

В.А.ОЗЕРОВ,
А.С.МУРКИНА,
М.Н.СОСНЕНКО

ОСНОВЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА



**В.А.ОЗЕРОВ,
А.С.МУРКИНА,
М.Н.СОСНЕНКО**

ОСНОВЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому
образованию
в качестве учебника
для средних
профессионально-технических
училищ



Москва · Высшая школа · 1987

ББК 34.61
О-46
УДК 621.74

Рецензенты: д-р техн. наук Г. Л. Ходоровский
(НИАТ), д-р техн. наук А. А. Неуструев (МАТИ)

Озеров В. А. и др.
О-46 Основы литейного производства: Учеб. для сред.
ПТУ / В. А. Озеров, А. С. Муркина, М. Н. Сосненко. — М.: Высш. шк. 1987. — 304 с.; ил.

Описана современная технология изготовления форм и стержней; освещены вопросы приготовления литейных сплавов и производства фасонных отливок; приведены основные сведения о применяемых формовочных и шихтовых материалах, оборудовании и приспособлениях; рассмотрены вопросы комплексной механизации и автоматизации в литейных цехах.

О $\frac{2704020000-215}{052(01)-87}$ 10-87

ББК 34.61
6П4.1

© Издательство «Высшая школа», 1987

ВВЕДЕНИЕ

Литье — один из древнейших способов обработки металлов, заключающийся в заливке их расплавов в специально приготовленные формы, внутренняя полость которых соответствует конфигурации подлежащей изготовлению отливки.

Мастерством литья хорошо владели скифы, населявшие около 2,5 тысяч лет тому назад Приднепровье и Приазовье. Отлитые ими с большим искусством золотые и бронзовые украшения хранятся во многих музеях нашей страны.

Широкое развитие литье получило в древней Руси. Мастерство русских литейщиков XIV—XVII в., особенно в изготовлении колоколов и пушек, считалось непревзойденным. До настоящего времени вызывают изумление украшающие Московский Кремль «Царь-пушка» массой 38,4 т, отлитая Андреем Чоховым в 1586 г., и крупнейший в мире «Царь-колокол» массой около 200 т, изготовленный выдающимся мастером-литейщиком XVIII в. Иваном Моториным (1735).

Замечательными образцами монументального искусства являются отлитые в России памятники, например «Медный всадник» — памятник Петру Первому, установленный на площади Декабристов в Ленинграде, или памятник Минину и Пожарскому на Красной площади в Москве.

В середине XVIII в. основы науки о металлах были заложены великим русским ученым М. В. Ломоносовым. Дальнейшее развитие эта наука получила в трудах основоположника металловедения и термообработки стали, крупнейшего специалиста в области теории металлургических процессов Д. К. Чернова (1839—1921). Неоценим также вклад в науку о металлах металлургов А. С. Лаврова и Н. В. Калакуцкого, изучивших причины образования в отливках ликвации, газовых раковин, внутренних напряжений, впервые разработавших в на-

шей стране технологию получения высококачественных стальных отливок промышленного назначения.

С началом развития машиностроения (около 100 лет тому назад) начинает создаваться обслуживающее его литейное производство, появляются оснащенные специальным оборудованием литейные цехи. Уже в 1930—1935 гг. на заводах крупносерийного и массового производства (автомобильных, тракторных и др.) появляются комплексно-механизированные цехи с литейными конвейерами.

Развитие литейной базы всех отраслей машиностроения нашей страны в предвоенные годы обеспечило в период Великой Отечественной войны выпуск необходимого количества отливок для самолетов, танков, пушек, боеприпасов.

В настоящее время СССР занимает первое место в мире по изготовлению отливок, производя их свыше 25 млн. т в год, что составляет около $\frac{1}{3}$ мирового выпуска.

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание развитию и совершенствованию литейного производства. Значительно возрос выпуск литейных машин и автоматических линий, для изготовления которых созданы «Амурлитмаш», «Сиблитмаш», Тираспольский, Павлоградский и другие заводы литейного машиностроения. В различных промышленных районах страны построены и работают «Центролиты» — специализированные заводы для производства отливок, представляющие собой крупные комплексно-механизированные предприятия.

Несмотря на развитие и совершенствование других способов изготовления заготовок промышленных деталей, напримерковки, штамповки, производство отливок возрастает, а номенклатура их расширяется, в том числе в новейших областях техники: авиа- и ракетостроении, электронном машиностроении и приборостроении.

Это определяется большими возможностями литья. Еще в I в. до нашей эры римский поэт и философ Тит Лукреций Кар писал в поэме «О природе вещей»: «...металлам, расплавленным жаром, может дана быть фигура и форма какая угодно». Действительно, литьем можно получить практически любые по сложности конфигурации изделия, в том числе детали машин массой от нескольких граммов до сотен тонн, часто невыполнимые другими способами обработки металлов. Следует

отметить, что изготовление деталей литьем является наиболее экономичным процессом, позволяющим получать их с наименьшими затратами рабочего времени, металла, электроэнергии и топлива. Применяемые в настоящее время способы литья повышенной точности обеспечивают получение отливок с минимальными припусками на механическую обработку, а в ряде случаев — готовых деталей без обработки их резанием. Всемерное расширение производства таких отливок является важным направлением в осуществлении решений XXVII съезда КПСС о внедрении в народное хозяйство технологий, позволяющих многократно повысить производительность труда, поднять эффективность использования ресурсов и снизить энерго- и материалоемкость производства.

В настоящее время отливки широко используют не только в машиностроении и приборостроении, но и при изготовлении отдельных частей строительных конструкций, доменных печей и других металлургических агрегатов, судов, деталей бытового оборудования, сантехники, художественных и ювелирных изделий.

Для современного состояния литейного производства характерны комплексная механизация и автоматизация технологических операций, а также использование разнообразнейших процессов литья: в разовые песчаные и многократные металлические формы, под давлением, центробежным способом, выжиманием, вакуумным всасыванием, с направленной кристаллизацией и т. д.

Советские ученые внесли большой вклад в теорию литейных процессов — литейную теплофизику и гидравлику, в теорию кристаллизации сплавов и формирования отливок, создали научные основы ряда специальных способов литья, проектирования литейных машин и механизмов.

Так, в Советском Союзе создана первая в мире типовая комплексно-автоматизированная линия производства стальных отливок по выплавляемым моделям и организовано централизованное производство оборудования для нее, не только широко используемого на крупнейших заводах массового производства автомобилей и тракторов (ГАЗ, КамАЗ, ЗИЛ, МТЗ, ВТЗ и др.), но и поставляемого в страны СЭВ, а также в некоторые капиталистические и развивающиеся страны.

В связи с важной ролью литейного производства в народном хозяйстве нашей страны непрерывно развивается и совершенствуется система подготовки квалифи-

цированных рабочих различных литейных профессий, перечень которых весьма широк. Он включает формовщиков, стерженьщиков, наладчиков формовочных и стержневых машин, модельщиков по деревянным и металлическим моделям, кокильщиков, литейщиков на машинах литья под давлением, по выплавляемым моделям, плавильщиков и другие специальности.

Для подготовки рабочих по каждой из литейных профессий созданы учебники и учебные пособия. В настоящей книге изложены основы литейной технологии, подлежащие изучению представителями всех литейных специальностей, что позволяет исключить дублирование таких сведений в каждом из учебников по конкретным профессиям.

Введение, гл. 1, 11 написаны В. А. Озеровым, гл. 4 и 5 — совместно В. А. Озеровым и А. С. Муркиной, гл. 3, 8 и 10 — А. С. Муркиной, гл. 2, 6, 7, 9, 12—М. Н. Сосненко.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

1.1. ОСОБЕННОСТИ И РАЗНОВИДНОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

В литейном производстве роль основного инструмента для изготовления отливок выполняет литейная форма. Она представляет собой систему элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

Для подвода расплава в рабочую полость формы используют литниковую систему, состоящую из каналов и элементов литейной формы, обеспечивающих ее заполнение, а также питание отливок при затвердевании.

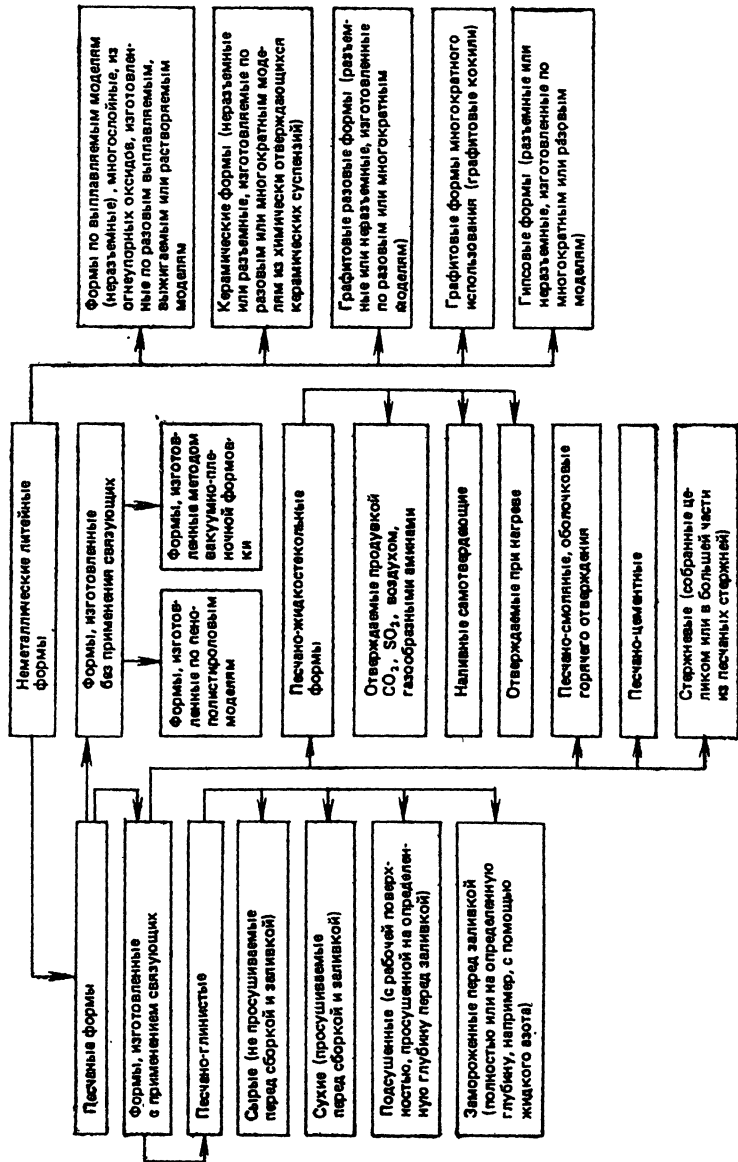
Применяют и такие способы литья, при которых литниковая система отсутствует, например центробежное литье труб (см. гл. 11).

Литейные формы изготавливают как из неметаллических материалов (песчано-глинистых смесей и др.), так и из металлов. В табл. 1.1 и 1.2 приведены основные разновидности современных литейных форм, однако и они не отражают полностью их многообразия. Так, только для одного вида неметаллических форм — неразъемных оболочковых, получаемых по выплавляемым моделям, можно назвать свыше 10 разновидностей, существенно различающихся составом, структурой, способами изготовления и назначением.

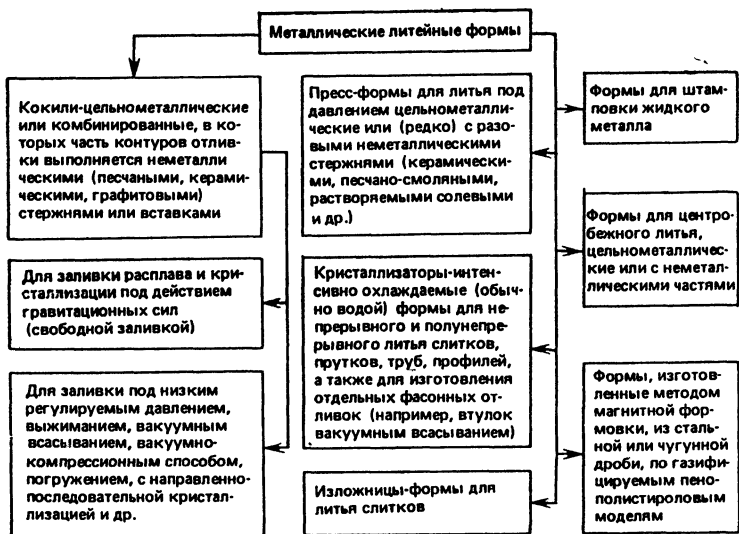
Многообразие современных литейных форм (при правильном выборе их разновидности для каждого конкретного случая) открывает возможность экономично, в соответствии с требованиями к качеству, изготавливать различные по массе, конфигурации, точности и свойствам металла отливки практически из любых сплавов.

Наиболее распространены в мировой практике литейного производства изготовленные из различных составов и различными способами песчаные формы, предна-

1.1. Разновидности неметаллических литейных форм



1.2. Разновидности металлических литейных форм



значенные для заливки под действием гравитационных сил свободно падающей струей расплава. В нашей стране в песчаных формах изготавливают около 80% всех отливок, как мелких и средних по массе, так и наиболее крупных, многотонных. На рис. 1.1 показан отлитый из стали в песчаной форме ахтерштевень — крупная деталь морского судна. Масса отливки около 24 т, высота свыше 10 м.

Распространенность способа литья в песчаные формы связана с его дешевизной, применимостью для изготовления отливок из различных сплавов — легких и тяжелых, цветных, чугунов и сталей, а также со сравнительно невысокими затратами на оснастку и приспособления. Следует отметить также, что процесс литья в песчаные формы непрерывно совершенствуется, в нем широко используют дости-

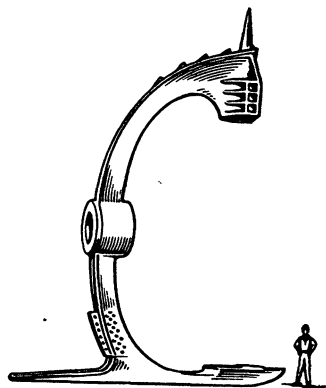


Рис. 1.1. Крупная стальная отливка — ахтерштевень морского судна, изготовленная в песчаной форме

жения химии и других смежных отраслей техники, средства механизации и автоматизации производственных операций, чем обеспечивается повышение качества отливок и технико-экономических показателей производства.

Изготовление отливок в разовых песчаных формах наряду со многими достоинствами обладает и рядом недостатков. Для получения каждой отливки необходимо выполнить ряд трудоемких даже в условиях механизированного производства операций: приготовить формовочные и стержневые смеси, изготовить формы и стержни, собрать их и подготовить к заливке, выдержать отливки в медленно охлаждающейся песчаной форме, выбить их и очистить от формовочной и стержневой смеси, переработать бывшие в употреблении смеси для их повторного использования. При заливке песчаных форм расплавом и охлаждении в них отливок происходят процессы испарения влаги и выгорания связующих, при формовке и выбивке отливок неизбежно образование пыли, что вызывает необходимость соблюдения специальных мер по технике безопасности и охране окружающей среды.

К недостаткам песчаных форм относится их значительная подверженность силовому, тепловому и химическому воздействию заливаемого расплава, нередко приводящая к снижению размерной точности отливок и образованию на их поверхности трудноудаляемой корки пригара, состоящей из приварившегося формовочного материала и продуктов его взаимодействия с расплавом. Применение усовершенствованных процессов изготовления песчаных форм, например с использованием химически твердеющих смесей, вакуумно-пленочной формовки, литья по газифицируемым моделям, обеспечивающих повышение размерной точности отливок, в сочетании с окраской рабочих поверхностей форм и стержней противопригарными составами, позволяет значительно повысить качество отливок.

Специальные способы литья (см. гл. 11), развивающиеся в последние годы более высокими темпами, чем литье в песчано-глинистые формы, значительно расширяют области рационального использования литых заготовок, так как позволяют получать отливки сложной конфигурации с высокой размерной точностью (до 8—16-го классов точности СТ СЭВ 144—75) и малой шероховатостью поверхности ($Rz\ 40 - Ra\ 1,25\ \mu\text{м}$). Ряд специ-

альных способов литья (под давлением, по выплавляемым моделям, выжиманием и др.) предназначен для получения точных тонкостенных отливок с толщиной стенок от 1—2 мм и даже менее, что недостижимо при свободной заливке песчаных форм.

Используют специальные способы литья и для получения деталей с особыми свойствами, например с повышенной плотностью и прочностью металла (литье с противодавлением, жидкая штамповка и др.), с направленной и монокристаллической структурой, с высокими магнитными свойствами (литье постоянных магнитов, в керамические формы). Как правило, при использовании специальных способов литья улучшаются условия труда рабочих.

Следует отметить, что области рационального использования каждого специального способа литья ограничены. Это связано обычно с высокой стоимостью технологической оснастки, например металлических прессформ для литья под давлением; необходимостью использования дорогостоящих материалов для изготовления форм, например этилсиликатного связующего, а также электрокорунда, муллита, циркона и других высокоогнеупорных материалов при литье по выплавляемым моделям, фенолоформальдегидных смол и обогащенных кварцевых песков при литье в оболочковые формы. Для многих специальных способов литья требуется сложное дорогостоящее оборудование, а сам технологический процесс получения отливки длителен (литье с направленной кристаллизацией жаропрочных сплавов, центробежное литье в вакууме титановых сплавов и др.).

Таким образом, перспективы развития литейного производства связаны с совершенствованием технологии литья как в песчаные формы, так и специальных способов получения отливок в металлических, керамических, графитовых и других формах с внедрением малоотходных и безлюдных автоматизированных технологических процессов на основе широкого использования АСУТП, ЭВМ и микропроцессорной техники.

В настоящее время получили распространение и эффективно используются для изготовления ряда деталей, преимущественно специального назначения, способы заливки форм, позволяющие получить отливки с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами (например, высокой прочностью, пластичностью металла, герметичностью). В большинстве случаев эти

методы не являются универсальными и используются для получения отливок ограниченной номенклатуры из определенной группы сплавов. К таким методам относятся жидкая штамповка, литье-штамповка («автофорд-процесс»), литье вакуумным всасыванием и вакуумно-компрессионное литье, заливка погружением форм в расплав, литье в гипсовые формы, непрерывное и полунепрерывное литье, электрошлаковое литье, литье с направленно-последовательной кристаллизацией и выжи-манием, литье в замороженные формы.

Многообразие литейных процессов и используемых в них литейных форм, когда к качеству отливок и экономичности способов их получения предъявляют весьма высокие требования, является вполне оправданным. Оно определяет универсальность литейной технологии, недостижимую при использовании других процессов получения деталей машин и приборов, возможность применения процессов литья для решения многих сложных задач, возникающих при создании современной техники. Однако, чтобы эффективно использовать литейную технологию, необходимо знать особенности, возможности, достоинства и недостатки ее многообразных технических средств, уметь выбрать среди них наиболее рациональный вариант технологического процесса для получения каждой конкретной литой детали.

