтоматическая установка (рис. 28.9) предназначена для приготовления металлической дробы из жидкого чугуна.

Жидкий чугун, периодически заливаемый из разливочного ковша в каплеуловитель, расплывается в баке 6 на дробинки неправильной формы.

Цепной скребковый транспортер 5 непрерывно подает образующуюся в баке дробь в барабанное сушило 4. Высушенная дробь через воронку и пустотелую цапфу направляется в шаровую мельницу 3 для размолва. Размолотая дробь (металлический песок) цепным скребковым транспортером 2 подается в барабанное сито 1 для разделения на фракции.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЛИТЕЙНЫХ МАШИН

I. Расчет барабанного сита

Задание. Определить производительность, частоту вращения барабана и размеры ячеек сита (рис. П.1), предназначенного для просева отработанной смеси со средним размером частицы в готовом продукте $d_{\text{ч}} = 0,0012$ м.

Решение.

1. Средний диаметр барабана сита

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{1,3 + 1,04}{2} = 1,17 \text{ м}; R_6 = \frac{D_{\text{ср}}}{2} = 0,585 \text{ м}.$$

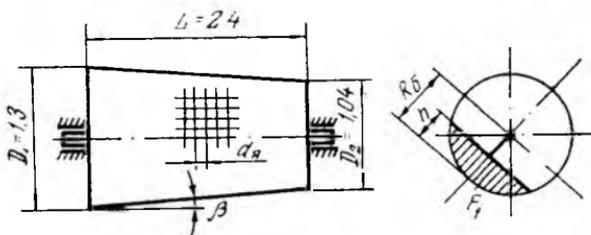


Рис. П.1. Схема барабанного сита

2. Частота вращения барабана по формуле (5.4)

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{R_6 \sin \varphi}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(45^\circ - 35^\circ)}{0,585 \sin 35^\circ}} = 0,36 \text{ с}^{-1}.$$

3. Осевая скорость движения материала вдоль сита

$$v_{\text{ос}} = 2\pi R_6 n \operatorname{tg} 2\beta = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,585 \cdot 0,36 \cdot 0,1084 = 0,146 \text{ м/с},$$

где $\operatorname{tg} \beta = \frac{D_1 - D_2}{2L} = \frac{1,3 - 1,04}{2 \cdot 2,4} = 0,0542.$

4. Производительность сита по формуле (5.5)

$$Q = v_{\text{ос}} F_1 \rho \Psi = 0,146 \cdot 0,0374 \cdot 1300 \cdot 0,95 \approx 7,0 \text{ кг/с},$$

где $F_1 = 1,9 \sqrt{R_6 h^3} = 1,9 \sqrt{R_6 (0,15 R_6)^3} = 1,9 \sqrt{0,585^4 \cdot 0,15^3} = 0,0374 \text{ м}^2,$

5. Определим размер ячеек сита.

Находим скорость движения частиц относительно полотна сита:

$$v_{\text{отн}} = \frac{v_{\text{ос}}}{\operatorname{tg} 2\beta} = \frac{0,146}{0,1084} = 1,34 \text{ м/с}.$$

Пользуясь формулой (5.3), находим

$$d_{я} = \frac{v_{огт}}{\sqrt{\frac{g}{d_{я}}}} + \frac{d_{я}}{2} = \frac{1,34}{\sqrt{\frac{9,81}{0,0012}}} + \frac{0,0012}{2} = 0,0155 \text{ м.}$$

Принимаем ячейку сита размером $d_{я} = 0,016 \text{ м}$.

II. Расчет смешивающих литейных бегунов с вертикально-вращающимися катками

Задание. Определить размеры основных элементов и частоту вращения катка и вертикального вала смешивающих бегунов (рис. П.2) производительностью $\Pi = 0,0032 \text{ м}^3/\text{с}$ ($12 \text{ м}^3/\text{ч}$), предназначенных для приготовления формовочной смеси. Необходимое время перемешивания $t_{пер} = 180 \text{ с}$.

Решение.