1.2. ПОНЯТИЕ О ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ

Общая схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах представлена на рис. 1.2. В связи с небольшой программой выпуска представленной на рис. 1.4,2 чугушной отливки и целесообразностью применения ручной формовки изготавливают разъемную деревянную модель (рис. 1.3,а) и стержневой ящик (рис. 1.3,б), а также модели элементов литниковой системы (рис. 1.3,в). По нижней 2 и верхней 1 половинам модели уплотнением песчано-глинистой смеси в металлических опоках 1 и 2 изготавливают нижнюю (рис. 1.4,а), а затем верхнюю (рис. 1.4,б) части литейной формы. В них со стороны торцевой поверхности, противоположной плоскости разъема, накалывают вентиляционные каналы 3 для удаления из полости формы образующихся при заливке паров и газов. Для получения каналов элементов литниковой системы используют

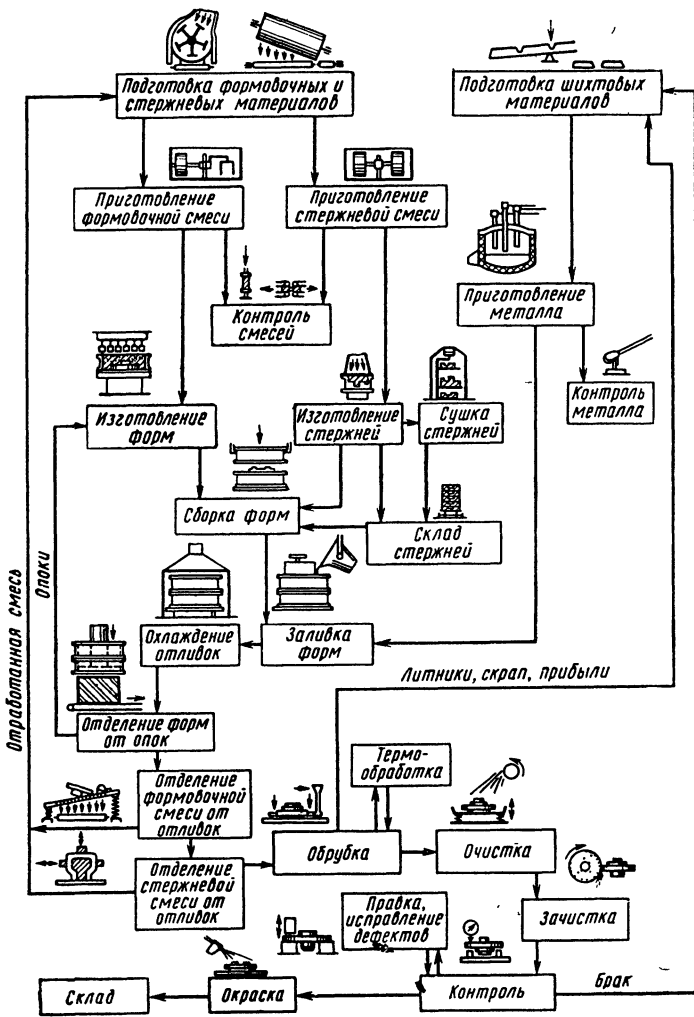


Рис. 1.2. Общая схема технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах

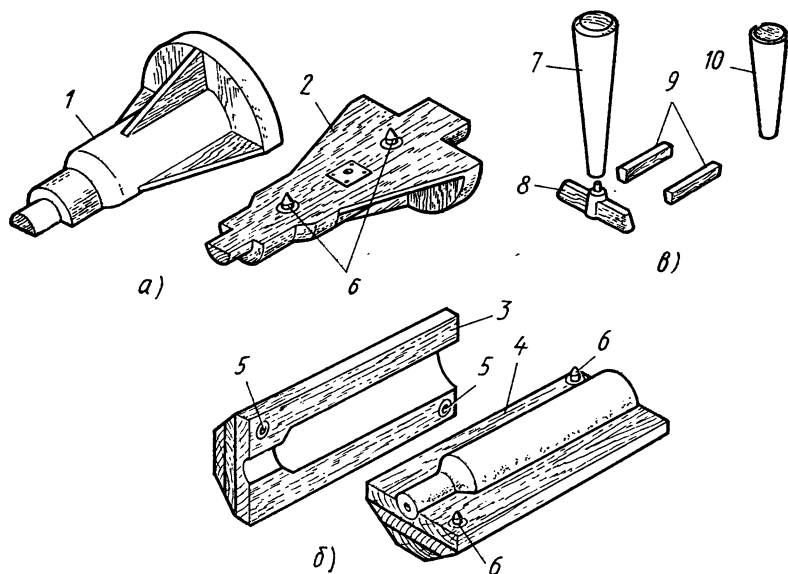
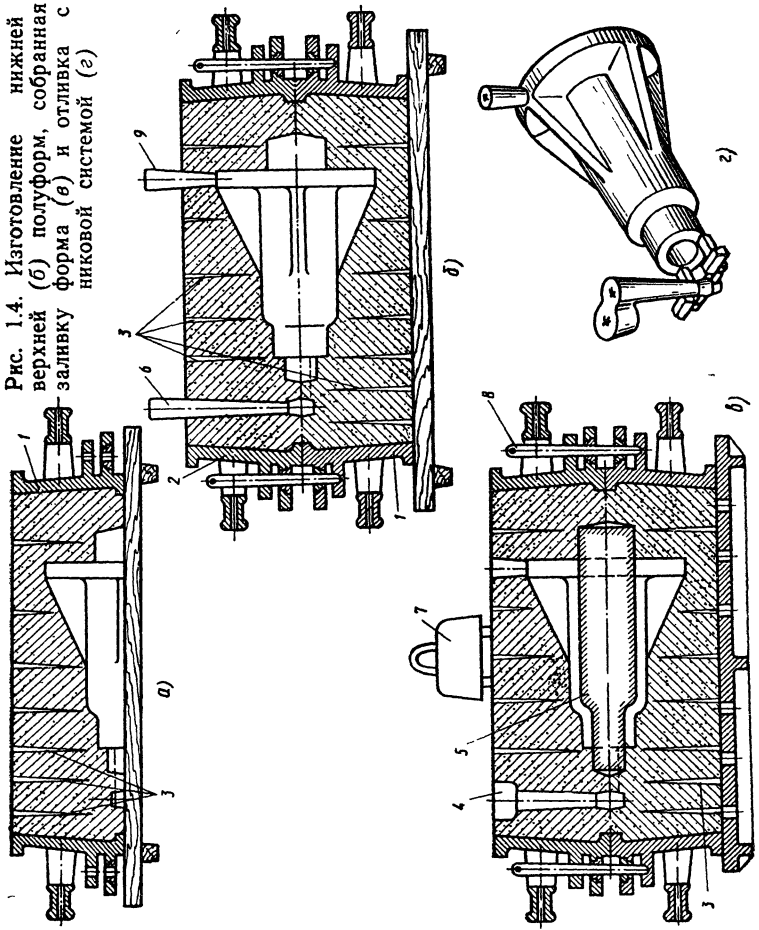


Рис. 1.3. Разъемная модель (а), стержневой ящик со стержнем (б) и модели элементов литниковой системы (в)

модели 7—10 (рис. 1.3,в) либо прорезают каналы этих элементов вручную (в рассматриваемой схеме так выполнена литниковая чаша 4 после извлечения стояка 6, рис. 1.4,в). Готовые полуформы разъединяют, из них извлекают модели, полученные полости осматривают, а при необходимости отделяют и исправляют специальным инструментом. Затем в нижнюю часть формы прокладывают заранее изготовленный в стержневом ящике (см. рис. 1.3,б) стержень 5 (рис. 1.4,в), выполняющий в отливке отверстие, после чего по центрирующим штырям 8 устанавливают верхнюю часть формы.

Стержень изготовляют из специальной песчаной смеси, в разъемном стержневом ящике, состоящем из половин 3 и 4 (рис. 1.3,б), которые соединяют по втулкам 5 и дюбелям 6. Для повышения прочности, газопроницаемости и снижения газотворности стержней их обычно просушивают или отверждают химически. Подготовленная к заливке форма показана на рис. 1.4,в. Во избежание подъема верхней части формы расплавом при заливке опоки скрепляют либо на форму устанавливают груз 7. После заливки расплава, затвердевания его и

Рис. 1.4. Изготовление нижней (а),
 верхней (б) полуформ, собранная под
 заливку форма (в) и отливка с лит-
 никовой системой (г)



охлаждения отливки песчаную форму разрушают, а отливку выбивают из нее вместе с литниковой системой (рис. 1.4,з). Далее следуют операции отделения литниковой системы, обрубки, очистки, термической обработки и контроля отливки, после чего она поступает на механическую обработку (см. рис. 1.2).

Операции изготовления форм, заливки их, выбивки и очистки отливок в большинстве современных литейных цехов механизированы, а во многих случаях, особенно при массовом характере производства, — полностью автоматизированы.

1.3. ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Разновидности литниковых систем. Литниковой системой называют совокупность каналов и элементов литейной формы, служащих для подвода расплавленного металла в рабочую полость формы, обеспечения благоприятных условий ее заполнения, а также питания отливки при затвердевании.

На рис. 1.5 изображена песчаная форма с литниковой системой, включающей наиболее часто используемые в ней элементы: литниковую чашу 1, стояк 2, фильтровальную сетку 3, металлоприемник 4, литниковый ход (коллектор) 5, питатели 6, выпор 7, прибыль 8.

Литниковая чаша или воронка являются резервуарами, служащими для приема металла из разливочного устройства и подачи его через стояк и другие элементы литниковой системы в рабочую полость формы.

В литниковой чаше (рис. 1.6,а) струя расплава падает сначала в полость *М*, в результате чего снижается напор металла и создаются условия для частичного отделения шлаковых включений. На рис. 1.6,б представлена литниковая воронка, обычно имеющая форму усеченного конуса, расширяющегося вверх, что облегчает при заливке попадание в нее струи металла. При изготовлении средних по массе и крупных отливок литниковые чаши часто выполняют в отдельных надставках, как показано на рис. 1.7. Чаша, изображенная на рис. 1.7,а, имеет перегородку 2, обеспечивающую лучшее задержание шлака; чаша, показанная на рис. 1.7,б, обеспечивает лучшее всплывание и задержание шлака приданием расплаву центростремительного вращения; особенностью мерной чаши (рис. 1.7,в) является то, что объем ее соответству-

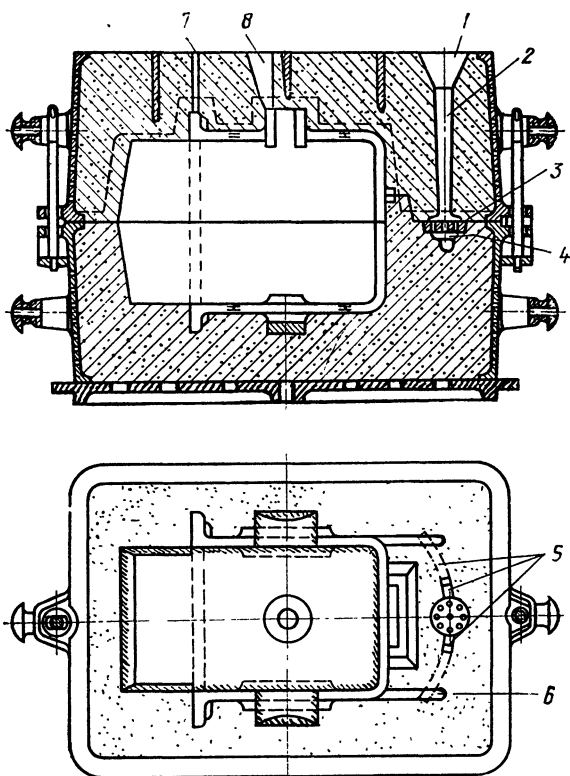


Рис. 1.5. Песчаная форма с литниковой системой для отливки детали. Корпус из серого чугуна

ет металлоемкости литейной формы. Перед заливкой расплава в чашу выходное отверстие ее перекрывают пробкой, что позволяет накопить в чаше нужное для заполнения формы количество расплава, выдержать его для всплывания шлака и, подняв пробку, обеспечить спокойную заливку формы.

Стойка представляет собой вертикальный (реже наклонный) прямой или изогнутый канал, служащий для подачи расплава из литниковой чаши (или воронки) к другим элементам литниковой системы: металлоприемнику, литниковому ходу (коллектору), шлакоуловителям, питателям (рис. 1.8). Реже стойка подводится непосредственно в рабочую полость формы (см. рис. 1.15,а).

~~Наиболее распространены стойки конической формы,~~

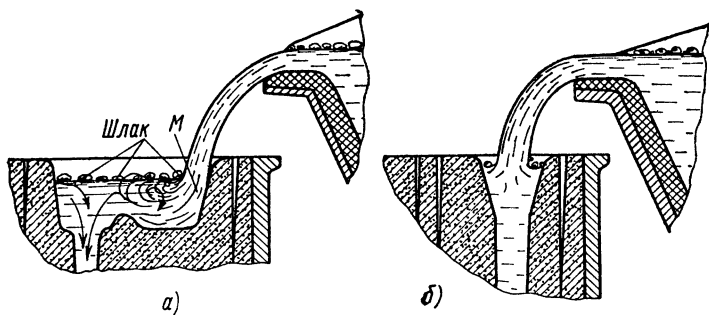


Рис. 1.6. Заливка металла в литниковую чашу (а) и воронку (б)

сужающиеся книзу. Применяют стояки и цилиндрической формы, а также с овальным и прямоугольным поперечными сечениями. При литье цветных сплавов (алюминиевых, магниевых), легко окисляющихся в распла-

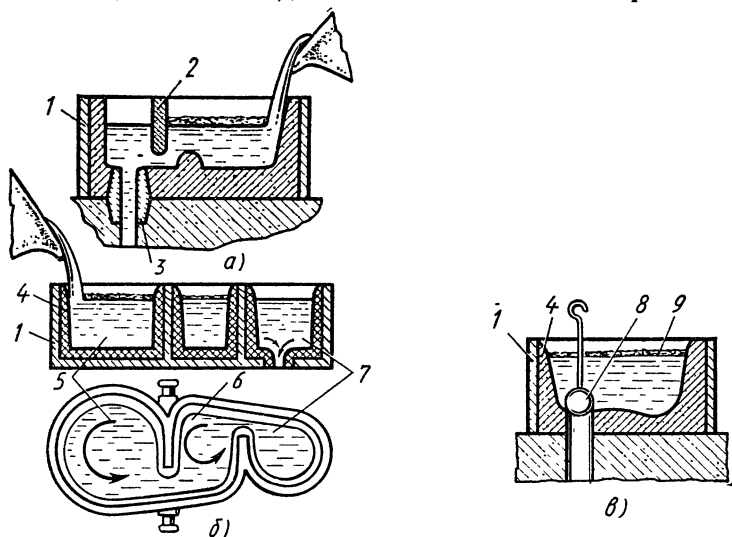


Рис. 1.7. Разновидности литниковых чаш:

а — литниковая чаша, выполненная в отдельной надставке с перегородкой для задержания шлака и втулкой, оформляющей выходное отверстие литниковой чаши, б — трехсекционная литниковая чаша для крупных форм с отделением шлака под действием центробежной силы, в — мерная литниковая чаша с пробкой; 1 — металлический кожух надставки, 2 — перегородка из стержневой смеси, 3 — стержневая втулка, 4 — облицовка из огнеупорного материала, 5, 6, 7 — последовательно заполняемые расплавом камеры литниковой чаши, 8 — пробка, закрывающая выходное отверстие, 9 — слой всплывшего шлака

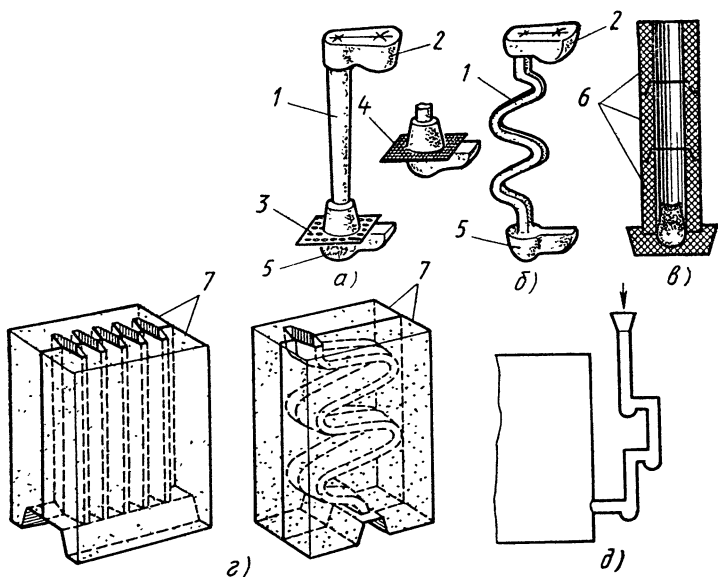


Рис. 1.8. Разновидности стояков:

а — с прямым коническим стояком и фильтрующими устройствами, *б* — со змеевидным стояком, *в* — цилиндрический стояк для изготовления крупной стальной отливки, выполненный в наборных втулках из огнеупорного материала, *г* — щелевидные стояки прямой и змеевидный, выполненные в составных песчаных стержнях, для литья легких цветных сплавов, *д* — ступенчатый стояк, применение которого позволяет уменьшить скорость движения расплава и предупредить разрывы формы; 1 — стояк, 2 — литниковая чаша, 3 — металлическая сетка (используется преимущественно при литье алюминиевых и магнитных сплавов), 4 — сетка из жаростойкой стеклоткани для фильтрации расплава, 5 — металлоприемник (зумпф), 6 — огнеупорные трубки, 7 — соединяемые (обычно склеиваемые) части стержня

ленном состоянии, применяют в целях снижения скорости движения расплава, уменьшения опасности перемешивания его с воздухом змеевидные и щелевые стояки. При литье крупных деталей стояки выполняют часто ступенчатыми.

Металлоприемник, называемый также зумпфом, выполняется в конце стояка в виде полусферы и служит для смягчения удара падающей струи расплава, уменьшения разбрызгивания его, плавного изменения направления движения потока.

Литниковый ход, называемый также коллектором, непосредственно примыкает к нижней части стояка или к металлоприемнику и выполняется обычно в виде горизонтально расположенного канала либо системы ка-

налов, служащих для распределения металла в плоскости разъема формы. Обычно через литниковый ход расплав подводится непосредственно к питателям, он часто выполняет роль шлакоуловителя. Некоторые разновидности литниковых ходов приведены на рис. 1.5; 1.9, а, г.

Шлакоуловители служат для задержания шлака и других неметаллических включений, могущих оказаться в расплаве, например оксидных плен, частиц формовочного материала и огнеупорной облицовки (футеровки) ковша.

Улавливание шлака может происходить и в коллекторе, если он быстро заполняется металлом и имеет достаточную протяженность, чтобы частицы шлака успели всплыть в верхнюю часть его до попадания в питатель. Это наиболее вероятно при малых скоростях движения расплава в коллекторе, в случае литья тяжелых сплавов (чугуна, стали, латуней и бронз), когда значительно более легкие неметаллические включения быстро всплывают. При литье легких сплавов (алюминиевых, магниевых) это обычно не происходит и коллектор выполняет только роль канала, подводящего расплав к питателям в горизонтальной плоскости. Поэтому для надежного задержания шлаков и других неметаллических включений при изготовлении отливок из любых литейных сплавов в литниковой системе выполняют различные специальные шлакоулавливающие устройства, некоторые конструкции которых показаны на рис. 1.9. Ранее были показаны устройства, способствующие задержанию шлаков в литниковой чаше (см. рис. 1.7) и в конце стояка, перед литниковым ходом (см. рис. 1.5; 1.8, а).

Литниковые дроссели — местные сужения в литниковой системе в виде вертикальных щелевидных каналов, используются для регулирования скорости движения расплава и заполнения формы (рис. 1.10).

Питатели — каналы, служащие для непосредственного подвода металла в рабочую полость формы. Обычно питатели представляют собой прямые каналы трапецевидного сечения и располагаются между литниковым ходом или шлакоуловителем и отливкой. Наиболее характерно расположение питателей под литниковым ходом (рис. 1.11) или в нижней части его (см. рис. 1.15, б), что затрудняет попадание шлака в полость формы. Применяют также питатели специальной конструкции: рожковые, вертикально-щелевые (рис. 1.12) и др.

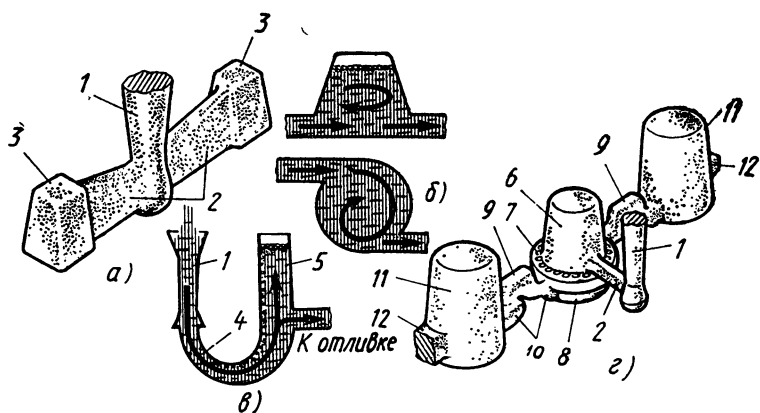


Рис. 1.9. Шлакоуловители в литниковых системах различной конструкции:

a — литниковая система с шлакоулавливающими бобышками, *б* — схема центробежного шлакоуловителя, *в* — схема шлакоуловителя с рожковым литниковым ходом и шлаковыпором, *г* — двусторонняя литниковая система с фильтрующей сеткой, шлакоуловителями и закрытыми отводными прибылями (питающими бобышками); 1 — стояк, 2 — литниковый ход (коллектор), 3 — шлакоулавливающие бобышки, 4 — рожковый литниковый ход, 5 — шлаковыпор, 6 — надсеточный шлакоуловитель, 7 — фильтрующая сетка из стержневой смеси, 8 — подсеточный металлоприемник, 9 — промежуточный шлакоуловитель, 10 — литниковые ходы, 11 — закрытые отводные прибыли (питающие бобышки), 12 — питатели

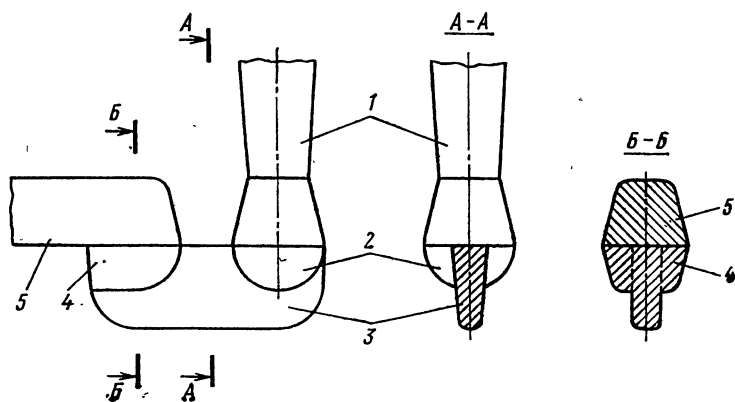


Рис. 1.10. Литниковая система с дросселем:

1 — стояк, 2 — металлоприемник, 3 — дроссель, 4 — расширяющаяся часть дросселя, 5 — литниковый ход, ведущий к питателям

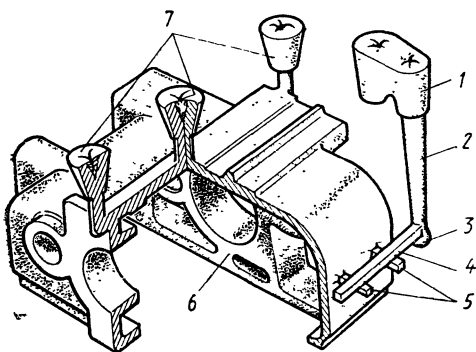


Рис. 1.11. Литниковая система с подводом металла в среднюю часть отливки, сбоку:

1 — литниковая чаша, 2 — стояк, 3 — металлоприемник (зумпф), 4 — литниковый ход (коллектор), 5 — питатели, 6 — отливка, 7 — выпоры-прибыли

Рис. 1.12. Подвод металла через вертикально-щелевую литниковую систему:

1 — литниковая чаша, 2 — змеевидный стояк, 3 — фильтрующая сетка, 4 — металлоприемник, 5 — литниковый ход, 6 — обратный стояк (колодец), 7 — вертикальный щелевой питатель, 8 — прибыли, 9 — отливка

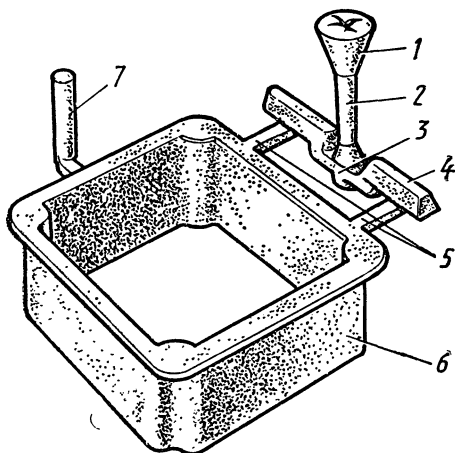
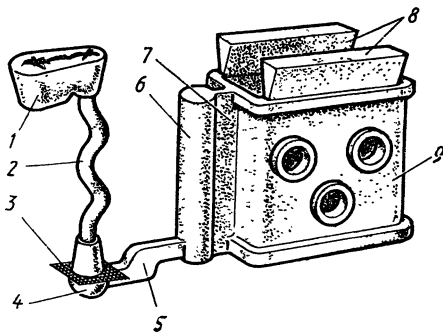


Рис. 1.13. Верхняя литниковая система с отводным (боковым) выпором:

1 — литниковая воронка, 2 — стояк, 3 — металлоприемник, 4 — коллектор, 5 — питатели, 6 — отливка, 7 — отводной (боковой) выпор

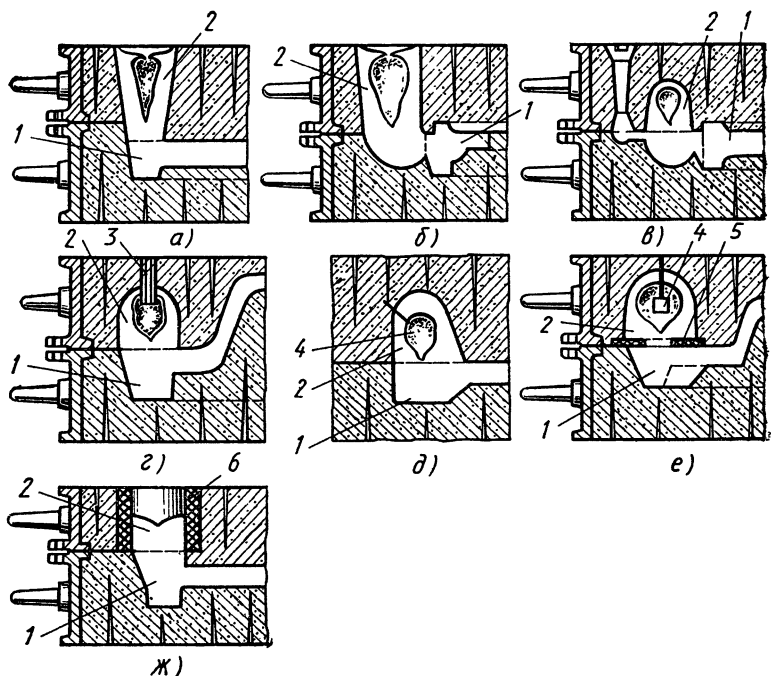


Рис. 1.14. Разновидности приливей:

а — открытая верхняя, *б* — открытая боковая (отводная), *в* — закрытая боковая (питающая бобышка), *г* — закрытая полусферическая приливей с атмосферным давлением, *д* — закрытая приливей с газовым давлением, *е* — закрытая легкоотделяемая приливей с газовым давлением, *ж* — обогреваемая верхняя открытая приливей; 1 — массивная (питаемая) часть отливки, 2 — приливей, 3 — песчаный стержень с каналом для подвода атмосферного давления в среднюю часть приливей, 4 — керамический патрон с зарядом газотворного вещества (например, мела), 5 — керамическая или стержневая разделительная пластина между приливейю и массивной частью отливки, б — песчаная втулка с терморреактивной смесью (экзотермической), оформляющая приливей и обеспечивающая подогрев в ней металла

Выпоры — элементы литниковой системы для вывода воздуха и газов из полости формы и контроля заполнения ее расплавленным металлом. В ряде случаев выпоры служат и для питания отливки металлом при ее затвердевании, т. е. выполняют роль приливей (см. рис. 1.11). В соответствии с назначением выпоры представляют собой открытые сверху вертикальные или наклонные каналы обычно круглого, овального или прямоугольного сечения, устанавливаемые над наиболее возвышенными и удаленными от места подвода металла частями формы либо примыкающими к ним сбоку (см. рис. 1.5; 1.13).

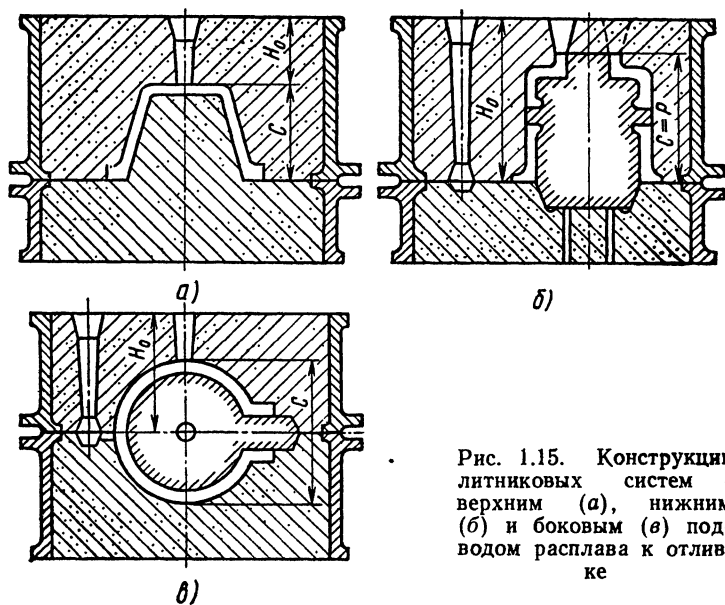


Рис. 1.15. Конструкции литниковых систем с верхним (а), нижним (б) и боковым (в) подводом расплава к отливке

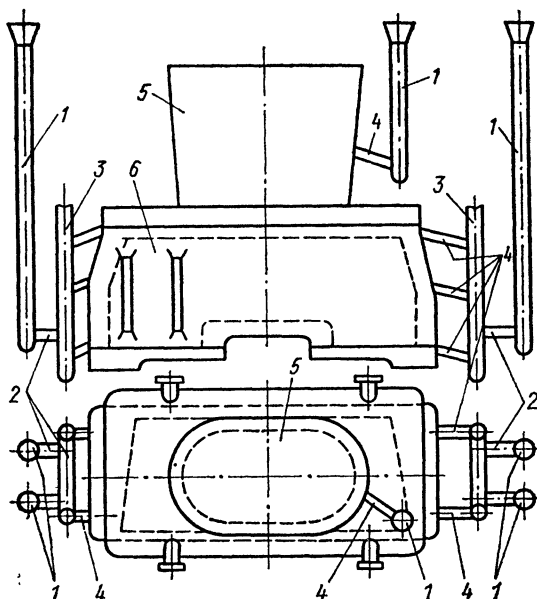
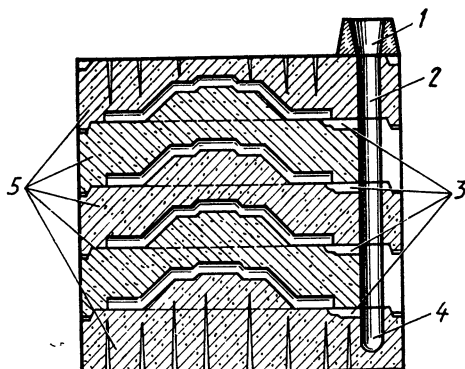


Рис. 1.16. Схема конструкции ярусной литниковой системы для отливки крупной стальной детали (шабота):

1 — стойк, 2 — литниковый ход, 3 — промежуточный стойк, 4 — питатели, 5 — прибыль, 6 — отливка

Рис. 1.17. Ярусный подвод металла в стопочных формах:

1 — литниковая воронка, 2 — стояк, 3 — питатели, 4 — металлоприемник, 5 — стопочные безопочные формы



Прибыли представляют собой открытые или закрытые полости в форме, примыкающие к наиболее массивным частям отливки и служащие для питания (см. рис. 1.5; 1.11; 1.12; 1.14) отливок в период затвердевания с целью предупреждения образования усадочных раковин и рыхлот.

Прибыли классифицируют по расположению их относительно отливки на верхние и боковые, или отводные; по конструкции — открытые и закрытые, по форме — конические, цилиндрические, полусферические, шаровид-

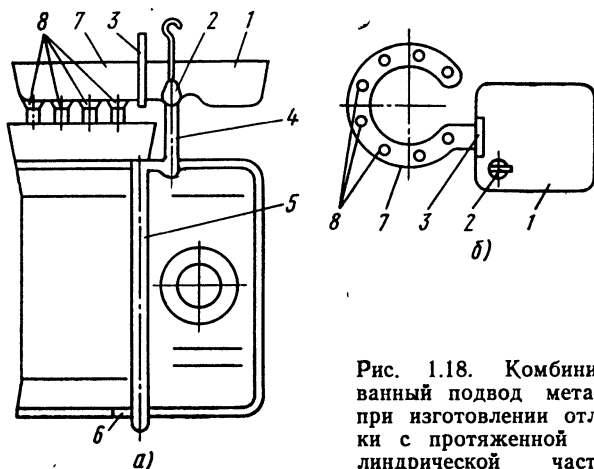


Рис. 1.18. Комбинированный подвод металла при изготовлении отливки с протяженной цилиндрической частью:

а — общий вид, б — вид сверху; 1 — литниковая чаша, 2 — пробка, 3 — заслонка, 4, 5 — стояки, 6 — питатель, 7 — кольцевой коллектор для рассредоточенного подвода расплава сверху через дождевые питатели 8

ные, в виде бобышек и др.; по условиям работы — с атмосферным давлением, со сверхатмосферным газовым давлением, утепленные, обогреваемые экзотермическими вставками; по методу отделения от отливок — отрезные и легкоотделяемые отбивные или скалываемые. Расположение, устройство и размеры прибыли должны быть такими, чтобы запас жидкого металла в ней был достаточным для компенсации усадки в питаемой части отливки и затвердевание расплава в ней заканчивалось после затвердевания питаемого узла, а усадочные дефекты (раковины, пористость) полностью находились в прибыли, не переходя в отливку. Одновременно стремятся к тому, чтобы при выполнении указанных условий расход металла на прибыль был минимальным (определяют расчетом).

Различают литниковые системы с питателями, расположенными в горизонтальной и вертикальной плоскостях разема формы. По способу подвода расплава в рабочую полость формы литниковые системы делят на ряд разновидностей: верхнюю, нижнюю (сифонную), боковую (рис. 1.15, *а, б, в*), ярусную (рис. 1.16 и 1.17), вертикально-щелевую (см. рис. 1.12) и комбинированную (рис. 1.18). Тип литниковой системы выбирают с учетом свойств литейного сплава, конфигурации и размеров отливки, расположения ее в форме и других факторов.

Верхняя литниковая система (см. рис. 1.13; 1.15, *а*) имеет ряд достоинств: расход металла на нее невелик, конструкция ее обычно проста и легко выполняется при изготовлении форм; подача расплава сверху обеспечивает благоприятное распределение температуры в залитой форме (повышение ее от нижней части отливки к верхней), а следовательно, и благоприятные условия для направленной кристаллизации и питания отливки. Однако падающая сверху струя металла может размывать песчаную форму, вызывая засоры в отливке, при этом расплав разбрызгивается, возникает опасность его окисления и замешивания воздуха в поток с образованием оксидных включений. При верхней литниковой системе затрудняется улавливание шлака.

Применяют верхнюю литниковую систему для невысоких (в положении заливки) отливок небольшой массы и несложной формы, изготавливаемых из сплавов, не склонных к сильному окислению в расплавленном состоянии, например чугунов, углеродистых конструкционных сталей, латуней.

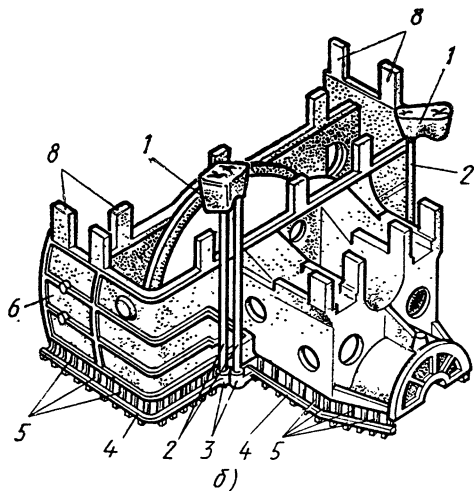
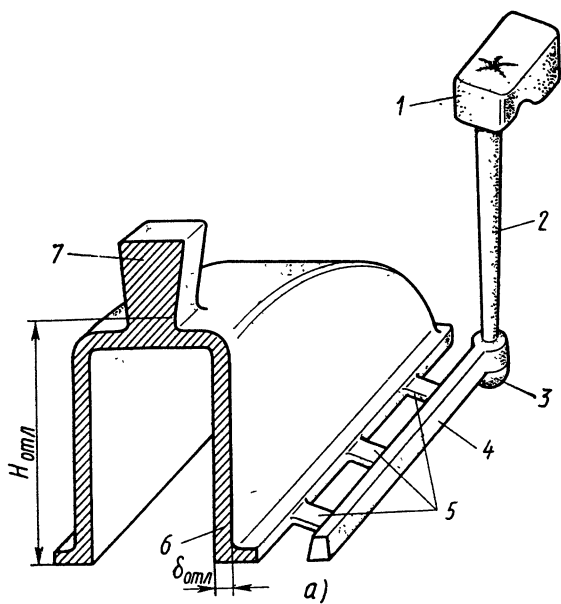


Рис. 1.19. Литниковые системы с нижним (сифонным) подтоком расплава к отливке:

a — через несколько питателей при изготовлении корпусной отливки из алюминиевого сплава, *б* — через три стояка с помощью разветвленной системы питателей при изготовлении крупной тонкостенной отливки из чугуна (корпуса турбины): 1 — литниковая чаша, 2 — стояк, 3 — зумпф, 4 — литниковый ход (коллектор), 5 — питатели, 6 — отливка, 7 — прибыль, 8 — выпоры

Нижняя литниковая система (рис. 1.15,б; 1.19) широко используемая для литья сплавов, легко окисляющихся и насыщающихся газами, например алюминиевых, обеспечивает спокойный подвод расплава к рабочей полости формы и постепенное заполнение ее поступающим снизу, без открытой падающей струи (под уровень потока) жидким металлом. Однако при подводе расплава снизу усложняется конструкция литниковой системы, увеличивается расход металла на нее, создается неблагоприятное распределение температур в заливочной форме ввиду сильного разогрева ее нижней части. Кроме того, в нижней части отливки оказывается наиболее горячий расплав, вследствие чего могут образовываться усадочные дефекты и внутренние напряжения в отливках. При нижнем подводе металла ухудшается заполняемость формы под действием статического напора, так как по мере подъема уровня расплава в форме этот напор падает, а текучесть непрерывно охлаждающегося в процессе продвижения по форме расплава уменьшается за счет увеличения его вязкости. Поэтому при использовании нижней литниковой системы ограничена возможность получения высоких тонкостенных отливок. Так, установлено, что при литье алюминиевых сплавов песчаная форма не заполняется металлом при нижней литниковой системе, если отношение высоты отливки к толщине ее стенки $H_{отл}/\delta_{отл} \geq 60$ (рис. 1.19, а). Таким образом, если толщина стенки отливки 4 мм, то уже при высоте ее 240 мм возникает опасность недолива (незаполнения расплавом всей полости формы).

Нижний рассредоточенный подвод металла через большое количество питателей используют часто при изготовлении сложных по форме, крупных отливок из чугуна, подобных детали паровой турбины, показанной на рис. 1.19, б.

Боковую литниковую систему (см. рис. 1.11; 1.15,в) с подводом металла в среднюю часть отливки (по разъему формы) применяют весьма широко при получении отливок из различных сплавов, особенно в случае машинной формовки в парных опоках малых и средних по массе деталей, плоскость симметрии которых совпадает с плоскостью разъема формы. Являясь промежуточной между верхней и нижней, боковая литниковая система сочетает в себе как некоторые их достоинства, так и недостатки.

Ярусную литниковую систему, которая обеспечивает подачу расплава через несколько питателей, расположенных на разных уровнях по высоте формы, используют обычно при получении крупных отливок большой массы (см. рис. 1.16). Ярусный подвод расплава способствует лучшему заполнению полости формы, благоприятному распределению температур в отливке и подводу наиболее горячего металла в верхнюю часть ее и прибыли. В результате улучшаются условия питания отливки в процессе затвердевания, уменьшается опасность возникновения в ней значительных перепадов температуры и внутренних напряжений. Ярусный подвод применяют также при стопочной формовке, когда для заливки собирается несколько форм с общим стояком (см. рис. 1.17). К недостаткам ярусных литниковых систем относят в ряде случаев сложность их конструкций, трудоемкость отделения от отливок, повышенный расход металла.

Вертикально-щелевая литниковая система (см. рис. 1.12) работает подобно ярусной, ее часто используют при литье цветных сплавов, особенно при изготовлении из алюминиевых сплавов высоких корпусных деталей. Расплав подводится через вертикальный щелевой питатель, постепенно заполняемый снизу вверх, как и сама рабочая полость формы. При этом совмещаются достоинства нижнего подвода расплава в начальной стадии заливки с последующей подачей его в среднюю, а затем в верхнюю часть формы. В результате не только значительно улучшается заполняемость форм и появляется возможность изготовления высокопрочных тонкостенных отливок, но и обеспечивается благоприятное распределение в них температур. Недостаток этой литниковой системы — большой расход на нее металла и трудоемкость работ по ее отделению от отливки.

В ряде случаев используют комбинированный подвод расплава. Так, при заливке в вертикальном положении протяженных цилиндрических чугунных деталей рационально использовать верхний рассредоточенный подвод расплава через кольцевой коллектор 7 и дождевые питатели 8 (см. рис. 1.18). Однако ввиду большой высоты падения расплава появляется опасность разбрызгивания его в начале заливки и размыва нижней части формы. Поэтому литниковая система устроена так, что вначале расплав заливают в мерную чашу 1

при закрытых выпускном отверстии пробкой 2 и хода в кольцевой коллектор 7 заслонкой 3. После заполнения чаши открывают пробку 2. Жидкий металл через стояки и питатель подается в нижнюю часть формы и уже после образования «подушки» из расплава открывают заслонку 3, происходит заполнение коллектора 7 и заливка формы через дождевые питатели 8 сверху.

Место подвода металла к отливке выбирают с учетом как ее конструкции (конфигурации, размеров, толщины стенок), так и литейных свойств сплава: текучести при температуре заливки; усадки в процессе охлаждения, при затвердевании и в твердом состоянии; температурного интервала кристаллизации; склонности к образованию внутренних напряжений. С учетом этих факторов стремятся обеспечить либо одновременное равномерное охлаждение всех частей отливки, либо направленное затвердевание ее от наиболее тонких частей к массивным с питанием последних прибылями.