1. Находим размеры катков при условии, что высота слоев смеси $h_1 = 0,02 \text{ м}$ и $h_2 = 0,075 \text{ м}$ (см. формулу (6.1)):

а) диаметр катка (формула (6.2))

$$D_{к} \geq \frac{2h_{я}}{1 - \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 0,075}{1 - \cos 35^\circ} = 0,83 \text{ м.}$$

Принимаем $D_{к} = 0,9 \text{ м}$;

б) ширина катка выбирается из расчета, что сила тяжести катка и усилие нажима пружин на каток должны составлять $G_{к} + P_{наж} = 8 \text{ кН}$.

Тогда $b_{к} = \frac{G_{к} + P_{наж}}{q} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ м}$,

где q выбираем по табл., см. § 6.2.

2. Размеры чаши:

а) диаметр чаши (формулы (6.3) и (6.3а))

$$D_{ч} = 0,8 \sqrt{\frac{4V_{зам}}{\pi(h_1 + h_2)}} = 0,8 \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6}{3,14(0,02 + 0,075)}} \approx 2,2 \text{ м,}$$

где $V_{зам} = \Pi t_{пер} = 0,0032 \cdot 180 = 0,576 \text{ м}^3 \approx 0,6 \text{ м}^3$;

б) высота чаши для закрытого смесителя принимается $H_{ч} = 0,4 \text{ м}$.

3. Частота вращения катка (при скорости точек, лежащих на его образующей, $v_{к} = 1,4 - 2,2 \text{ м/с}$)

$$n_{к} = \frac{v_{к}}{\pi D_{к}} = \frac{1,55}{3,14 \cdot 0,9} = 0,55 \text{ с}^{-1}.$$

4. Частота вращения вертикального вала

$$n_{в} = n_{к} \frac{D_{к}}{D_{ср}} = 0,55 \frac{0,9}{1,05} = 0,47 \text{ с}^{-1},$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр окружности, по которой движется каток.

III. Расчет пневмотранспортной установки

Задание. Определить диаметр трубопровода и основные параметры вентилятора пневмотранспортной установки всасывающего типа (рис. П.3) для перемещения $2,22 \text{ кг/с}$ (8000 кг/ч) сухого песка (диаметр песчинки $d_{м} = 0,002 \text{ м}$) по трассе, имеющей протяженность горизонтального участка $l_{гор} = 30 \text{ м}$, вертикального $l_{верт} = 10 \text{ м}$ и общее количество поворотов ($\alpha = 90^\circ$) $n = 3$.

Решение.

1. Расход воздуха для перемещения материала по формуле (7.3)

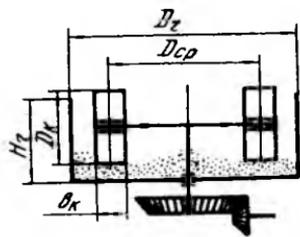


Рис. П.2. Схема смешивающих бегунов

$$V_B = \frac{Q}{\mu \rho_B} = \frac{2,22}{2,66 \cdot 1,2} \approx 0,7 \text{ м}^3/\text{с},$$

где Q — производительность установки по материалу, кг/с; μ — массовая концентрация (см. формулу (7.2)); ρ_B — плотность воздуха, кг/м³.

2. Скорость витания частиц материала по формуле (7.1)

$$v_{\text{внт}} = k \sqrt{\frac{\gamma_M}{\gamma_B} d_M} = 5,7 \sqrt{\frac{27000}{12} \cdot 0,002} \approx 12 \text{ м/с}.$$

3. Рабочая скорость воздуха

$$v_B = 1,88 v_{\text{внт}} = 1,88 \cdot 12 = 22,5 \text{ м/с}.$$

4. Диаметр трубопровода по формуле (7.4)

$$D = \sqrt{\frac{4V_B}{\pi v_B}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,7}{3,14 \cdot 22,5}} \approx 0,2 \text{ м}.$$

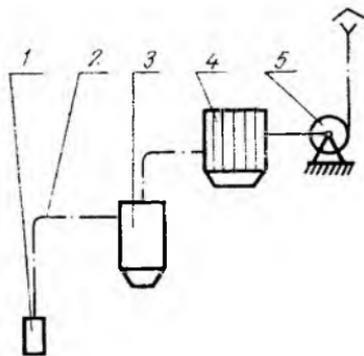


Рис. П.3. Схема пневмотранспортной установки:

1 — загрузочное устройство; 2 — трубопровод; 3 — циклон-разгрузитель; 4 — фильтр; 5 — вентилятор

5. Необходимый напор, создаваемый вентилятором, определяется как сумма его потерь при движении аэросмеси в элементах установки:

а) потери в загрузочном устройстве

$$h_{\text{загр}} = \xi_t \frac{\gamma_B v_B^2}{2g} = 1,5 \frac{12 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} = 465 \text{ Па};$$

б) потери в горизонтальном участке трубопровода

$$h_{\text{гор}} = \lambda \frac{l_{\text{гор}}}{D} \cdot \frac{\gamma_B v_B^2}{2g} (1 + K_{\text{гор}} \mu) = 0,02 \frac{30}{0,2} \cdot \frac{12 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} (1 + 1,15 \cdot 2,66) = 3770 \text{ Па};$$

в) потери в вертикальном участке трубопровода

$$h_{\text{верт}} = \lambda \frac{l_{\text{верт}}}{D} \cdot \frac{\gamma_B v_B^2}{2g} (1 + K_{\text{верт}} \mu) = 0,02 \frac{10}{0,2} \cdot \frac{12 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} (1 + 1,25 \cdot 2,66) = 1340 \text{ Па};$$

г) потери на поворотах трассы

$$h_{\text{пов}} = 0,76 (1 + 0,64\mu) \frac{\gamma_B v_B^2}{2g} n = 0,76 (1 + 0,64 \cdot 2,66) \frac{12 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} 3 = 1900 \text{ Па};$$

д) потери в циклоне

$$h_{\text{цикл}} = \xi_2 \frac{V_B V_B^2}{2g} = 2,5 \frac{12 \cdot 22,5^2}{2 \cdot 9,8} = 770 \text{ Па};$$

е) потери в фильтре $h_{\text{фильтр}} = 600 \text{ Н/м}^2$.

В этих расчетах ξ_1 и ξ_2 — коэффициенты местных сопротивлений; λ — коэффициент трения воздуха о трубу; $K_{\text{гор}}$ и $K_{\text{верт}}$ — постоянные коэффициенты. Полный напор, который должен создать вентилятор,

$$P_{\text{пол}} = \Sigma h = 465 + 3770 + 1340 + 1900 + 770 + 600 = 8845 \text{ Па}.$$

С учетом некоторого запаса принимаем $P_{\text{пол}} = 10 \text{ кПа}$.

6. Мощность на валу вентилятора по формуле (7.5)

$$N = \frac{V_B P_{\text{пол}}}{\eta_{\text{пер}} \eta_{\text{вент}}} = \frac{0,7 \cdot 10}{0,9 \cdot 0,8} = 9,7 \text{ кВт}.$$

IV. Расчет пневматической прессовой формовочной машины

Задание. Определить диаметр прессового поршня D , высоту наполнительной рамки h и расход свободного воздуха на одно прессование V_B пневматической прессовой формовочной машины (рис. П.4) для изготовления литейных форм в опоках площадью $F_0 = 0,5 \times 0,4 = 0,2 \text{ м}^2$ и высотой $H = 0,15 \text{ м}$. Необходимая степень уплотнения смеси $\delta = 1,66 \text{ г/см}^3$. Начальная плотность смеси $\delta_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$.

Решение.

1. Удельное давление прессования по формуле (11.2а)

$$p = \left(\frac{\delta - 1}{C} \right)^4 10^5 = \left(\frac{1,66 - 1}{0,5} \right)^4 10^5 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

2. Силу тяжести поднимаемых частей машины с полезной нагрузкой и силу трения принимаем по рекомендациям (см. гл. 11) $Q + R = 0,12 p F_0 = 0,12 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 = 7,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

3. Площадь и диаметр прессового поршня по формуле (11.3)

$$F = \frac{p F_0 + Q + R}{p_0} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 + 7,2 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^5} = 0,112 \text{ м}^2;$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,112}{3,14}} \approx 0,38 \text{ м}.$$

4. Высота наполнительной рамки по формуле (11.1)

$$h = \left(H - \frac{V_M}{F_0} \right) \left(\frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right) = \left(0,15 - \frac{0,0075}{0,2} \right) \left(\frac{1,66}{1,2} - 1 \right) = 0,043 \text{ м},$$

где $V_M = 0,25 F_0 H = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 0,15 = 0,0075 \text{ м}^3$.