Одновременное, равномерное охлаждение и затвердевание всех частей отливки можно обеспечить рассредоточенным подводом расплава в наиболее тонкие ее части. Такой подвод используют обычно при литье сравнительно равностенных, не имеющих значительных массивных узлов, преимущественно плоских деталей (плит, крышек, рам и др.), из сплавов с небольшой усадкой, например из серого чугуна. При этом уменьшается опасность возникновения в отливках внутренних напряжений, следовательно, их коробления и растрескивания, а также снижается расход металла на прибыли. Если отливка имеет толстостенные части, массивные узлы, а изготавлиется из сплава со значительной усадкой (сталей, высокопрочных и ковких чугунов, алюминиевых сплавов и специальных бронз), рассредоточенный подвод металла через тонкие стенки не обеспечит получения качественной отливки, без усадочных раковин и пор. В этом случае расплав подводят в наиболее массивные части отливки, устанавливая здесь прибыли, которые будут заполняться в конце заливки наиболее горячим металлом. Таким образом обеспечивается направленная кристаллизация: от наиболее удаленных от места подвода расплава тонких частей отливки, заполняющихся наиболее охлажденным металлом, к ее массивным частям, питаемым прибылями. Однако при таком методе подвода возникает опасность образования в отливке значительных внутренних напряжений из-за неравно-

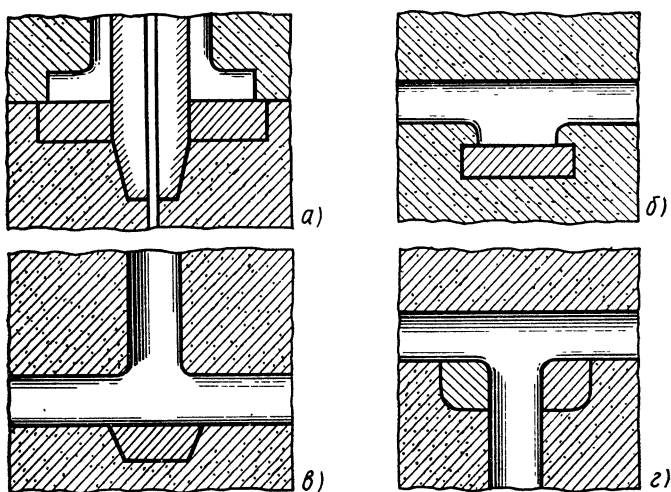


Рис. 1.20. Примеры применения внешних холодильников: *а* — охлаждение массивного фланца плоским кольцевым холодильником, *б* — охлаждение бобышки плоским дисковым холодильником, *в* — охлаждение узла в месте сочленения стенок отливки плоским (пластинчатым) холодильником, *г* — охлаждение Т-образного узла двумя фасонными холодильниками

мерного охлаждения ее, а также незаполнения расплавом тонких частей, в которые он поступает наиболее охлажденным. Поэтому при литье крупных деталей переменного сечения с массивными частями, например стальных лопастей турбин, корпусов, шаботов массой

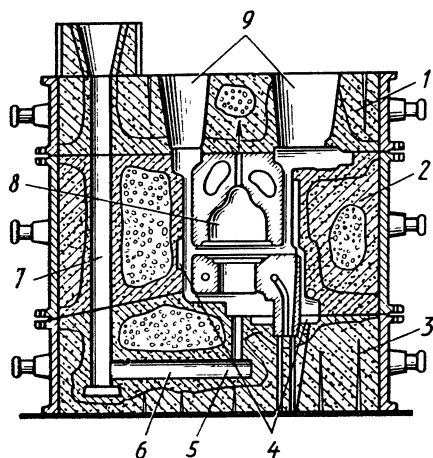


Рис. 1.21. Схема литейной формы для изготовления стальной отливки с применением прибылей и холодильников:

- 1 — верхняя часть формы.
- 2 — средняя часть формы.
- 3 — нижняя часть формы.
- 4 — холодильники, 5 — питатель.
- 6 — литниковый ход, 7 — стояк, 8 — закрытая прибыль, 9 — открытые прибыли

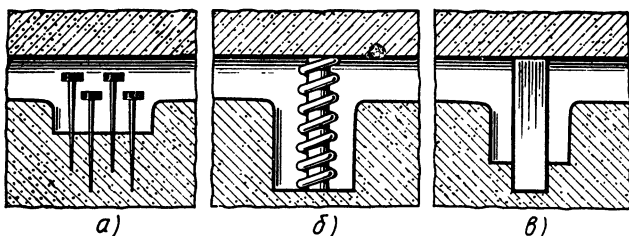


Рис. 1.22. Примеры охлаждения бобышек различными внутренними холодильниками:

а — гвоздями, *б* — проволочной спиралью, *в* — прутком

в несколько тонн, приходится использовать комбинированную ярусную систему подвода с несколькими стояками и разветвленной системой коллекторов и питателей, при которой расплав заливается сначала в тонкие части отливки, а затем в конце заливки подается в прибыли, установленные над ее наиболее массивными частями, как показано на рис. 1.16.

В некоторых случаях выравнять время затвердевания расплава в толстых и тонких частях отливки, обеспечить одновременное, а при необходимости направленное затвердевание ее можно, применяя внешние или внутренние металлические холодильники (рис. 1.20; 1.21, 1.22). Обладая высокой теплопроводностью и способностью аккумулировать теплоту, внешний холодильник значительно ускоряет процесс затвердевания расплава в массивном узле, ввиду чего уменьшается опасность образования в нем усадочных дефектов. Внутренние холодильники делают из сплава, близкого по составу с заливаемым в форму. Внутренний холодильник расплавляется заполнившим охлаждаемый узел расплавом или сваривается с ним, на что расходуется значительное количество теплоты. В результате расплав в массивном узле быстро охлаждается и затвердевает, не образуя усадочных дефектов. Однако подготовка и установка холодильников усложняет процесс изготовления форм, вызывает опасность образования некоторых дефектов в отливках, например газовых раковин (вскипов), если поверхность холодильника окислена, загрязнена или покрыта влагой. Необходима тщательная подготовка холодильников (очистка, лужение и т. п.). Кроме того, возможности регулирования скорости охлаждения отдельных частей отливки с помощью холодильников огра-

ничены. Поэтому в целях получения плотных отливок нередко холодильники применяют в сочетании с прибылями (см. рис. 1.21).

Расчет литниковых систем. Для получения качественной отливки не менее важное значение, чем правильный выбор места подвода и конструкции литниково-питающей системы, имеет определение ее размеров и соотношения площадей сечений основных элементов: стояка, коллектора (шлакоуловителя), питателей. Конструкция и размеры литниковой системы должны обеспечивать оптимальные скорости движения расплава как в ней, так и в полости формы и определенное время заполнения ее расплавом. При течении металла во всех каналах литниковой системы должно быть давление не менее атмосферного, чтобы не происходило подсоса и замешивания в поток расплава воздуха и газов. Недопустимо фонтанирование расплава и перемешивание его потоков на выходе из питателей в полость формы. При этом должны быть выполнены указанные ранее требования: литниковая система должна задерживать шлак и другие неметаллические включения, расход металла на нее должен быть минимальным.

Для определения размеров элементов литниковой системы предложены различные методы расчетов, основанные как на теоретических положениях, так и на опытных (эмпирических) данных. Расчеты производятся с помощью формул, таблиц, номограмм. По одному из распространенных методов расчета вначале определяют площадь наименьшего поперечного сечения ($F_{н.с}$) литниковой системы (обычно питателей или нижней части стояка): $F_{н.с} = G / (\rho'_m \mu \sqrt{2gH_p})$, где G — масса отливки, г; ρ'_m — плотность расплава (для чугуна $\rho'_m = 7$ г/см³); τ — продолжительность заливки, с; μ — коэффициент расхода литниковой системы, учитывающий сопротивление течению в ней расплава (трение о стенки формы, повороты и др.); g — ускорение свободного падения, сообщаемое частицам расплава силой тяжести, см/с²; H_p — расчетный статический напор, см.

В зависимости от соотношения площадей поперечных сечений различают сужающиеся и расширяющиеся литниковые системы. Если обозначить сечения стояка $F_{ст}$, коллектора (шлакоуловителя) F_k , а питателя либо питателей, если их несколько, $F_{п}$, то у сужающейся литниковой системы $F_{ст} > F_k > F_{п}$, а у расширяющейся $F_{ст} < F_k < F_{п}$. Таким образом, определяемым наимень-

шим поперечным сечением $F_{н.с}$ в сужающихся системах является $F_{п}$, а в расширяющихся $F_{ст}$ (наиболее узкая, нижняя часть стояка). Выбор типа литниковой системы во многом зависит от вида литейного сплава. Для чугуна часто используют быстро заполняющуюся расплавом сужающуюся литниковую систему, так как при этом создаются наиболее благоприятные условия для улавливания в ней шлака. Для литья легко окисляющихся алюминиевых сплавов более пригодна расширяющаяся литниковая система с большой суммарной площадью $F_{п}$, что обеспечивает спокойное (без перемешивания) поступление расплава в полость формы. Для расчета $F_{н.с}$ по приведенной формуле необходимо знать τ , μ , H_p . Для определения τ предложен ряд эмпирических формул, в которых продолжительность заливки связывается с массой G заливаемого металла, толщиной стенки, природой сплава и другими факторами, например: $\tau = S_p^3 \sqrt{\delta G}$, где δ — преобладающая толщина стенки отливки, мм; S — коэффициент, который в зависимости от δ и конфигурации отливки имеет значения: 1,7—2,0 — для чугуна; 0,91—1,7 — для стали; 2,0—2,1 — для медных сплавов; 1,7—3,0 — для алюминиевых и 2,3—4,5 — для магниевых сплавов.

Значения коэффициента μ определены опытным путем и приводятся обычно в справочных таблицах, например для чугуна 0,35—0,6, а для стали 0,25—0,5 (в зависимости от сложности конструкции литниковой системы и отливки, а также состояния формы).

Расчетный статический напор H_p определяют по формуле $H_p = H_0 - (P^2/2C)$, где H_0 — первоначальный максимальный напор, равный расстоянию от уровня металла в литниковой чаше (воронке) до места подвода его в форму, см; P — расстояние от самой верхней точки отливки до места подвода расплава в форму, см; C — высота отливки, см.

В отдельных частных случаях формула для определения статического напора приобретает следующий вид: при заливке сверху, когда $P=0$ (см. рис. 1.15, а), $H_p = H_0$; при заливке снизу $P=C$ (см. рис. 1.15, б) и $H_p = H_0 - (C/2)$; при подводе металла сбоку, когда отливка располагается симметрично в отношении плоскости разъема и $P=C/2$ (рис. 1.15, в), $H_p = H_0 = (C/8)$.

После расчета $F_{н.с}$ определяют площади сечений других элементов литниковой системы, используя закономерности гидравлики и установленные опытным путем

оптимальные соотношения этих сечений. Так, для тонкостенных мелких чугуновых отливок $F_{\Pi} : F_{\text{к}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,11$; для средних — $1 : 1,5 : 2$; а для крупных $1 : 1,2 : 1,4$.

При литье алюминиевых и магниевых сплавов, легко окисляющихся на воздухе, в целях обеспечения спокойного заполнения формы без повышения скорости потока при входе в ее рабочую полость применяют расширяющуюся литниковую систему, например, с соотношением $F_{\text{ст}} : F_{\text{к}} : F_{\text{п}} = 1 : 2 : 4$ или $1 : 3 : 6$.

Значительно упрощается расчет литниковых систем при использовании специальных номограмм, с помощью которых, зная массу отливки, преобладающую толщину ее стенок и расчетный напор, можно определить сечение питателя.

Новым, весьма важным направлением является автоматизация проектирования технологии литейных процессов, позволяющая технологу, зная указанные выше основные характеристики отливки, определить с помощью ЭВМ оптимальное положение отливки в форме, тип литниковой системы, размеры ее элементов. При составлении программ для ЭВМ производят предварительные аналитические расчеты с учетом последних достижений литейной теплофизики и гидравлики, а также обобщают опыт передовых предприятий различных отраслей машиностроения и рекомендации ученых и специалистов-практиков.

Контрольные вопросы

1. В какой последовательности изготовляют песчаную форму в парных опоках по разъемной модели при ручной формовке?
2. Что называется литниковой системой?
3. Из каких основных элементов состоит литниковая система?
4. Опишите назначение и устройство литниковых чаш и воронок.
5. Что такое стояк, каково его назначение? Опишите конструктивные разновидности стояков.
6. Как устроены литниковые ходы (коллекторы) и какую роль они выполняют в литейной форме?
7. Опишите устройство различных типов шлакоуловителей.
8. Что такое выпоры, где они устанавливаются и каково их назначение?
9. Опишите назначение и устройство прибылей.
10. Каковы назначение, принцип действия и конструктивные разновидности холодильников?
11. Как классифицируются методы подвода расплава в литейную форму и в чем состоят особенности каждого из них?

2. МОДЕЛЬНО-ОПОЧНАЯ ЛИТЕЙНАЯ ОСНАСТКА

2.1. МОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ

Под модельным комплектом понимают набор элементов технологической оснастки, необходимых для образования при формовке рабочей полости литейной формы. В зависимости от способа формовки (ручной, машинный), размеров и сложности получаемых отливок в состав модельного комплекта входят модели, подмодельные и модельные плиты, модели элементов литниковых систем и питания отливок, прессовые модельные плиты. При получении отливок, имеющих форму тел вращения, в качестве формообразующих видов оснастки (вместо моделей и стержневых ящиков) применяют формовочные и стержневые литейные шаблоны.

При наличии в отливках внутренних полостей и неформуемых элементов (выступающие бобышки и ребра, поднутрения и углубления) в состав модельного комплекта входят стержневые ящики. Число входящих в модельный комплект стержневых ящиков зависит от сложности конфигурации отливок: при получении несложных отливок (плит, фланцев, крышек и т. п.) модельный комплект включает один-два ящика, а при производстве сложных отливок (станин металлорежущих станков и т. п.) их число может достигать нескольких десятков.

Кроме указанных выше формообразующих видов модельной оснастки в модельные комплекты могут входить контрольные сборочные шаблоны (при получении конкретных отливок), контрольные стержневые шаблоны и кондукторы, а также вентиляционные и сушильные плиты.

Литейная модель служит для образования в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки. В большинстве моделей предусматриваются дополнительные (по отношению к конфигурации отливки) части, называемые знаками, которые образуют в литейной форме базы (гнезда) для простановки стержней. По конструкции, которая обуславливается удобством формовки, модели подразделяют на неразъемные и разъемные (рис. 2.1). Неразъемные модели (рис. 2.1,а) применяют при получении не сложных по конфигурации отливок, преимущественно

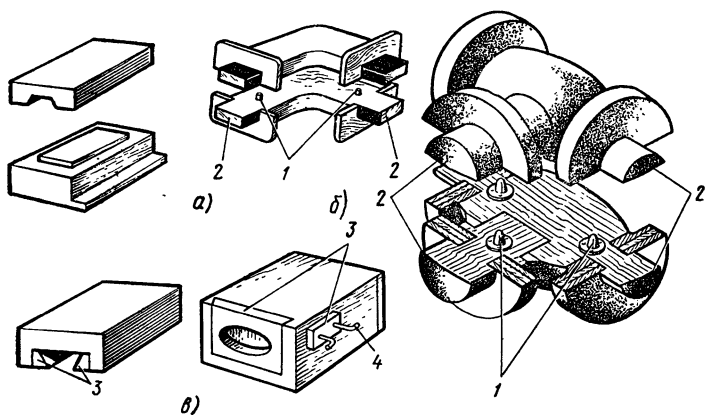


Рис. 2.1. Типы моделей:

а — неразъемные, *б* — разъемные, *в* — с отъемными частями;
 1 — шипы, 2 — знаки, 3 — отъемные части, 4 — гвозди

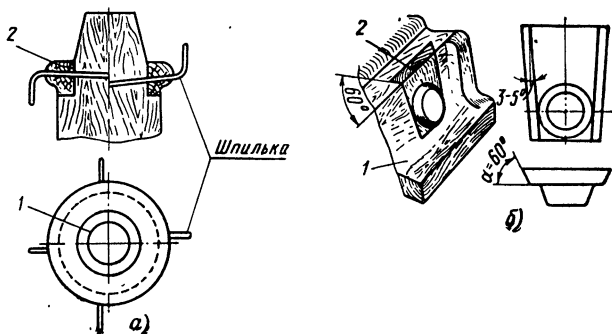


Рис. 2.2. Способы прикрепления отъемных частей 2 к основе модели 1:

а — гвоздями, *б* — шипами типа «ласточкин хвост»

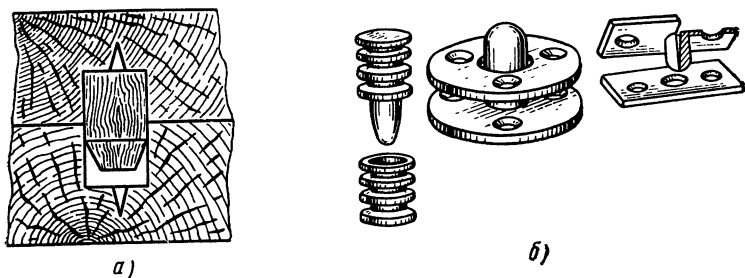


Рис. 2.3. Фиксирующие элементы моделей:

а — деревянные шипы, *б* — металлические дюбеля

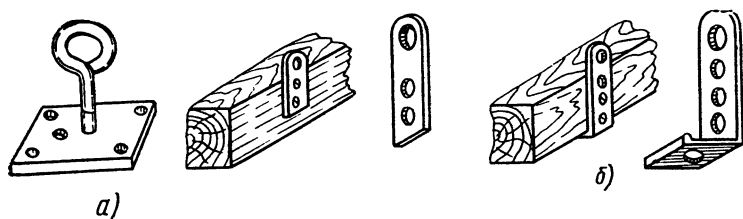


Рис. 2.4. Подъемы в моделях:
 а — пластинчатый, б — полосовые

заформовываемых в одной половине формы. Разъемные модели (рис. 2.1,б) широко используют при производстве отливок более сложной и разнообразной конфигурации, когда модель формируется в двух опоках и более. В единичном и мелкосерийном производстве, когда оформлять выступающие элементы отливок стержнями экономически нецелесообразно, в моделях предусматривают отъемные части (рис. 2.1,в), которые остаются на рабочей поверхности формы после извлечения из нее модели, затем извлекают и отъемные части. Крепление отъемных частей на основании модели производят стальными гвоздями (рис. 2.2,а) или шипами со скосами типа «ласточкин хвост» (рис. 2.2,б).

Точное соединение частей разъемных моделей осуществляется с помощью деревянных шипов (рис. 2.3,а) или металлических дюбелей (рис. 2.3,б). Для легкого извлечения из полуформы боковые поверхности моделей снабжают уклонами. Различают два вида уклонов в моделях—конструктивные и формовочные. Первые предусматривает конструктор при проектировании машины и ее деталей, а вторые—технолог-литейщик при разработке технологического процесса получения отливки (см. рис. 2.21,в). Удобство извлечения модели из полуформы при ручной формовке достигается с помощью металлических приспособлений, закрепляемых на модели, которые называют **подъемами** (рис. 2.4).

С учетом большого разнообразия производимых отливок, масса которых колеблется в пределах 0,1 кг—300 т, модели принято подразделять по габаритным размерам: на крупные (максимальный размер более 1500 мм), средние (500—1500 мм) и мелкие (до 500 мм). Размеры моделей оказывают большое влияние на выбор материала для их изготовления, типов заготовок, а так-

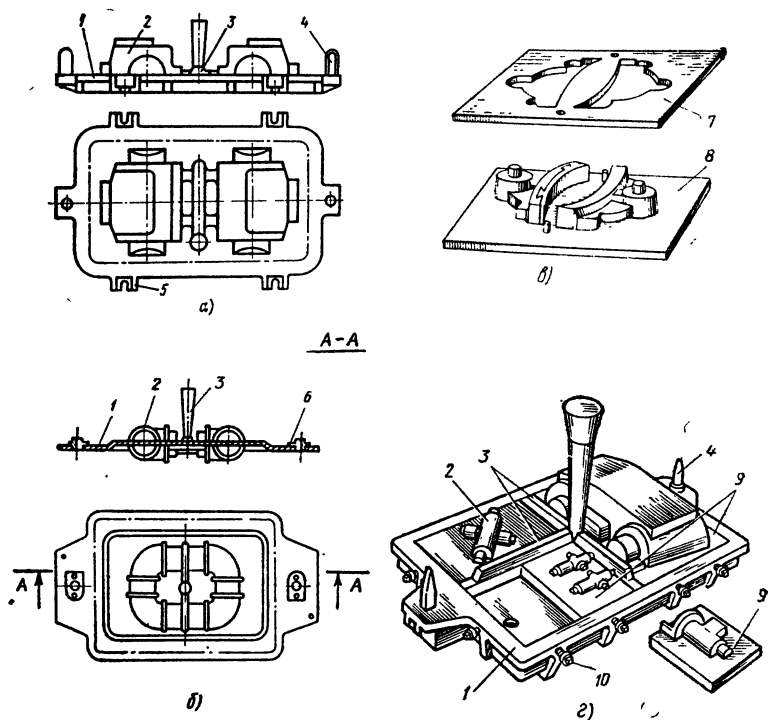


Рис. 2.5. Модельные плиты:

a — односторонняя, *б* — двусторонняя, *в* — протяжная, *г* — быстросменная;
1 — подмодельные плиты, *2* — модели отливок, *3* — модели элементов литниковых систем, *4* — штыри, *5* — приливы для крепления модельной плиты на столе формовочной машины, *6* — замок, *7* — верхняя часть протяжной плиты, *8* — нижняя часть протяжной плиты, *9* — модельные вкладыши, *10* — винты

же технологии изготовления элементов модельного комплекта (см. 2.3).