5. Расход свободного воздуха на одно прессование по формуле (11.4)

$$V_B = F(s + s_0)(p_0 + 1) - F s_0 = 0,112(0,063 + 0,04) \cdot (6 + 1) - 0,112 \cdot 0,01 \cdot 0,076 \text{ м}^3.$$

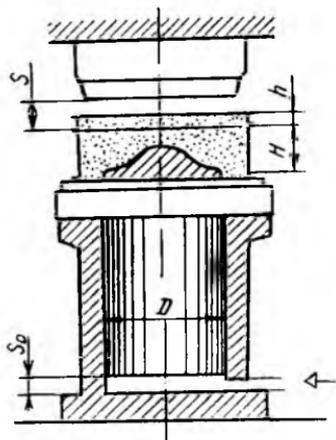


Рис. П.4. Схема прессовой формовочной машины

У. Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины

Задание. Определить основные конструктивные параметры встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха (рис. П.5), предназначенного для изготовления литейных форм в опоках с размером в свету $0,9 \times 0,6 \times 0,25$ м. Сила тяжести модельно-опочной оснастки и формовочной смеси $G_1 = 3,5$ кН, а поднимаемых частей машины $G_2 = 4,4$ кН.

Решение.

1. Общая грузоподъемность встряхивающего механизма

$$Q = G_1 + G_2 = 3,5 + 4,4 = 7,9 \text{ кН.}$$

2. Сила трения, возникающая при перемещении поршня,

$$R = 0,25 Q = 0,25 \cdot 7,9 = 1,95 \text{ кН.}$$

3. Площадь встряхивающего поршня

$$F = \frac{Q + R}{p_0 - 1} = \frac{7,9 + 1,95}{(5 - 1) 10^5 \cdot 10^{-3}} = 0,0246 \text{ м}^2,$$

где p_0 — давление воздуха в сети, атм (5 кгс/см²).

С учетом возможных протечек воздуха принимаем $F = 0,0255 \text{ м}^2$.

Диаметр встряхивающего поршня

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0255}{3,14}} = 0,18 \text{ м.}$$

4. Строим индикаторную диаграмму механизма (см. рис. 12.8). В точке 1 [формулы (12.1) и (12.2)]

$$p_1 = \frac{1 \cdot 10^5}{10^3} + \frac{Q + R}{F} = 10^2 + \frac{7,9 + 1,95}{0,0255} = 486 \text{ кПа;}$$

$$s_1 = s_0' = 1,0 \text{ с} = 0,065 \text{ м,}$$

где s_1 — высота подъема стола (ход поршня), принята 0,065 м.

В точке 2 [формулы (12.3) и (12.4)]

$$p_2 = p_1 + 10^2 = 486 + 100 = 586 \text{ кПа;}$$

$$s_2 = s_0 + s_e = 0,065 + 0,033 = 0,098 \text{ м,}$$

где $s_e = 0,5s_0$.

В точке 3 [формулы (12.5) и (12.6)]

$$p_3 = p_2 \left(\frac{s_0 + s_e}{s_0 + s_e + s_r} \right)^k = 586 \left(\frac{0,065 + 0,0325}{0,065 + 0,0325 + 0,007} \right)^{1,41} = 525 \text{ кПа;}$$

$$s_3 = s_0 + s_e + s_r = 0,065 + 0,0325 + 0,007 = 0,105 \text{ м,}$$

где $s_r = 0,2s_e$.

В точке 4 [формулы (12.7) и (12.8)]

$$p_4 = 10^2 + \frac{0,2 \cdot 10^5}{10^3} = 100 + 20 = 120 \text{ кПа;}$$

$$s_4 = s_0 + s_e + s_r + s_i = 0,065 + 0,065 = 0,130 \text{ м,}$$

где $s_e + s_r + s_i = s = 0,065 \text{ м.}$

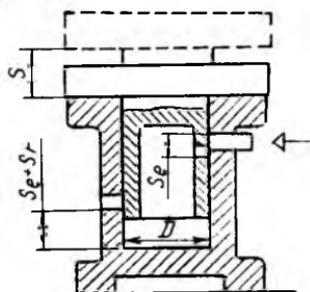


Рис. П.5. Схема встряхивающего механизма

В точке 5 [формулы (12.9) и (12.10)]

$$p_5 = 10^3 + \frac{0,15 \cdot 10^5}{10^3} = 100 + 15 = 115 \text{ кПа}; s_5 = s_3 = 0,105 \text{ м.}$$

В точке 6 [формулы (12.11) и (12.12)]

$$p_6 = p_5 \left(\frac{s_0 + s_e + s_r}{s_0 + s_e} \right)^k = 115 \left(\frac{0,065 + 0,0325 + 0,007}{0,065 + 0,0325} \right)^{1,141} = 129 \text{ кПа};$$

$$s_6 = s_2 = 0,098 \text{ м.}$$

5. Анализируем построенную индикаторную диаграмму:

а) удельная энергия удара e и удельная энергия отражения стола e' (см. § 12.3) определены на диаграмме:

$$e = F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}} = 11 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2;$$

$$e' = f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2;$$

$$\frac{e'}{e} = \frac{1,6 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3} 100 = 14,5\%;$$

б) расход свободного воздуха на один удар встряхивания по формуле (12.13)

$$V_n = F(s_0 + s_e + s_r)(p_3 - p_5) 10^{-2} =$$

$$= 0,0255(0,065 + 0,0325 + 0,007)(525 - 115) 10^{-2} = 0,011 \text{ м}^3;$$

в) производительность 1 м³ воздуха по формуле (12.14)

$$e_v = \frac{eF}{V_n} = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 0,0255}{0,011} = 255 \cdot 10^2 \text{ Дж/м}^3.$$

Приведенный расчет является одним из вариантов индикаторной диаграммы. Изменяя величины s , s_0 , s_e , F , следует построить несколько вариантов диаграмм и после их анализа выбрать тот, при котором показатель e_v будет наибольшим.

VI. Расчет пескострельной стержневой машины

Задание. Определить основные конструктивные параметры пескострельной стержневой машины (рис. П.6), предназначенной для изготовления стержней массой $m_{\text{ст}} = 40$ кг в ящиках с поперечным сечением в свету $F_{\text{шт}} = 0,8 \times 0,6$ м.

Решение.

1. Размеры пескострельного резервуара:

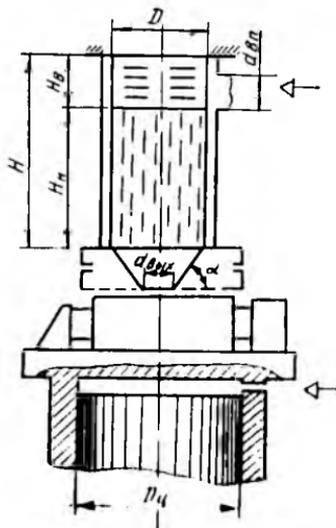


Рис. П.6. Схема пескострельной стержневой машины

а) диаметр гильзы по формуле (13.1)

$$D = 0,09 \sqrt[3]{m_{ст}} = 0,09 \sqrt[3]{40} = 0,308 \text{ м};$$

б) высота гильзы по формулам (13.2) и (13.3)

$$H_n = 1,65 D = 1,65 \cdot 0,308 = 0,509 \text{ м};$$

$$H_n = 0,5 D = 0,5 \cdot 0,308 = 0,154 \text{ м};$$

$$H = H_n + H_n = 0,509 + 0,154 = 0,663 \text{ м};$$

в) площадь проходного сечения впускного клапана по формуле (13.4)

$$F_{вп} = \frac{\pi d_{вп}^2}{4} = \frac{\pi (0,3D)^2}{4} = \frac{3,14 (0,3 \cdot 0,308)^2}{4} = 0,0066 \text{ м}^2;$$

г) площадь выходного сечения насадка по формуле (13.5)

$$F_{вых} = \frac{\pi d_{вых}^2}{4} = \frac{\pi (0,3D)^2}{4} = \frac{3,14 (0,3 \cdot 0,308)^2}{4} = 0,0066 \text{ м}^2;$$

д) суммарная площадь сечения вентиляционных отверстий по формуле (13.6)

$$F_{вспт} = 0,6 F_{вп} = 0,6 \cdot 0,0066 = 0,004 \text{ м}^2.$$

2. Требуемое усилие прижима стержневого ящика к пескострельному резервуару по формуле (13.7)

$$P_{пр} = 0,6 F_{пл} p_0 + Q - R = [0,6 \cdot 0,48 \cdot 6 \cdot 10^5 + 6 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot 10^3] 10^{-3} = 177,3 \text{ кН},$$

где $Q = 6 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $R = 0,25 Q = 0,25 \cdot 6 \cdot 10^3 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

3. Диаметр поршня механизма прижима

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4P_{пр}}{\pi p_0}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 177,3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^5}} \approx 0,62 \text{ м}.$$

Полученный диаметр цилиндра слишком велик и по энергетическим и конструктивным соображениям неприемлем.