Подмодельные плиты служат для образования в форме плоскостей разъема. При ручной формовке применяют деревянные подмодельные плиты, склеиваемые из строганых досок, а при машинной — металлические фасонные, обычно отливаемые из серого чугуна, служащие основой для монтажа модельных плит (рис. 2.5, *a*).

Модельные плиты применяют главным образом при машинной формовке. Они представляют собой тщательно обработанные металлические фасонные плиты *1* с моделями отливок *2* и элементов *3* литниковых

систем, а также двумя штырями 4, предназначенными для фиксации устанавливаемых опок (см. рис. 2.5,а). Для закрепления на столе формовочной машины в подмодельных плитах предусматривают приливы с пазами 5 (см. рис. 2.5,а) или отверстиями.

Модельные плиты могут быть цельнолитыми (с размерами для опок в свету не более 500×600 мм) и наборными, на которых модели отливок и элементов литниковой системы крепятся болтами и винтами (см. 2.3). С учетом технологических особенностей машинной формовки различают несколько типовых конструкций модельных плит (рис. 2.5): односторонние (рис. 2.5,а), применяемые при раздельном изготовлении полуформ на двух машинах; двусторонние (рис. 2.5,б), предназначенные для формовки на одной машине; протяжные (рис. 2.5,в). Последние применяют при получении сложных по конфигурации отливок с малыми формовочными уклонами или без них (например, шестерня с литыми зубьями). При извлечении модели из полуформы опускается только нижняя часть модельной плиты 8 вместе со столом формовочной машины; при этом края верхней части протяжной плиты 7 удерживают массив формовочной смеси в опоке, предупреждая повреждение тонких перемычек рабочей поверхности формы, располагающихся между зубьями.

В мелкосерийном производстве мелких отливок применяют быстросменные модельные плиты (рис. 2.5,г), допускающие переналадку формовочной машины на производство других видов отливок; при этом на смену деревянных вкладышей 9 с прочно закрепленными на них моделями отливок 2 и элементов литниковой системы 3 затрачивается небольшой промежуток времени. Вкладыши устанавливают в гнезда подмодельной плиты 1, после чего их рабочее положение фиксируют винтами 10.

Модели элементов литниковых систем (питателей, шлакоуловителей, стояков и выпоров), а также элементов питания отливок (прибылей, питающих бобышек) при ручной формовке устанавливают без закрепления их на подмодельные деревянные плиты; при машинной формовке их крепят на подмодельных металлических плитах.

Прессовые модельные плиты применяют при машинной формовке на встряхивающих или прессовых машинах для уплотнения верхнего слоя формовоч-

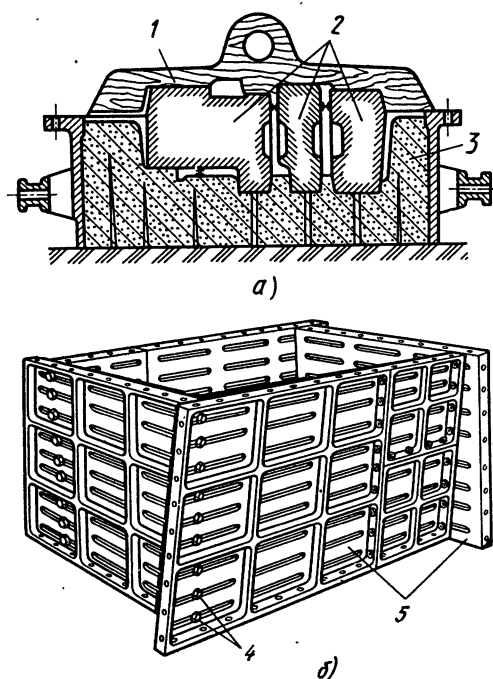


Рис. 2.6. Контрольные сборочные шаблоны:
а — плоский, б — сборный

ной смеси в опоке. Учитывая необходимость обеспечения технологически необходимой степени уплотнения смеси в форме, вместо плоских прессовых применяют универсальные многоплунжерные прессовые плиты (см. гл. 4).

Формовочные литейные шаблоны (см. гл. 4) в виде плоских скребков с прямолинейной или фасонной режущей кромкой используют при безмодельном изготовлении форм для получения крупных единичных отливок, имеющих форму тел вращения (чаши, котлы и др.). Замена громоздкой модели литейным формовочным шаблоном позволяет снизить расход древесины, а также сроки изготовления модели, а следовательно, и отливки.

Контрольные сборочные шаблоны (рис. 2.6) входят в состав модельного комплекта. При получении крупных и средних отливок со сложной конфигурацией, которая образуется значительным числом

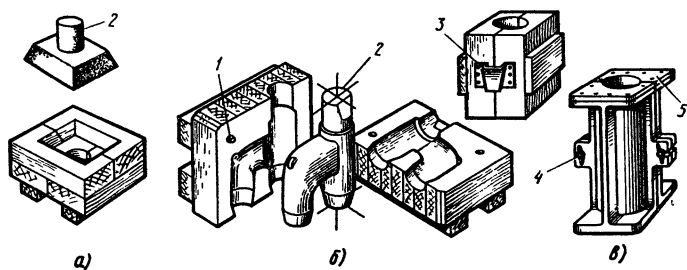


Рис. 2.7. Ящики для ручной формовки стержней:

а — целый, *б* — разъемные деревянные, *в* — разъемный металлический; 1 — шилы, 2 — стержни, 3 — скоба, 4 — барашковая гайка, 5 — стальные накладки

стержней 2, устанавливаемых в литейную форму 3, применяют плоские шаблоны 1 (рис. 2.6,*а*), которые изготовляют из фанеры или листовой стали. При получении очень сложных отливок в стержневых формах взаимное расположение стержней и необходимые габаритные размеры рабочей полости формы обеспечиваются универсальными сборными контрольными шаблонами в виде металлических стоек-панелей 5 (рис. 2.6,*б*), которые крепляют болтами 4.

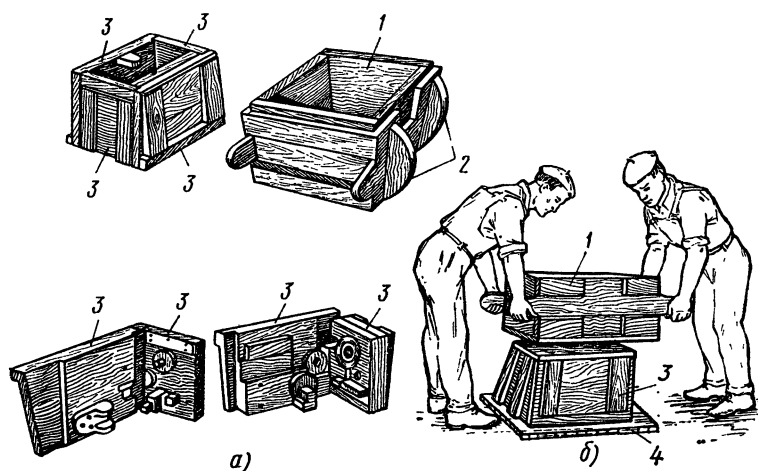


Рис. 2.8. Вытряхой деревянный стержневой ящик (*а*) и его разборка (*б*):

1 — корпус, 2 — сегменты, 3 — вкладыши, 4 — чугунная сушильная плита

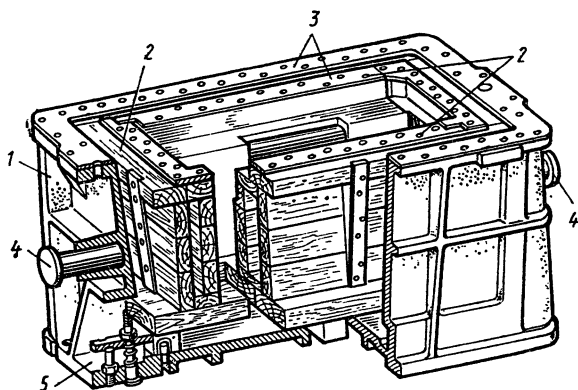


Рис. 2.9. Вытряхной металлический стержневой ящик:

1 — корпус, 2 — вкладыши, 3 — стальные накладки, 4 — цапфы, 5 — пластики

Стержневые ящики (рис. 2.7) служат для изготовления песчаных стержней ручной и машинной формовкой на встряхивающих, пескодувных и пескострельных машинах. По конструктивным особенностям их подразделяют на три типа: цельные, разъемные и вытряхные.

Цельные (рис. 2.7,*а*) применяют для изготовления стержней простой конфигурации с большими уклонами на боковых стенках, что обеспечивает их легкое извлечение из ящика. Разъемные (рис. 2.7,*б*) — наиболее распространены, так как их применяют при изготовлении стержней самой разнообразной конфигурации и размеров. Перед набивкой смеси половинки ящика центрируют деревянными шипами 1 (рис. 2.7,*б*) или дюбелями (см. рис. 2.3,*б*), а затем скрепляют скобами 3 или струбинами. Для скрепления половин металлических разъемных ящиков применяют накладные болты с барашковыми гайками 4 (рис. 2.7,*в*). При получении очень сложных стержней в разъемных ящиках предусматривают отъемные вставки и накладки для оформления в стержнях неформуемых элементов, выходящих на плоскость разъема ящика. Вытряхные деревянные ящики (рис. 2.8,*а*) имеют корпус коробчатого типа 1, в который вставляют четыре вкладыша 3, оформляющих рабочую поверхность получаемых стержней. Тыловые стенки вкладышей выполнены с большими уклонами, что обес-

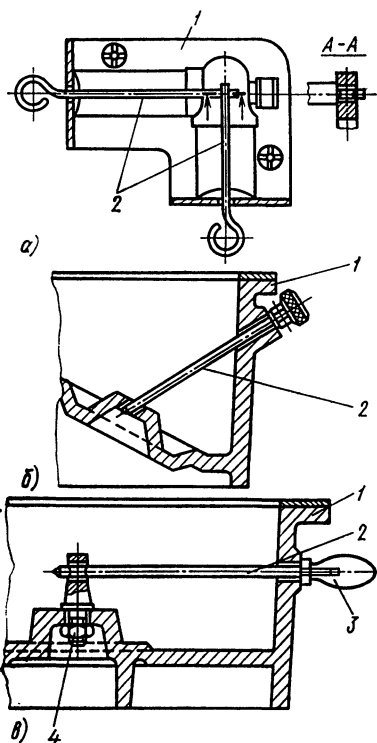


Рис. 2.10. Фиксация вентиляционных игл в стержневых ящиках:

а — в разъемном ящике, *б, в* — в неразъемных ящиках; *1* — ящик, *2* — вентиляционная игла, *3* — рукоятки, *4* — опора

печивает легкость их извлечения из корпуса при его подъеме (рис. 2.8, б). При этом вкладыши вместе со стержнем остаются на сушильной плите 4, а затем отделяются от него перемещением в стороны. Сегменты 2 предусмотрены для облегчения операции кантовки— поворота стержневого ящика на 180°, а рукоятки — для переноса и подъема корпуса.

Конструктивными особенностями металлических вытряхных ящиков (рис. 2.9) являются цапфы 4, служащие для

переноса и кантовки, а также пластики 5 в его основании, предусмотренные для монтажа корпуса ящика на столе стержневой машины.

В вытряхных стержневых ящиках можно получать очень сложные по конфигурации стержни с обратными уклонами на знаках, с выступами и впадинами на боковых поверхностях.

В стержневых ящиках предусматривают системы фиксации вентиляционных игл (рис. 2.10, *а, б, в*), а также специальные вентиляционные плиты (рис. 2.11). При наложении плиты на плоскость разреза стержневого ящика 3 по штырям 4 заформовывают модели 1 горизонтальные газоотводные каналы в половине стержня. Вертикальные газоотводные каналы в массиве стержня выполняют иглой 2 (см. рис. 2.10), пропускаемой через втулки с отверстиями 2 (см. рис. 2.11).

Стержневые литейные шаблоны в виде плоского скребка с фасонной режущей кромкой приме-

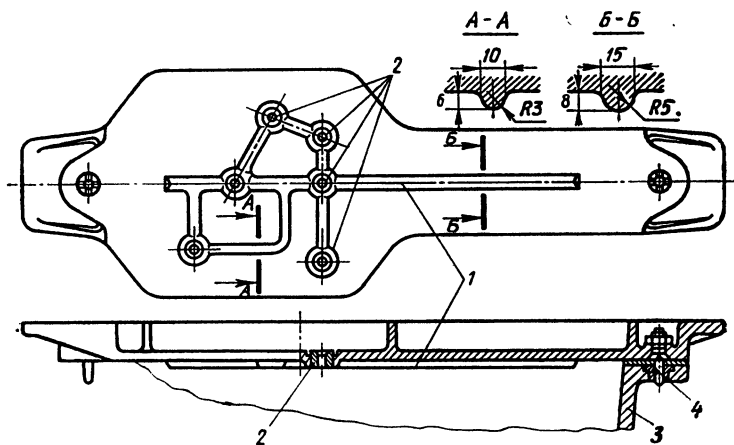


Рис. 2.11. Вентиляционная плата:

1 — модели газовых каналов, 2 — втулки, 3 — стержневой ящик, 4 — штыри

няют для изготовления массивных стержней, имеющих форму тел вращения, при получении крупных единичных отливок с большим диаметром (патрубки, трубчатые заготовки). Замена громоздкого стержневого ящика стержневым шаблоном снижает расход древесины, сроки изготовления модельной оснастки, а следовательно, и отливки.

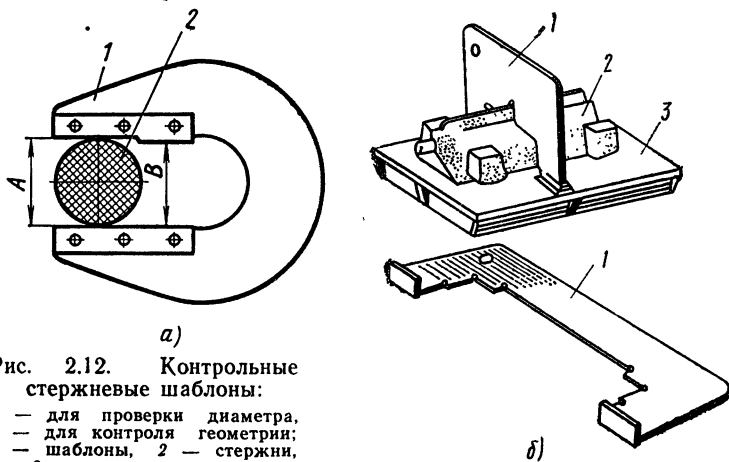


Рис. 2.12. Контрольные стержневые шаблоны:

a — для проверки диаметра,
b — для контроля геометрии;
 1 — шаблоны, 2 — стержни,
 3 — контрольная плата

Рис. 2.13. Зачистка плоскости спаривания стержня в кондукторе:
 1 — абразивный круг, 2 — стержень,
 3 — кондуктор

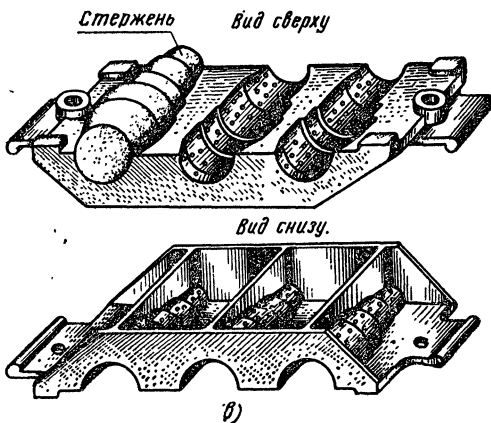
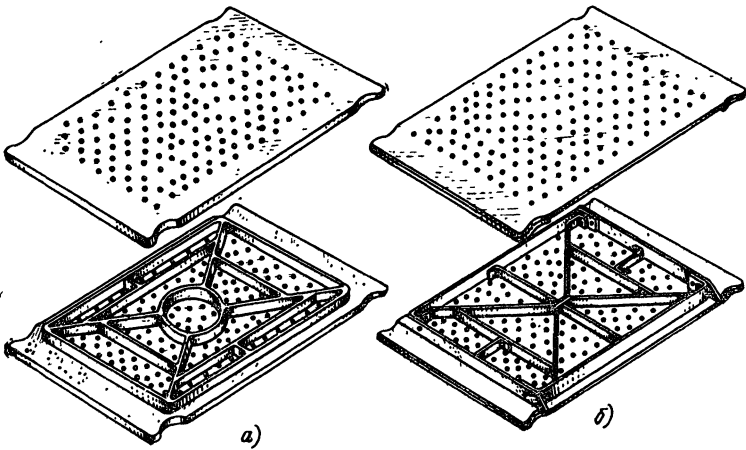
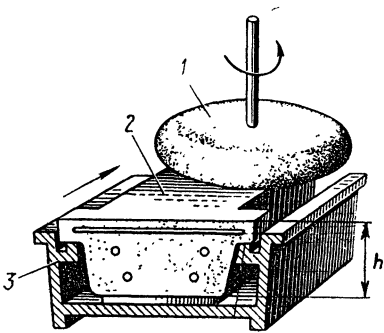


Рис. 2.14. Сушильные плиты для стержней:
 а — плоская литая, б — плоская сварная. в — драйер

Контрольные стержневые шаблоны (рис. 2.12) служат для проверки размеров (рис. 2.12, а) и геометрии (рис. 2.12, б) готовых к сборке стержней.

Кондукторы входят в состав модельно-стержневого комплекта в массовом производстве сложных отливок (например, блоков цилиндров автомобильного двигателя), внутренняя полость которых оформляется стержнями, собранными (склеенными) из большого числа отдельно изготавливаемых частей. Кондуктор (рис. 2.13) представляет собой коробчатое чугунное основание с фасонной внутренней опорой, предназначенной для надежного удержания половины (части) песчаного стержня во время зачистки—калибровки его плоскости абразивным кругом 1 (рис. 2.13). Эту операцию производят на специальных карусельных и других станках с целью обеспечения высокой точности стержней после склейки его частей, а следовательно, и отливок.

Сушильные плиты (рис. 2.14) являются приспособлениями для укладки извлеченных из стержневых ящиков стержней и транспортирования их в сушильную печь. Различают два вида сушильных плит — плоские и фасонные, называемые драйерами. Первые отливают из серого чугуна (рис. 2.14,а) или сваривают из стальных листовых заготовок (рис. 2.14,б); они универсальны — пригодны для разнообразных (по размерам и конфигурации) стержней при получении большой номенклатуры отливок. Вторые — драйеры (рис. 2.14,в) входят в состав модельно-стержневого комплекта, так как извлечение стержня из ящика производят наложением драйера на плоскость разъема ящика по штырям с последующим поворотом половины ящика вместе со стержнем (стержнями) и драйером на 180°. Драйеры изготавливают сваркой предварительно сделанных из листовой стали заготовок.

2.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

Выбору материалов уделяется большое внимание, так как от них зависят прочность и долговечность модельных комплектов, а также точность и себестоимость отливок. В зависимости от типа производства для изготовления моделей и стержневых ящиков применяют древесину, литейные сплавы, пластмассы и другие материалы. Однако наиболее распространенным материалом является древесина (сосна, ольха, липа и другие

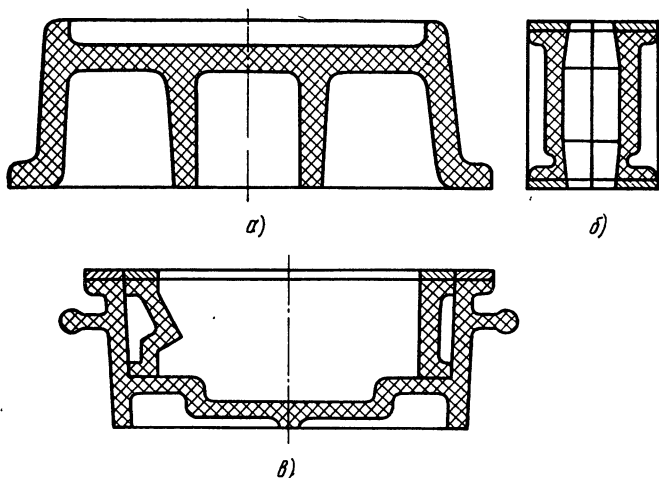


Рис. 2.15. Пластмассовая литейная оснастка:
а — неразъемная модель, *б* — разъемный стержневой ящик,
в — встряхной стержневой ящик

древесные породы), которая обладает (сравнительно с металлами) низкой себестоимостью, малой плотностью, легко обрабатывается резанием. С учетом качества древесины, размеров и условий эксплуатации деревянные модели по прочности и точности подразделяют на три класса.