В механизм прижима должен быть встроен пневмогидравлический усилитель по типу приведенного на рис. 11.9, либо использован гидропривод с более высоким давлением рабочей жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аксенов Н. П., Аксенов П. Н.* Оборудование литейных цехов.— М.: Машииз, 1950. Т. II.—534 с.
2. *Аксенов П. Н.* Некоторые вопросы теории машин литейного производства.— М.: Машигиз, 1962.— 232 с.
3. *Аксенов П. П.* Оборудование литейных цехов.— М.: Машиностроение, 1977.— 510 с.
4. *Алферов К. В.* Бункера, затворы и питатели.— М.: Машигиз, 1946.
5. *Артоболевский И. И.* Теория машин автоматического действия.— М.: Наука, 1970.— 179 с.
6. *Баладин Г. Ф., Беликов О. А.* Состояние и перспективы развития автоматических формовочных линий.— Литейное машиностроение, 1970, вып. 2, 3, с. 1—3.
7. *Беликов О. А., Каширцев Л. П.* Приводы литейных машин.— М.: Машиностроение, 1971.— 311 с.
8. *Геллер Р. Л.* Методика расчета мощности привода метательной головки пескомета.— Литейное производство, 1963, № 6, с. 21—24.
9. *Горский А. И., Геллер Р. Л., Ликумович Л. Ф.* Расчеты машины литейного производства.— М.: Машиностроение, 1966.— 402 с.
10. *Горский А. И.* Расчет машины и механизмов автоматических линий литейного производства.— М.: Машиностроение, 1978.— 551 с.
11. *Зайгеров Н. Б.* Регенерация отработанных смесей в литейном производстве.— М.: Машигиз, 1961.— 182 с.
12. *Зайгеров Н. Б.* Машини и автоматизация литейного производства.— Минск: Вышэйшая школа, 1969.— 496 с.
13. *Матвеевко Н. В., Тарский В. Л.* Оборудование литейных цехов.— М.: Машиностроение, 1976.— 440 с.
14. *Орлов Г. М.* Автоматизированные устиповки для выбивки литейных форм.— М.: Машигиз, 1961.— 131 с.
15. *Орлов Г. М.* Напряженное состояние литейной формы при прессовании.— Литейное производство, 1971, № 4, с. 31—35.
16. *Ракогон В. Г.* Исследование уплотнения старжевой смеси пескодуванием способом.— Литейное производство, 1958, № 4, с. 15—19.
17. *Санков И. И.* Механизация и автоматизация абразивной обработки отливок.— М.: Машиностроение, 1964.— 208 с.
18. *Шаумян Г. А.* Комплексная автоматизация производственных процессов.— М.: Машиностроение, 1973.— 630 с.
19. *Шестопал В. М.* Проектирование литейных цехов и выводов. М. Машиностроение, 1974.— 294 с.
20. *Шморгуя Я. Ш., Харитонович В. И.* Регенерация отработанных смесей.— Литейное производство, 1972, № 11, с. 6—7.
21. *Штольцель К.* Технологические процессы литейного производства. М. Машиностроение, 1975.— 255 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Раздел первый. Общие сведения	
Глава 1. <i>Современная НТР и вопросы совершенствования техники литейного производства</i>	6
1.1. Некоторые проблемы развития	6
1.2. Основные технологические циклы в литейном производстве	7
1.3. Комплексная автоматизация литейного производства	8
Глава 2. <i>Технологические основы проектирования высокопроизводительных машин-автоматов</i>	9
2.1. Технологический процесс	9
2.2. Организационная структура рабочих процессов и агрегатирование машин	10
2.3. Классификация рабочих машин	12
2.4. Порядок проектирования	13
2.5. Индексация литейных машин	15
Глава 3. <i>Механизированные и автоматизированные поточные линии</i>	16
3.1. Принципы организационного построения поточных линий	16
3.2. Структура автоматизированных поточных линий и надежность их действия	17
3.3. Организация технического обслуживания поточных линий	20
3.4. Управление автоматизированными поточными линиями	21
Глава 4. <i>Программные манипуляторы в литейном производстве</i>	22
4.1. Типы и функциональные схемы манипуляторов	22
4.2. Устройство манипуляторов	24
4.3. Транспортные манипуляторы	25
4.4. Области использования программных манипуляторов в литейном производстве	27
Раздел второй. Машины и оборудование для подготовки формовочных материалов и приготовления смесей	
Глава 5. <i>Оборудование для подготовки составляющих формовочной смеси</i>	28
5.1. Структура технологического цикла смесеприготовления	28
5.2. Оборудование для складирования формовочных материалов	29
5.3. Оборудование для подготовки свежих формовочных материалов	33
5.4. Оборудование для подготовки оборотной формовочной смеси	44

Глава 6. <i>Машины для приготовления формовочных смесей</i>	54
6.1. Общие сведения о литейных смесителях	54
6.2. Смешивающие литейные бегуны	57
6.3. Центробежные смешивающие бегуны	60
6.4. Лопастные смесители	64
6.5. Другие типы смесителей	69
6.6. Литейные разрыхлители формовочных смесей	70
Глава 7. <i>Транспортное оборудование смесеприготовительных систем</i>	72
7.1. Организация транспортно-технологических потоков	72
7.2. Машины и устройства непрерывного транспорта	74
7.3. Бункерные установки	88
7.4. Затворы, дозаторы, питатели	92
Глава 8. <i>Автоматизация смесеприготовительных систем</i>	99
8.1. Автоматизация распределения смесей по бункерам	99
8.2. Устройства для автоматической стабилизации свойств формовочных смесей	100
8.3. Компоновка смесеприготовительных установок	104
8.4. Управление транспортно-технологическим комплексом оборудования для приготовления формовочных смесей	106
Глава 9. <i>Условия безопасной эксплуатации оборудования транспортно-технологического комплекса смесеприготовления</i>	107
9.1. Требования безопасности к технологическому оборудованию	107
9.2. Условия безопасной эксплуатации подъемно-транспортных устройств	108
Раздел третий. Машины и оборудование для изготовления форм и стержней	
Глава 10. <i>Общие сведения</i>	110
10.1. Условия и методы уплотнения формовочной смеси	110
10.2. Структура технологического цикла изготовления литейных форм	112
10.3. Классификация формовочных литейных машин	114
Глава 11. <i>Прессовые формовочные литейные машины</i>	115
11.1. Особенности уплотнения литейных форм прессованием	115
11.2. Классификация прессующих механизмов и элементов прессовых машин	121
11.3. Конструктивные схемы и основы расчета прессовых формовочных машин	122
11.4. Автоматический клапан давления	134
Глава 12. <i>Встряхивающие формовочные литейные машины</i>	135
12.1. Особенности уплотнения форм встряхиванием	135
12.2. Классификация встряхивающих механизмов	137
12.3. Основы расчета встряхивающих механизмов	141
12.4. Конструктивные схемы встряхивающих литейных формовочных машин	145
12.5. Стабилизация плотности набивки форм	161
12.6. Фундаменты формовочных машин	162