В массовом и крупносерийном производстве отливок модели и стержневые ящики изготавливают чаще всего из легких алюминиевых сплавов марок АЛ3, АЛ12, АЛ24 (ГОСТ 2685—75). По сравнению с деревянной металлическая модельная оснастка обладает большей прочностью и более высокой начальной размерной точностью, которая сохраняется в течение длительного срока ее эксплуатации, что обеспечивает высокую точность и меньшую шероховатость поверхностей отливок. Как показывает опыт работы отечественных предприятий, использование дорогостоящей (в 3—5 раз выше деревянной) металломоделной оснастки экономически оправдано даже в мелкосерийном производстве, так как в этом случае снижается стоимость отливок и литых деталей за счет уменьшения объема механической обработки, а также удельного расхода модельных комплектов на 1 т годных отливок: при машинной формовке по деревянным моделям можно получать около 1000 отливок, а по алюминиевым — до 75 000.

В качестве материалов для изготовления моделей и стержневых ящиков (рис. 2.15, *а, б, в*) применяют и пластмассы на основе эпоксидно-диановых смол, марки которых (ЭД-8, ЭД-10 и др.) и свойства регламентируются ГОСТ 10587—84. Обладая высокой ударной вязкостью, пластмассы придают модельным комплектам хорошую сопротивляемость абразивному износу, негигроскопичность и жесткость. Последнее особенно важно при изготовлении форм на машинах при высоких удельных давлениях прессования смеси в опоках.

По сравнению с металломоделным комплектом пластмассовые модели и стержневые ящики имеют ряд преимуществ: меньшую массу, несклонность к короблению, а также к растрескиванию при ударах. Для повышения эксплуатационных свойств модельной оснастки в эпоксидную смолу вводят наполнители (порошки металлов, графит, пылевидный кварц и др.), а для повышения прочности пластмассы армируют тканью из стекловолокна, металлическими каркасами и вставками.

В мелкосерийном и единичном производстве отливок массой от нескольких килограммов до 1,5—2 т применяют разовые газифицируемые модели, изготовляемые склейкой кусков пенополистирола, которые не извлекаются из формы, а удаляются из нее выжиганием заливаемым в форму литейным расплавом. В связи с такими условиями литья пенополистироловые модели можно изготовлять без формовочных уклонов, что обуславливает высокую точность отливок. Экономичность газифицируемых моделей обеспечивается специфическими свойствами пенополистирола, который обладает малой плотностью, низкой стоимостью, легко режется нагретой проволокой (см. гл. 4).

2.3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

Технология изготовления деревянных модельных комплектов имеет ряд специфических особенностей, которые обусловлены низкой (по сравнению с металлами) прочностью, склонностью к впитыванию влаги и короблению. Заготовки небольших деревянных моделей (рис. 2.16, *а*) склеивают из нескольких заранее заготовленных частей (косяков, сегментов, планок), что предупреждает их коробление из-за контакта с влажной формовочной

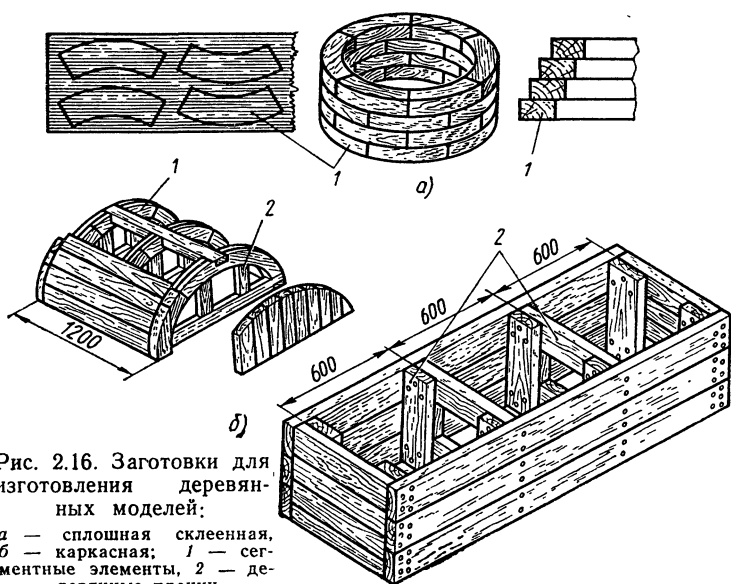


Рис. 2.16. Заготовки для изготовления деревянных моделей:

а — сплошная склеенная, *б* — каркасная; 1 — сегментные элементы, 2 — деревянные планки

смесью. При изготовлении более крупных моделей в качестве их основы используют скелетные заготовки (рис. 2.16, б), прочность и жесткость которых обеспечивается внутренними планками, а внешние очертания — деревянными досками или заранее заготовленными склейкой щитами.

В единичном производстве особо крупных отливок используют скелетные модели (рис. 2.17), представляющие собой контурное деревянное основание, которое при формовке дополняется деревянными вставками для оформления в форме фланцев и знаков модели. Эффективность формовки с использованием скелетных моделей несколько снижается за счет необходимости набивки внутренней полости и промежутков наружного контура модели формовочной смесью. Однако эти потери компенсируются резким снижением расхода древесины и трудоемкости

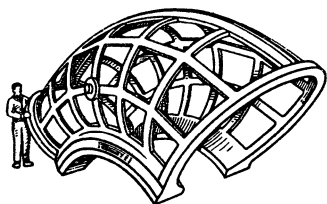


Рис. 2.17. Скелетная модель для получения отливки — части спирального кожуха гидравлической турбины массой 200 т

изготовления модели.

При изготовлении деревянных моделей и стержневых ящиков сопряжения стенок и ребер отливок оформляют галтелями (рис. 2.18, а, б, в), вид которых обусловлен классом прочности модели или стержневого ящика.

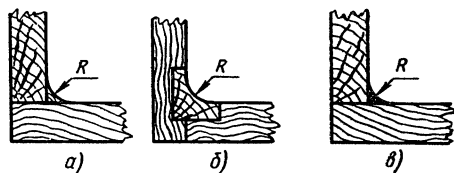


Рис. 2.18. Методы оформления галтелей в деревянных моделях и стержневых ящиках:

а — вклейкой деревянной фасонной планки,
б — врезкой деревянной фасонной планки,
в — замазкой

Для повышения долговечности наиболее изнашиваемые части крупных деревянных моделей снабжают металлической окантовкой из листовой стали. С той же целью на поверхности таких моделей наносят тонкий (толщиной 0,3—0,4 мм) слой алюминия или цинка с помощью металлизационного пистолета.

После изготовления, отделки и проверки размеров деревянные модели шпаклюют специальной водостойкой замазкой, а затем окрашивают красками—эмалими, что предупреждает насыщение древесины влагой, а также прилипание формовочной смеси к ее поверхности. Принято поверхности моделей, не подвергающихся механической обработке, окрашивать в красный и серый цвета, если отливки производят из серого чугуна и стали соответственно; для деревянных моделей, предназначенных для получения отливок из сплавов цветных металлов, применяют желтый цвет окраски. При этом стержневые знаки моделей во всех случаях окрашивают в черный цвет. Поверхности моделей покрывают черными пятнами по основному фону в том случае, если эти поверхности на отливках подвергают механической обработке. Места моделей, предназначенных для крепления отъемных частей, принято выделять черной полосой, а ложные ребра жесткости модели, которые при формовке заделывают формовочной смесью, — штриховкой черными полосами по основному фону краски. Места присоединения моделей прибылей и приливов, предназначенных для отливки технологических проб, при окраске отделяют от контура модели черной полосой. На поверхности готовой модели и ее отъемных частях указывают номер детали или другого изделия. Кроме того, на моде-

ли указывают число стержневых ящиков, входящих в модельно-стержневой комплект.

Металлические модели чаще всего изготавливают из литых алюминиевых заготовок, которые отливают по деревянным промоделям, характерной особенностью которых является учет двойной усадки литейных сплавов, применяемых для получения литой заготовки и отливки. Одновременно учитывают двойные припуски на механическую обработку заготовки и отливки. Для снижения массы металлические модели делают пустотелыми с толщиной стенок от 3—5 до 20—50 мм. Повышенная прочность пустотелых моделей обеспечивается внутренними ребрами жесткости.

Для изготовления металлических стержневых ящиков используют литые фасонные заготовки из легких алюминиевых сплавов. Для повышения долговечности поверхности алюминиевых стержневых ящиков со стороны набивки смеси (см. рис. 2.7, в), в том числе и вкладышей (см. рис. 2.9), армируют стальными полосовыми накладками, которые прикрепляют к основанию ящика винтами.

При изготовлении модельных плит ответственной и трудоемкой операцией является разметка, проводимая для установления мест взаимного расположения на подмодельной плите элементов модели и литниковых систем. В целях избежания разметки применяют координатные подмодельные плиты (рис. 2.19), которые ускоряют монтаж модельных плит. Крепление моделей на подмодельных плитах производят болтами, которые вводят в их резьбовую часть (втулку) с тыльной стороны

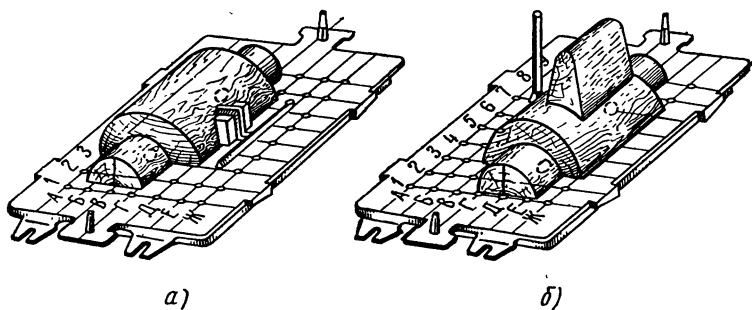


Рис. 2.19. Координатные подмодельные плиты для скоростного монтажа модельных плит при изготовлении нижних (а) и верхних (б) полуформ

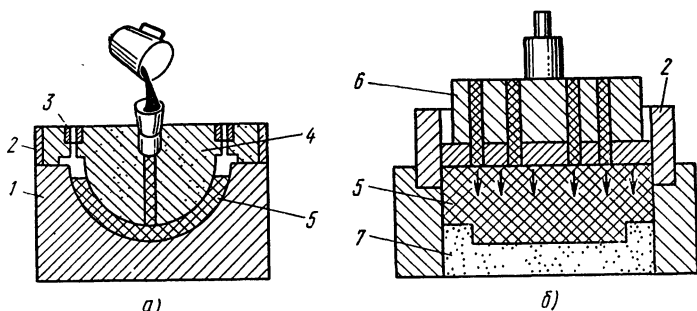


Рис. 2.20. Методы изготовления пластмассовых моделей:
а — литьем, *б* — прессованием; 1 — основание формы, 2 — опока, 3 — выпор, 4 — верхняя полуформа, 5 — пластмасса, 6 — поршень, 7 — гипсовая модель

плиты. Питатели и шлакоуловители закрепляют на поверхность подмодельных плит винтами, которые ввинчивают сверху.

Пластмассовые модели и стержневые ящики (см. рис. 2.15) изготавливают из эпоксидно-диановых смол (см. 2.2) литьем (рис. 2.20,*а*), так как при нагревании до 60—70 °С они приобретают высокую текучесть. Для изготовления небольших по размеру моделей и стержневых ящиков, предназначенных для производства несложных отливок и стержней простой конфигурации, применяют прессование (рис. 2.20,*б*) с использованием акриловых самотвердеющих пластмасс марок АСТ-Т, ТШ и др.

2.4. ПОНЯТИЕ О ЧЕРТЕЖЕ МОДЕЛЬНО-ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ

Руководящим документом для изготовления моделей, стержневых ящиков и других элементов модельного комплекта (см. 2.1) служит модельный чертеж, который разрабатывается с учетом производственных условий (наличие и типы деревообрабатывающих станков, приспособления для механизации и автоматизации выполняемых операций и др.) в технологическом бюро модельного цеха на основе первичного документа — чертежа модельно-литейной технологической разработки (см. рис. 2.21,*а*). В модельном чертеже приводятся сведения о выборе материала для модельного комплекта, типах заготовок, методах выполнения знаков и вы-

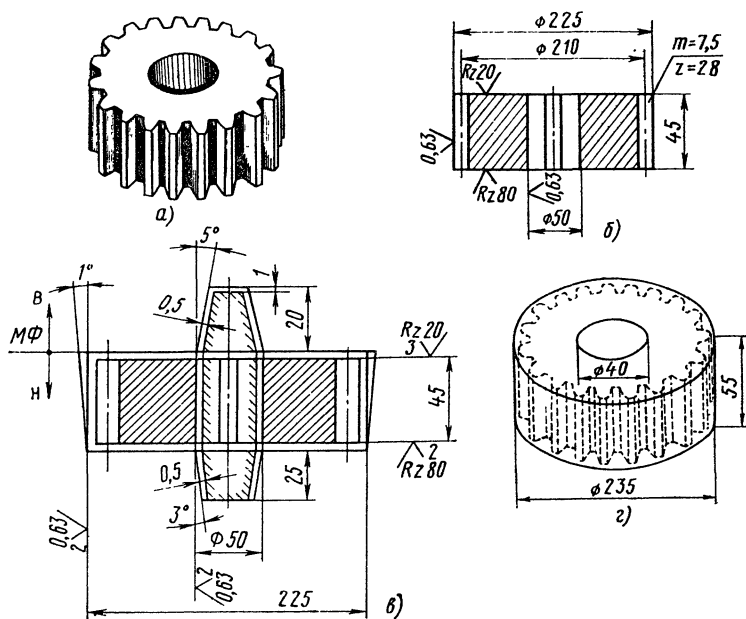


Рис. 2.21. Деталь «Зубчатое колесо» (а), чертеж детали (б), чертеж модельно-литейной технологической разработки (в), чертеж отливки (г)

ступающих частей моделей и стержневых ящиков, типах галтелей и др.

Чертеж модельно-литейной технологической разработки (рис. 2.21, в) подготавливается технологом-литейщиком на основе чертежа детали (рис. 2.21, а, б, г), поступающего к нему из конструкторского отдела завода, проектирующего данную машину.

Руководствуясь ГОСТ 2.423—73, в котором приведены правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки, а также учитывая существующие в данном литейном цехе производственные условия (типы формовочных и стержневых машин, размеры опок, наличие грузоподъемного и транспортного оборудования и др.), технолог при составлении чертежа модельно-литейной технологической разработки вносит в чертеж детали (см. рис. 2.21, б) ряд изменений:

1. Упрощает внешние и внутренние очертания детали, так как отверстия малого диаметра (менее 10 мм), мел-

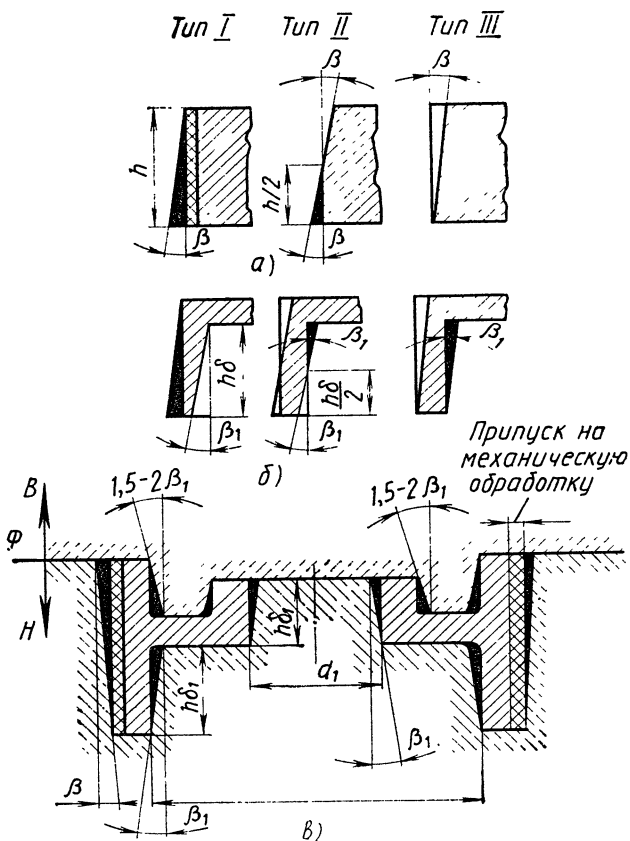


Рис. 2.22. Формовочные уклоны:

a — способы выполнения, *б* — показатели, *в* — виды формовочных уклонов модели при получении отливки детали «Шкив»

кие пазы и т. п. элементы рационально получать при последующей механической обработке отливки.

2. Выбирает наиболее рациональное положение отливки в период заливки формы, обеспечивающее направленное ее формирование и отсутствие дефектов усадочного происхождения, а также высокое качество обрабатываемых поверхностей. При этом учитывает, что наиболее чистыми (с малой шероховатостью) и с плотной структурой литейного сплава получают нижние и боковые (по положению при заливке) плоскости отли-

вок, в то время как на их верхних поверхностях могут концентрироваться газовые и песчаные раковины.

3. Назначает припуски на механическую обработку отливки, величина которых выбирается по ГОСТ 26645—85. Величина припусков для мелких отливок обычно составляет 0,2—4 мм, для средних 4—10, а для крупных достигает 50 мм.

4. Выбирает плоскости (линии) разъема модели и формы. При этом технолог стремится расположить модель в одной — нижней полуформе, что упростит формовку, позволит избежать заливов и швов на отливке, которые могут образоваться у плоскости разъема формы.

5. На вертикальные плоскости модели для облегчения извлечения ее частей из формы назначает формовочные уклоны по ГОСТ 3212—80 (рис. 2.22), величина которых колеблется в пределах: $0^{\circ}30'$ — 3° — на деревянных моделях и $0^{\circ}20'$ — $1^{\circ}30'$ — на металлических.

6. Устанавливает требуемое число стержней, их форму и размеры. При этом особое внимание уделяется знакам моделей и стержневых ящиков в целях обеспечения удобной и надежной установки стержней в форму, что достигается назначением размеров их параметров по ГОСТ 3606—80 (рис. 2.23). Высота вертикальных знаков h_1 , h_2 (рис. 2.23,а) и длина горизонтальных знаков l (рис. 2.23,б) стержней назначаются с учетом их длины L и диаметра D ; их величина колеблется в пределах 20—500 мм. Чтобы полость формы не обжималась и не засорялась, между ее стенками и знаками стержней предусматриваются зазоры S_1 , а также промежутки между верхним знаком стержня и формой b . При сборке формы стержень должен свободно попасть в знак верхней полуформы и не повредить ее стенок, поэтому верхние знаки стержней (см. рис. 2.23,а) делают меньшей высоты и с большими уклонами — 5 — 8° , а нижних — 3 — 5° . С той же целью на горизонтальных знаках моделей (рис. 2.23,б) предусматриваются козырьки с уклонами и зазорами S_2 , S_3 , величина которых (в зависимости от размеров стержня) составляет 1—6 мм для сырых и 1,5—12 мм для химически твердеющих форм. Канавка e предусмотрена, чтобы предупредить обжим знака формы при установке стержня, а кольцевая выточка «с» — чтобы осыпавшаяся смесь поместилась при установке стержня в знак формы.

7. Назначает величину усадки литейного сплава, согласно которой рабочий-модельщик при изготовлении

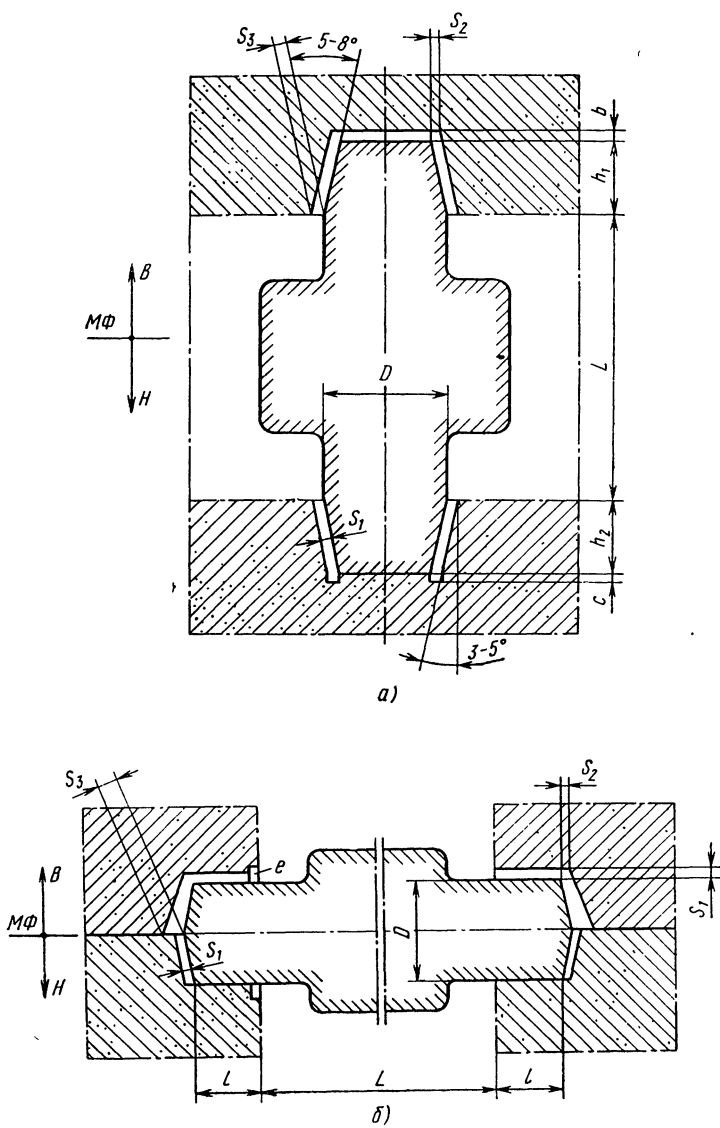


Рис. 2.23. Знаки, зазоры и уклоны вертикальных (а) и горизонтальных (б) цилиндрических стержней

оснастка пользуется специальным метром, имеющим увеличенную длину: 101 см — для отливок из серого чугуна и 102 см — из стали.

8. Выбирает тип литниковой системы и элементов питания отливки, устанавливает места их взаимного расположения по отношению к модели.

2.5. ОПОЧНАЯ ОСНАСТКА

К опочной оснастке относят опоки, штыри, крепежные приспособления, литейные жакеты и подопочные плиты.

Опоки представляют собой жесткие металлические рамки, служащие для набивки и удержания смеси при изготовлении литейных форм, удобства их транспортирования на участки заливки и выбивки. Кроме того,

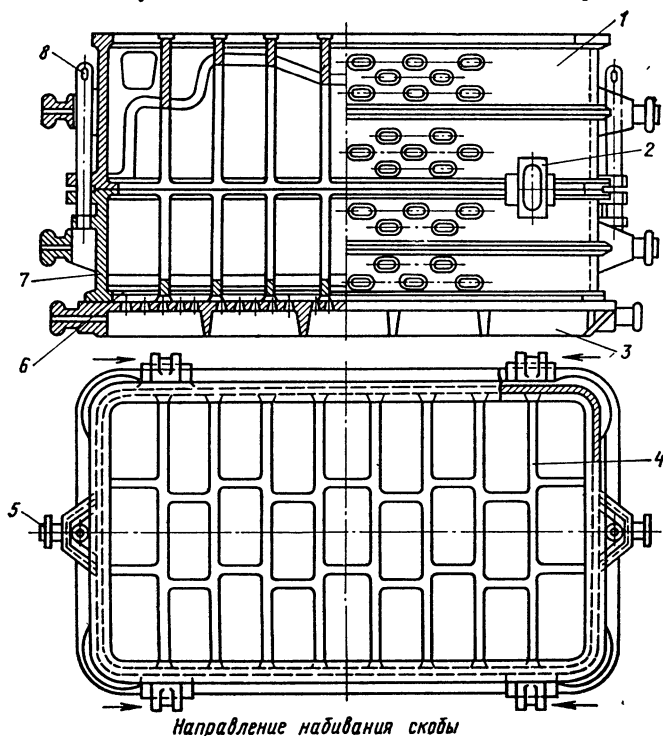


Рис. 2.24. Крановые литые чугунные парные опоки:

1 — верхняя опока, 2 — скоба, 3 — подопочная плита, 4 — крестовины, 5 — цапфы, 6 — буртики, 7 — нижняя опока, 8 — штырь

опока придает форме повышенную прочность, необходимую для противодействия давлению заливаемого в нее литейного расплава.

Размеры опок регламентируются ГОСТ 2133—75 и колеблются в пределах (в свету) от 500×400 до 3000×2500 мм при диапазоне высот 150—1500 мм. По конфигурации опоки подразделяют на прямоугольные, круглые и фасонные, в зависимости от размеров и массы — на ручные и крановые. Ручные опоки с размерами до 600×400 мм переносят вручную, они снабжены рукоятками. Опоки больших размеров (рис. 2.24) перемещают с помощью подъемно-транспортного оборудования (мостовые краны, тельферы и др.). В них для захвата (вместо ручек) предусмотрены цапфы 5, а для удержания формовочной смеси — внутренние буртики 6 и крестовины 4. Центрирование парных опок 1 и 7 при их соединении осуществляется штырями 8 (см. рис. 2.25).

При изготовлении безоपчных форм (см. гл. 5) по двусторонним модельным плитам (см. рис. 2.5,б) применяют парные съемные опоки с размерами от 300×225 до 500×300 мм. Внутренние поверхности таких опок делают наклонными под углом 5° , что обеспечивает их легкий съем с кома формовочной смеси. Для удержания формовочной смеси при съеме верхней полуформы в

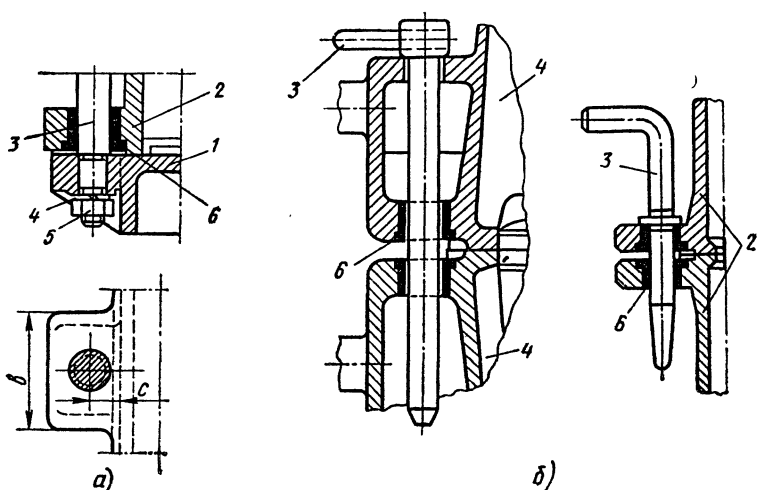
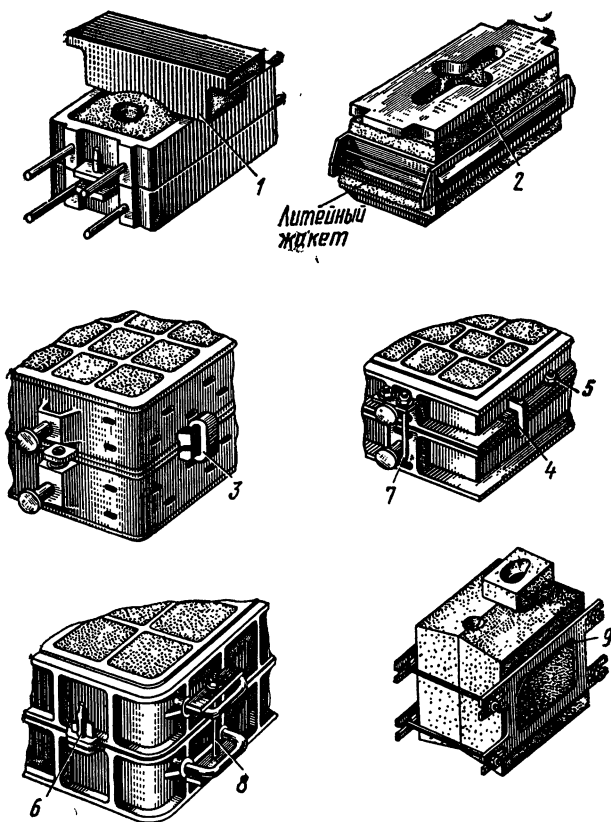


Рис. 2.25. Штыри:

а — неподвижные, *б* — съемные, 1 — модельная плита, 2 — опока, 3 — штырь, 4 — пружинная шайба, 5 — гайка, 6 — втулка



Литейный
жacket

Рис. 2.26. Способы скрепления полуформ перед заливкой:

1 — грузом в виде чушки чугуна, 2 — плоским грузом (для безопасных форм), 3 — скобами, набиваемыми на конусные приливы опоки, 4 — скобой с клином, 5 — болтами с винтовыми гайками, 6 — штырем с клином, 7, 8 — стальными стяжками, 9 — рамками и болтами (для стержневых форм)

съемных опоках предусмотрены специальные планки и ножи, которые перемещаются в плоскости разъема формы.

Штыри (рис. 2.25) являются приспособлениями, с помощью которых осуществляется центрирование опоки на модельной плите (рис. 2.25,а) и полуформ при подготовке формы к заливке (рис. 2.25,б). Штыри вытачиваются из прочной углеродистой инструментальной стали на металлорежущих станках. Учитывая их интенсив-

ное изнашивание во время использования опок и модельных плит, их подвергают упрочнению — закалке.

Литейные жакеты в виде сварных из листовой стали рамок (см. рис. 2.26) надевают на bezопочные формы при подготовке их к заливке для повышения прочности.

Крепежные приспособления (рис. 2.26) предназначены для надежного соединения полуформ при подготовке формы к заливке, что предупреждает вытекание заливаемого расплава по плоскости ее разъема.

Подопочные плиты предназначены для установки на них готовых литейных форм, направляемых от формовочных машин на заливку и выбивку с помощью напольного тележного конвейера в условиях массового и крупносерийного производства. Широко применяют легкие подопочные плиты, получаемые сваркой элементов из листовой углеродистой стали, жесткость рабочей поверхности которых обеспечивается ребрами, привариваемыми с тыльной их стороны.

2.6. МОДЕЛЬНО-ОПОЧНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

В массовом и крупносерийном производстве при ограниченной номенклатуре производимых отливок изготовление форм ведется с использованием модельно-опочных литейных комплектов, элементы которых спроектированы в расчете на конкретные

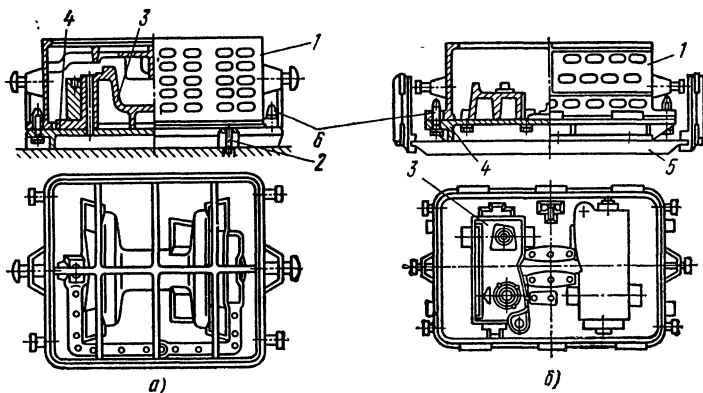


Рис. 2.27. Специализированные модельно-опочные комплекты для формовочных машин:

a — со штифтовым съемом полуформ, *б* — с поворотной плитой; *1* — опока, *2* — штифты машины, *3* — модели отливок, *4* — модельные плиты, *5* — поворотная плита машины, *6* — штыри

отливки (рис. 2.27). В этом случае значительные затраты на проектирование и изготовление специализированной технологической оснастки окупаются высокой производительностью труда при формовке и повышением качества отливок, что обуславливается:

1. Высокой металлоемкостью литейной формы (расположением в ней максимального числа отливок).

2. Минимальным расходом смеси на форму, что обуславливает снижение трудоемкости ее уплотнения в опоке и повышение производительности формовочных машин.

3. Более высокой скоростью кристаллизации литейного расплава и формирования отливки в форме благодаря минимальной толщине слоя формовочной песчано-глинистой смеси, обладающего более высокой теплопроводностью.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под модельным комплектом? Укажите разновидности литейных моделей, модельных плит и стержневых ящиков.

2. Из каких материалов изготавливают элементы модельного комплекта? Укажите преимущества деревянной, металлической и пластмассовой модельной оснастки.

3. Укажите технологические особенности изготовления литейных моделей, модельных плит и стержневых ящиков.

4. Какова роль модельного чертежа в работе модельного цеха? Укажите рекомендации, содержащиеся в модельном чертеже.

5. Перечислите технологические задачи, решаемые при разработке чертежа модельно-литейных указаний.

6. Перечислите приспособления, входящие в состав опочной оснастки.

7. Укажите область применения специальных модельно-опочных литейных комплектов и их преимущества.

3. ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СМЕСИ

3.1. НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

Разовые литейные формы и стержни изготавливают из материалов, которые называют формовочными. Различают исходные формовочные материалы, формовочные и стержневые смеси, а также вспомогательные формовочные составы.

Назначение. Исходные формовочные материалы разделяют на основные и вспомогательные.

К основным относят пески, являющиеся огнеупорной основой смесей, и связующие (глины, смолы и т. д.), соединяющие частицы песка между собой. Вспомогательные исходные материалы (различные добавки) предназначены для придания смесям специальных свойств, например повышенной газопроницаемости.

Для получения формовочных и стержневых смесей смешивают различные исходные формовочные материалы, при этом состав смеси и количество входящих в нее компонентов зависят от назначения смеси. Кроме свежих исходных формовочных материалов в состав смеси обычно входит бывшая в употреблении смесь, подвергнутая специальной обработке (например, охлаждению, дроблению, магнитной сепарации, просеиванию, увлажнению).

Вспомогательные формовочные составы (краски, клеи, пасты) предназначены для улучшения качества поверхности форм и стержней, придания ей определенных свойств, для соединения частей стержней.

Свойства смесей. Качество форм и стержней определяется свойствами формовочных и стержневых смесей, которые должны отвечать определенным требованиям.

Текучесть — это способность смесей перемещаться под действием внешних усилий и заполнять опоки и стержневые ящики.

Пластичность — это свойство смеси деформироваться под действием внешних усилий и сохранять полученную форму после удаления модели или стержневого ящика. Пластичность зависит от состава смеси, например в песчано-глинистых смесях от содержания в них глины и воды.

Прочность — способность смеси в уплотненном состоянии выдерживать не разрушаясь внешние воздействия. Она должна быть достаточной для того, чтобы формы и стержни не разрушались при их изготовлении, транспортировании, сборке и заливке расплавом.

Податливость — способность смеси в уплотненном состоянии деформироваться под действием сжимающих усилий, возникающих в процессе усадки при затвердевании и охлаждении отливок. При недостаточной податливости смеси в отливке могут образоваться трещины.

Газопроницаемость — свойство смеси пропускать газы, выделяющиеся при заливке и охлаждении из

расплава, из стержня и самой формы, а также воздух, находящийся в ее полости. При недостаточной газопроницаемости в отливках образуются газовые раковины и поры.

Огнеупорность — способность смеси не размягчаться и не расплавляться под действием теплоты заливаемого в форму расплава.

Термохимическая стойкость — свойство смеси не вступать в физическое и химическое взаимодействие с жидким металлом, его оксидами и газами, выделяющимися в процессе заливки форм. Низкая термохимическая стойкость приводит к образованию трудно отделимого пригара, ухудшающего качество поверхности отливок и затрудняющего их очистку.

Кроме того, смеси должны обладать достаточной живучестью, т. е. сохранять свои свойства после приготовления в течение заданного промежутка времени, малой газотворностью, т. е. не выделять большого количества газов в процессе заливки, выбиваемостью — легко удаляться из отливок после их охлаждения, негигроскопичностью.

3.2. ИСХОДНЫЕ ОСНОВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Формовочные пески. Для приготовления формовочных и стержневых смесей применяют главным образом кварцевые пески, основу которых составляет кремнезем (SiO_2), имеющий температуру плавления 1713°C . Они огнеупорны, обладают высокой прочностью и твердостью, широко распространены в природе, дешевы. В состав кварцевых песков входят также полевой шпат и слюда, содержащие оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, а также оксиды и гидраты оксидов железа. Эти примеси снижают огнеупорность кварцевого песка, увеличивая возможность образования пригара на отливках.

В состав кварцевых песков входит и глинистая составляющая. Пески, содержащие до 2% глины, называют кварцевыми, а содержащие от 2 до 50% — глинистыми.

Недостатком кварца является способность его при нагреве претерпевать полиморфные превращения, в результате которых изменяется структура зерен кварца, что сопровождается значительным изменением объема

3.1. Классификация и состав формовочных песков

Класс	Наименование песка	Содержание глинистой составляющей, %	Содержание кремнезема SiO ₂ , %	Содержание вредных примесей	
				оксиды щелочно-земельных и щелочных металлов, % не более	оксиды железа (Fe ₂ O ₃), % не более
Об1К	Обогащенный кварцевый	Не более 0,2	Не менее 98,5	0,40	0,20
Об2К		« » 0,5	» » 98,0	0,75	0,40
Об3К		» » 1,0	» » 97,5	1,00	0,60
1К	Кварцевый	» » 2,0	» » 97,0	1,20	0,75
2К		» » 2,0	» » 96,0	1,50	1,00
3К		» » 2,0	» » 94,0	2,0	1,50
4К		» » 2,0	« » 90,0	—	—
Т	Тощий	Св. 2,0 до 10,0	—	—	—
П	Полужирный	» 10,0 » 20,0	—	—	—
Ж	Жирный	» 20,0 » 30,0	—	—	—
ОЖ	Очень жирный	» 30,0 » 50,0	—	—	—

3.2. Группы формовочных песков

Пески	Группа	Номера сит смежных размеров на которых остаются зерна основной фракции
Грубый	063	1; 063; 04
Очень крупный	04	063; 04; 0315
Крупный	0315	04; 0315; 02
Средний	02	0315; 02; 016
Мелкий	016	02; 016; 01
Очень мелкий	01	016; 01; 0063
Тонкий	0063	01; 0063; 005
Пылевидный	005	0063; 005; тазик

зерен и приводит к постепенному их разрушению и увеличению содержания в песке пылевидных частиц.

По ГОСТ 2138—84 формовочные пески подразделяют на классы и группы. Класс песка определяется его химическим составом — содержанием SiO_2 , глинистой составляющей и вредных примесей (табл. 3.1), группа песка — размерами его зерен (табл. 3.2).

При изготовлении форм и стержней используют пески определенного гранулометрического состава, под которым понимают распределение частиц формовочного песка по размерам. Определение гранулометрического состава песка производят просеиванием его на специальном приборе с набором из калиброванных сит (см. 3.6). Песок, оставшийся в наибольшем количестве на трех смежных ситах, называется основной зерновой фракцией (см. табл. 3.2). По номеру среднего из трех сит обозначают группу песка.

Пески подразделяют на две категории А и Б. Пески с большим остатком на крайнем верхнем сите, чем на крайнем нижнем, относят к категории А, с большим остатком на крайнем нижнем — к категории Б. В марке формовочного песка на первом месте указывают класс песка, на втором — группу, на третьем — категорию. Например, маркой 1К02А обозначают кварцевый песок 1-го класса средней зернистости, группы 02, категории А. Различают природные и обогащенные формовочные пески (см. табл. 3.1). Обогащенные пески получают из природных, подвергая их специальной обработке для уменьшения содержания глинистой составляющей и вредных примесей.

Кварцевые пески классов 1К—4К используют для изготовления стержней, а также форм при получении отливок из стали и чугуна. Тощие и полужирные пески применяют для изготовления форм при производстве отливок из цветных сплавов и мелких чугунных отливок. Обогащенные кварцевые пески используют для получения форм и стержней, отверждаемых в горячей и холодной оснастке, так как глинистая составляющая и вредные примеси в таких смесях резко снижают скорость отверждения и прочностные свойства форм и стержней.

В целях снижения опасности образования пригара при получении крупных стальных отливок или отливок из легированных сталей взамен кварцевого песка используют высокоогнеупорные материалы, химически инертные к заливаемому сплаву и не имеющие поли-

морфных превращений при нагреве. К таким материалам относят хромистый железняк, циркон, магнезит, хромомагнезит.

Формовочные глины. Глина является наиболее распространенным связующим материалом в формовочных смесях. Формовочные глины, как и пески, относятся к осадочным горным породам. Они состоят из мельчайших частиц водных алюмосиликатов с размерами $< 0,022$ мм. Отличительной особенностью глины является способность набухать в воде, причем чем больше глина способна удерживать воды, тем выше ее связующие и пластические свойства.

В зависимости от минералогического состава глины подразделяют на три вида: бентонитовые, каолиновые, а также каолиногидрослюдистые и полиминеральные (ГОСТ 3226—77). Наиболее широко распространены в литейном производстве каолиновые и бентонитовые глины. Бентонитовые глины обладают очень высокими связующими свойствами, так как способны удерживать большее количество воды, чем другие виды глин. Это позволяет при их применении в 2—3 раза сократить содержание глины в формовочных смесях и этим повысить огнеупорность и газопроницаемость смесей. Бентонитовые глины используют при изготовлении высококачественных формовочных смесей, смесей для автоматических линий, где особенно необходимы смеси с высокими и стабильными свойствами. В связи с потерей кристаллизационной влаги при высоких температурах сушки (120—200 °С) бентонитовые глины необратимо теряют свою связующую способность, поэтому их применяют только для формовки по-сырому. Недостатком бентонитовых глин является и пониженная огнеупорность (1250—1300 °С).

Основным минералом каолиновых глин является каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, имеющий температуру плавления 1750—1787 °С. Каолиновые глины характеризуются меньшей способностью к набуханию в воде.

Помимо основного минерала в состав глин входят кварц, полевой шпат, слюда, а также вредные примеси: Fe_2O_3 , $Na_2O + K_2O$, $CaO + MgO$. Вредные примеси снижают огнеупорность глин, их термохимическую устойчивость.