Глава 13. <i>Пескодувные формовочные литейные машины</i>	164
13.1. Уплотнение формовочных и стержневых смесей пескодувным методом	164
13.2. Классификация пескодувных формовочных литейных машин	168
13.3. Конструктивные схемы пескодувных формовочных литейных машин	170
13.4. Пескодувно-прессовые формовочные машины	187
Глава 14. <i>Пескометы</i>	191
14.1. Уплотнение смеси пескометным методом	191
14.2. Классификация и маркировка пескометов	196
14.3. Конструктивные схемы пескометов	197
14.4. Автоматизация пескометов	203
Глава 15. <i>Поточные линии изготовления форм и стержней</i>	204
15.1. Классификация поточных формовочно-литейных линий	204
15.2. Состав автоматизированных формовочно-литейных линий	207
15.3. Выбор типа формовочного автомата	207
15.4. Опoki, кантователи, манипуляторы	209
15.5. Формовочно-литейные конвейеры	211
15.6. Автоматизированные линии изготовления литейных форм	217
15.7. Автоматизированные стержневые линии	225
Глава 16. <i>Требования безопасности к оборудованию для изготовления форм и стержней</i>	226
16.1. Требования безопасности к формовочным машинам	226
16.2. Требования безопасности к стержневым машинам	227
16.3. Требования безопасности к пескометам	228
Раздел четвертый. Машины и оборудование плавно-заливочного комплекса	
Глава 17. <i>Оборудование складов шихты и плавильных отделений</i>	229
17.1. Структура технологического цикла подготовки шихтовых материалов	229
17.2. Организация и оборудование складов шихты чугунолитейных цехов	230
17.3. Оборудование складов шихты сталелитейных цехов	237
17.4. Оборудование плавильных отделений	239
Глава 18. <i>Подъемно-транспортное оборудование складов шихты и плавильных отделений</i>	243
18.1. Подъемные электромагниты	243
18.2. Металлургические краны	244
18.3. Бадьевые и скиповые подъемники	245
18.4. Подвесные рельсовые пути	248
18.5. Электротали и монорельсовые тележки	250
18.6. Напольный безрельсовый транспорт	252
Глава 19. <i>Устройства для заливки форм металлом</i>	253
19.1. Устройства для погружения форм	253
19.2. Движущиеся заливочные тротуары	255
19.3. Автоматизация процесса заливки форм на литейных конвейерах	255

Глава 20. Требования безопасности к оборудованию складов шихты и плавильных отделений	261
20.1. Условия безопасной эксплуатации подъемно-транспортного оборудования	261
20.2. Условия безопасной эксплуатации технологического оборудования	261
Раздел пятый. Машины и оборудование для выбивки и очистки литья	
Глава 21. Устройства для выбивки форм и стержней	263
21.1. Структура транспортно-технологического потока выбивки и обработки отливок	263
21.2. Способы выбивки форм и конструктивные схемы выбивных устройств	264
21.3. Основы расчета выбивных рам и решеток	269
21.4. Устройства для автоматизированной выбивки форм	272
21.5. Устройства для выбивки стержней из отливок	276
Глава 22. Машины и оборудование для очистки отливок	283
22.1. Устройства для отделения элементов литейных систем	283
22.2. Оборудование для очистки поверхности отливок	286
22.3. Основы расчета импеллерных дробеметных аппаратов	292
22.4. Дробеметные установки и точечные линии очистки отливок	296
22.5. Устройства для очистки отливок специальными методами	299
22.6. Станки и инструмент для обрубки и зачистки литья	302
22.7. Автоматические станки и линии для абразивной зачистки отливок	306
Глава 23. Окрасочно-сушильное оборудование	310
23.1. Устройства для окраски отливок	310
23.2. Устройства для сушки отливок	313
Глава 24. Транспортное оборудование участков выбивки и очистки отливок	315
24.1. Пластинчатые конвейеры	315
24.2. Вибрационные транспортирующие устройства	317
24.3. Подвесные цепные конвейеры	322
Глава 25. Требования безопасности к оборудованию для выбивки форм и очистки отливок	325
25.1. Требования безопасности к оборудованию для выбивки форм и стержней	325
25.2. Требования безопасности к установкам для очистки и зачистки отливок	326
Раздел шестой. Оборудование для очистки и утилизации «выбросов» литейного производства	
Глава 26. Общие сведения	327
26.1. Проблемы «выбросов» и улучшения санитарно-гигиенических условий труда в литейных цехах	327
26.2. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе	328
26.3. Интенсивность вредных «выбросов» и их характеристика	329

Глава 27. Пылеудаляющие установки	330
27.1. Способы очистки воздуха от пыли и классификация пылеулавливающих аппаратов	330
27.2. Аппараты для очистки воздуха от пылевых частиц	331
27.3. Системы очистки пылегазовых «выбросов» плавильных агрегатов	341
27.4. Методы и устройства для обезвреживания газовых «выбросов»	344
Глава 28. Устройства для утилизации «выбросов» литейного производства	345
28.1. Общие положения	345
28.2. Устройства для регенерации отработанных формовочных и стержневых смесей	345
28.3. Устройства для грануляции ваграночного шлака	353
28.4. Устройства для утилизации отходов жидкого металла	354
Приложение. Примеры расчета литейных машин	356
Литература	363