По содержанию вредных примесей глины делят на три группы: с высокой T_1 , средней T_2 и низкой T_3 термохимической устойчивостью.

Связующая способность глины оценивается пределом прочности смеси на сжатие во влажном и сухом состояниях. По величине предела прочности во влажном состоянии формовочные глины делят на три группы: П — прочносвязующая, С — среднесвязующая и М — малосвязующая (табл. 3.3).

3.3. Классификация формовочных глин по прочности

Группа	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, кПа		Подгруппа	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, кПа
	бentonитовая глина	остальные виды глин		
П	127	108	1	540
С	108—127	78,5—108	2	345—540
М	90	49—78,5	3	345

В обозначении марки глины первая буква означает вид глины по минеральному составу, вторая — группу по пределу прочности во влажном состоянии, первая цифра — подгруппу по пределу прочности в сухом состоянии, а буква Т с индексом — группу глины по содержанию вредных примесей. Например, каолиновая формовочная глина прочносвязующая во влажном состоянии, среднесвязующая в сухом состоянии, с высокой термохимической устойчивостью обозначается КП2Т₁. Маркой БС1Т₃ обозначают бентонитовую формовочную глину, среднесвязующую во влажном состоянии, прочносвязующую — в сухом состоянии, с низкой термохимической устойчивостью.

Связующие материалы. Связующие материалы, входящие в состав стержневых и формовочных смесей, предназначены для склеивания зерен песка и придания смесям необходимой прочности вначале в сыром, а затем в сухом или химически отвержденном состоянии.

Связующие материалы подразделяют по химической природе — на органические и неорганические, по способности растворяться в воде — на водные и неводные, по характеру затвердевания — на затвердевающие необратимо, обратимо и с промежуточным характером затвердевания.

В отличие от неорганических, органические связую-

щие выгорают при заливке расплава в литейную форму, что обеспечивает хорошую податливость стержней и их выбиваемость. Неорганические связующие (жидкое стекло, цемент) не выгорают, что затрудняет выбивку форм и стержней. Водные связующие проявляют свои свойства после растворения их в воде (лигносульфонаты технические, декстрин, патока). Неводные связующие не растворяются в воде и используются в виде растворов в органических растворителях (спирте, ацетоне и др.).

Необратимо затвердевающие органические и неорганические связующие обеспечивают получение смесей, обладающих наибольшей прочностью в сухом состоянии. Из смесей на основе этих связующих изготавливают сложные тонкостенные стержни.

К этой группе относятся растительные масла (льняное масло, олифа, отходы хлопкового масла СКТ-10), масла, получаемые на основе продуктов переработки нефти (П, ПТ), синтетические смолы, а также жидкое стекло.

Связующие на основе масел затвердевают только в процессе тепловой сушки при температуре 200—220 °С. Процесс сушки является длительной и энергоемкой операцией. Кроме того, растительные масла дороги и дефицитны. Поэтому более широко применяются синтетические смолы, использование которых позволяет изготавливать стержни без сушки, отверждаемые химически с большой скоростью непосредственно в нагреваемой или холодной оснастке. В последнем случае в связующее вводят катализаторы—ускорители затвердевания. В промышленности наиболее широко применяют связующие холодного затвердевания на основе фенолофурановых (ФФ-1Ф), карбамидно-фурановых (фуритол, БС-40), фенолоформальдегидных смол (ОФ1, СФ-3042). В качестве связующих смесей, отверждаемых в нагреваемой оснастке, используют смолы (УКС, КФ-90, СФП-011Л и др.), которые при нагреве сначала расплавляются, связывая зерна песка, а затем необратимо твердеют, придавая стержню необходимую прочность.

Неорганическое связующее жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Особенностью жидкого стекла является способность быстро затвердевать при продувке углекислым газом или при тепловой обработке, что резко сокращает или устраняет операцию сушки.

Связующие, затвердевающие обратимо, восстанавливают свои свойства после охлаждения (канифоль, битумы, пеки) или при воздействии растворителя (лигносульфонаты технические, декстрин и др.). К связующим с промежуточным характером затвердевания относятся главным образом комбинированные составы, т. е. часть компонентов в них затвердевает необратимо, а часть обратимо. Стержневые смеси на основе этих связующих имеют повышенную прочность во влажном состоянии, их используют при изготовлении основной массы стержней. В промышленности широко применяют водорастворимые связующие этой группы. Наиболее дешевыми из них являются технические лигносульфонаты (ЛСТ)—продукты переработки древесины, поставляемые в жидком виде или в виде твердого концентрата. На их основе разработаны и широко применяются комбинированные связующие в виде эмульсий ЛСТ с окисленным петролатумом (СП) и тяжелой фракцией сланцевой смолы ГТФ (СБ).

Вспомогательные формовочные материалы. К ним относят различные добавки, вводимые в формовочные и стержневые смеси для увеличения их газопроницаемости, податливости, текучести и противопопригарных свойств.

Для защиты отливок от пригара на поверхности рабочих полостей форм и стержней наносят тонкий слой специальных противопопригарных материалов, в качестве которых используют каменноугольную и древесноугольную пыль, графит, мазут, пылевидный кварц и др. Эти материалы входят в состав облицовочных смесей (см. с. 73) и красок (см. с. 77).

Для устранения прилипания смеси к модели и стержневому ящику рабочую поверхность последних припыливают пудрой — ликоподием, тальком или графитом, а по плоскости разъема формы наносят в качестве разделительного слоя мелкий высушенный песок.

В качестве добавок, улучшающих податливость форм и стержней, используют обычно волокнистые вещества, выгорающие при высоких температурах и тем самым резко увеличивающие газопроницаемость смесей (торфяная крошка, опилки и др.).

Защитные присадки необходимо вводить в смеси при литье магниевых сплавов, которые легко окисляются в процессе заливки. В качестве защитных присадок используют серный цвет, борную кислоту, присадку ВМ.

Взаимодействуя с расплавом, они образуют защитную газовую прослойку или пленку, препятствуя окислению магния.

3.3. ФОРМОВОЧНЫЕ И СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ

Формовочные смеси. Формовочные смеси подразделяют по роду заливаемого металла — на смеси для получения отливок из сталей, чугуна и цветных сплавов; по характеру использования — на единые, облицовочные и наполнительные; по состоянию формы перед заливкой — на смеси для форм, заливаемых во влажном и в сухом состояниях.

Облицовочную смесь, оформляющую рабочую поверхность формы и непосредственно контактирующую с расплавом, тщательно готовят из наиболее доброкачественных исходных формовочных материалов, образуя из нее облицовочный слой толщиной 15—30 мм. Остальной объем опоки заполняют наполнительной смесью, состоящей в основном из оборотной смеси с небольшими добавками свежих исходных материалов. Наполнительная смесь значительно дешевле и проще в приготовлении, чем облицовочная. К ней предъявляются требования только по газопроницаемости и прочности, которые должны быть не ниже, чем у облицовочной смеси. Использование облицовочных и наполнительных смесей рационально в условиях мелкосерийного и единичного производства, особенно при изготовлении средних и крупных отливок.

Условия машинной формовки в серийном и массовом производстве определяют необходимость использования единых формовочных смесей. Такие смеси изготавливают из наиболее стабильных по составу и свойствам формовочных песков и прочносвязующих глин. В состав единой смеси входит до 15—20% свежих формовочных материалов.

При изготовлении форм, заливаемых во влажном состоянии (формовка по-сырому), используют формовочные смеси с содержанием глины не выше 14% и влажностью 3,5—5,5%. В смесях, предназначенных для изготовления форм, заливаемых в сухом состоянии (формовка по-сухому), содержание глины с целью повышения прочности может быть увеличено до 14—16% и более. Для улучшения пластичности и податливости этих смесей в них добавляют выгорающие добавки (торф, опил-

ки). Для форм, подсушиваемых с рабочей поверхности, используют облицовочные смеси с быстросохнущими связующими: жидким стеклом, СП, СБ.

Стальные отливки изготовляют в сырых, сухих или химически твердеющих формах. Смеси (табл. 3.4) для таких форм должны обладать повышенной огнеупорностью и прочностью, так как температура заливки стали составляет более 1500 °С. Для их изготовления используют кварцевые пески, в том числе и обогащенные, и прочносвязующую огнеупорную глину. С увеличением массы отливок увеличивают и зернистость песка с группы 016 (для изготовления мелких отливок) до 0315 (для изготовления массивных отливок). В целях предупреждения пригара, особенно при литье легированных сталей, применяют облицовочные смеси на основе высокоогнеупорных материалов (циркон и др.) либо окрашивают рабочую поверхность формы краской на их основе.

Формовочные смеси для чугунных отливок (см. табл. 3.4) изготовляют из менее огнеупорных мелко- и среднезернистых песков, так как температура заливки чугуна ниже, чем стали, и колеблется в зависимости от массы отливки и состава чугуна от 1240 до 1450 °С. В качестве противопригарной добавки используют каменноугольную пыль или древесный пек, образующие при воздействии теплоты расплава газы, защищающие поверхность отливки от пригара. Для увеличения податливости сухих форм в состав смеси вводят древесные опилки, торфяную или асбестовую крошку.

Смеси (см. табл. 3.4) для отливок из цветных сплавов изготовляют из материалов, к которым не предъявляются высокие требования по огнеупорности, так как температура заливки медных сплавов не превышает 1200 °С, алюминиевых и магниевых сплавов 800 °С. Поэтому наряду с кварцевыми используют глинистые пески класса П.

Условия работы высокопроизводительных автоматических формовочных линий (АФЛ) определяют повышенные требования к качеству формовочных смесей (табл. 3.5). Последние должны обладать высокими и стабильными технологическими свойствами — текучестью, прочностью, газопроницаемостью. Так, прочность смесей при сжатии во влажном состоянии должна составлять 150—250 кПа. Единые формовочные смеси для АФЛ готовят из высококачественных обогащенных песков с содержанием глинистой составляющей не

3.4. Составы и свойства формовочных смесей

Литейные сплавы	Смесь	Состав, % (мас.)							Свойства	
		оборотная смесь	кварцевый песок	марка песка	глина каолиновая (бентонитовая)	уголь	прочие добавки	вода сверх 100%	газопронитце-мость, ед.	прочность на сжатие, кПа
Серый чугун	Единая	90	8,2—9,0	K016, K02	1,5/0,7	0,3	—	4,0—5,0	50—80	39,2—49,0
	Облицовочная	70—80	16,2—22,5	K016, K02	2,5/1,2	0,8	0,02 0,02	0,5	50—60	49—68,6
Сталь углеродистая ¹	Единая	90	8,3—9,2	K02, K0315	1,7/0,8	—	—	3,0—3,5	80—100	49,0—58,8
Алюминиевые	Единая	80	10	K02, П0063	10 ¹	—	—	4,0—5,0	15	49,0—58,8

¹ Полужирный песок. ² Состав облицовочной смеси, % по массе: хромистый железняк — 99, ЛСТ — 1,0, вода — 7,0—9,0. Прочность на сжатие — 58,8—38,2 кПа.

3.5. Состав и свойства формовочных смесей для уплотнения на автоматических линиях

Металл	Способ уплотнения ¹	Состав смеси, % (мас.)						Свойства		
		оборотная смесь	кварцевый песок	бентонит	уголь	краскисодержащие добавки	поверхностно-активные вещества	влажность, %	прочность на сжатие во влажном состоянии, кПа	газопронитце-мость, ед., не менее
Чугун	1	95,5—97,5	2—4	0,2—0,3	0,1—0,2	0—0,05	0,01—0,03	2,4—3,8	60—90	100
	2	94,5—97	3—4	0,3—0,5	0,2—0,3	0,02—0,05	0,02—0,04	3,2—3,4	100—140	100
	3	94—96,5	3—5	0,4—0,7	0,4—0,5	0,05—0,1	0,04—0,05	3,0—3,2	150—200	120

¹ Способ уплотнения: 1 — встряхивание с допрессовкой, 2 — прессование под высоким давлением, 3 — прессование под высоким давлением с предварительным уплотнением

более 1%. В качестве связующего используют высокопрочные бентонитовые глины. Для стабилизации влажности (содержания влаги) готовых форм, повышения прочности и пластичности в смесь вводят крахмалсодержащие добавки. Высокая текучесть достигается использованием смесей с пониженной влажностью (3—3,8%) и введением в них поверхностно-активных веществ в количестве 0,1—0,5%. В качестве противопригарной добавки используют гранулированную каменноугольную пыль.

Стержневые смеси. Стержни, выполняющие различные полости в отливках, во время заливки расплава и формирования отливки находятся в более тяжелых условиях, чем форма, так как со всех сторон, кроме знаков, они окружены металлом, испытывая его тепловое и силовое воздействие. Кроме того, затруднен отвод из стержней газов, образующихся при выгорании связующих. По этим причинам к стержневым смесям предъявляются более высокие требования по прочности, податливости, газопроницаемости, огнеупорности, выбиваемости.

Стержневые смеси подразделяют на предназначенные для изготовления стержней, упрочняемых нагревом (смеси горячего отверждения), и не требующих тепловой обработки (холоднотвердеющие смеси).

Первую группу составляют смеси песчано-смоляные, на основе растительных масел и их заменителей (П, ПТ, КО, УСК), а также смеси на водных органических связующих (ЛСТ, декстрине). Две последние разновидности смесей широко используют в литейном производстве, сравнительно дешевы, обладают удовлетворительными свойствами (табл. 3.6). Однако изготовление стержней из этих смесей сопряжено с длительной тепловой обработкой (сушкой), что резко удлиняет технологический процесс, требующий значительных энергозатрат и производственных площадей.

Разработка и использование стержневых смесей, применение которых позволяет резко сократить длительность операции изготовления стержней, являются важным направлением совершенствования технологии литейного производства. Так, все большее распространение получают песчано-смоляные смеси, связующими в которых являются синтетические смолы, отверждающиеся при нагреве. Эти связующие способны затвердевать в результате полимеризации при 220—280 °С в течение

3.6. Составы и свойства смесей для изготовления стержней в производстве стальных и чугунных отливок

Класс стержня ¹	Состав, % масс.					Свойства			
	кварцевый песок	оборотная смесь	глина	связующее	древесная опилки	Газопроницаемость, ед.	Влажность, %	Предел прочности	
								на сжатие во влажном состоянии, кПа	на растяжение в сухом состоянии, кПа
I	100	—	—	Олифа, 4ГУ, ПВС—1,5	—	120	3	3—6	700—1000
II	98	—	2	КО, СКТ—10; УСК, П—2,0; ЛСТ—3,0	—	100	3	5—8	500—700
III	96	—	3	СП, СБ—3,0; ЛСТ—1,5	—	100	2	6—8	350—650
IV—V	64	30	6	КСТ—3,0	3	70	4	4—5	200

¹ См. с. 121.

короткого промежутка времени — от 2—3 мин до 40—70 с в зависимости от состава и размеров стержня. Стержни изготавливаются в нагретом металлическом стержневом ящике, приобретают до выема из него достаточную прочность и не деформируются при этой операции, что повышает размерную точность отливок.

Для приготовления смесей, упрочняемых в горячих ящиках, применяют ФФ-1Ф, КФ-90, ОФ-1 и другие синтетические смолы, а также обогащенные кварцевые пески Об1К и Об2К. Эти смеси являются дорогостоящими; их используют в условиях массового и крупносерийного производства.

Песчано-смоляные смеси, твердение которых осуществляется без нагрева за счет введения в них катализаторов, называют холоднотвердеющими смесями (ХТС). Их применение весьма перспективно, так как изготовленные из этих смесей стержни упрочняются непосредственно в стержневом ящике без воздействия теплоты. Применение ХТС позволяет значительно упростить технологический процесс и использовать не только метал-

лическую, но и более дешевую деревянную или пластмассовую оснастку.

В качестве связующего в этих смесях используют карбамидно-фурановые, фенолофурановые и некоторые другие синтетические смолы, а в качестве катализаторов, ускоряющих процессы твердения, — неорганические и органические кислоты (например, бензосульфокислоту или ортофосфорную кислоту). Количеством вводимого катализатора регулируют время живучести смеси, в течение которого смесь не теряет способности формоваться. Холоднотвердеющие смеси обладают высокой текучестью, прочностью в отвержденном состоянии, хорошей газопроницаемостью, выбиваемостью и податливостью. Длительность отверждения устанавливается в зависимости от характера производства и составляет от 40—60 с (для массового) до 30—40 мин (для мелкосерийного).

К холоднотвердеющим смесям на неорганических связующих относятся стержневые смеси с жидким стеклом. Песчано-жидкостекольные смеси широко применяют в единичном и серийном производстве при изготовлении формы и стержней, чему способствует низкая стоимость жидкого стекла. Химическое отверждение смеси осуществляется непосредственно в стержневом ящике или в опоке; продувкой углекислым газом или введением катализатора твердения — феррохромового шлака. При изготовлении форм и стержней используют два вида песчано-жидкостекольных смесей: пластичные и жидкоподвижные. Жидкоподвижные в отличие от пластичных (сыпучих) смесей, которые при изготовлении форм и стержней подвергают уплотнению, заливают в опоки и стержневые ящики и не уплотняют. Жидкоподвижное состояние смесь приобретает за счет введения в нее пенообразователей (поверхностно-активных веществ). Прочность, достаточную для извлечения стержня из стержневого ящика, смесь приобретает через 20—30 мин.

Применение ЖСС позволяет значительно снизить трудоемкость изготовления форм и стержней, механизировать и автоматизировать эти процессы даже в условиях разносерийного производства.

К недостаткам песчано-жидкостекольных смесей относятся плохая выбиваемость и малая податливость, повышенная склонность к пригару при литье черных сплавов, а также необходимость регенерации (см. с. 75)

перед повторным использованием. Для улучшения податливости и выбиваемости в смесь добавляют асбестовую крошку и древесные опилки.

3.4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ

Вспомогательные составы — припылы, краски, пасты, клеи — наносят на поверхность форм и стержней для защиты от пригара и снижения шероховатости поверхности отливок, соединения частей стержней. Поверхность сырых форм для получения чугунных отливок припыливают серебристым графитом и пылевидным кварцем, а при получении стальных отливок — порошками огнеупорных оксидов (кварца, циркона и др.).

Сухие формы и стержни покрывают противопопригарными красками. Нанесением красок создают на поверхности формы или стержня прочный и плотный слой огнеупорного материала, не взаимодействующий с расплавом и препятствующий проникновению его в поры между зернами смеси, что предупреждает образование пригара на отливках.

В состав красок входят огнеупорный материал, связующие, растворитель и специальные добавки. Огнеупорный материал выбирают в зависимости от рода заливаемого металла и массы отливки. Для стальных отливок применяют пылевидный кварц или циркон, для чугунных — графит или смесь из графита, кокса и пылевидного кварца, для отливок из цветных сплавов — тальк. В красках используют органические водорастворимые связующие в количестве 3—10%, например пектиновый клей, декстрин, лигносульфонаты технические. Для разведения красок применяют воду или органические жидкости. При изготовлении быстровысыхающих красок в качестве органических растворителей используют спирты, ацетон, уайт-спирит. Содержание растворителя в составе краски определяет ее вязкость, от которой зависит способность краски проникать в поры формы. Для предотвращения расслаивания красок в их состав вводят стабилизаторы: монтмориллонитовую глину (до 3,7%), техническое мыло (до 0,5%), поливиниловый спирт. Краску наносят на поверхность форм или стержней пульверизатором (реже кистью) в несколько слоев толщиной до 5 мм.

3.5. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Приготавливают формовочные и стержневые смеси в смесеприготовительном отделении литейного цеха, где размещаются склад формовочных материалов, оборудование для предварительной подготовки формовочных материалов и смесеприготовительные установки.

Подготовка свежих формовочных материалов. Она состоит обычно в сушке песка и глины, просеивании песка, помоле глины и угля, приготовлении глинистой или глинистоугольной суспензии.

Сушку песка и глины производят в сушильных печах при температуре 150—250 °С. Просушенные пески просеивают на механических ситах различной конструкции для отделения крупных частиц и посторонних примесей.

Огнеупорную глину используют для приготовления формовочной смеси в виде сухого порошка или водной суспензии. Для дробления и размалывания глины и угля применяют дробилки и мельницы различных типов. Применение суспензии исключает операции сушки и размола глины. В современных крупных литейных цехах предварительную обработку исходных формовочных материалов не производят, так как они поступают в готовом к употреблению виде.

Отработанная формовочная смесь перед ее повторным использованием проходит следующие операции обработки: разминание комьев смеси после выбивки сухих форм, отделение металлических частиц (крючков, шпилек, застывших капель металла) с помощью магнитных сепараторов, просеивание на механических ситах.

В современных литейных цехах массового производства отработанная смесь для автоматических линий проходит гомогенизацию (выравнивание состава и свойств), охлаждение, магнитную сепарацию. В специальных барабанах (гомогенизаторах) горячая отработанная смесь подвергается предварительному увлажнению и перемешиванию для усреднения состава и температуры, а затем продувается воздухом (рис. 3.1). Вследствие испарения воды в потоке воздуха смесь быстро охлаждается и обеспыливается. Освобожденная от металлических частиц, охлажденная и просеянная отработанная смесь поступает в бункера-накопители для повторного использования.

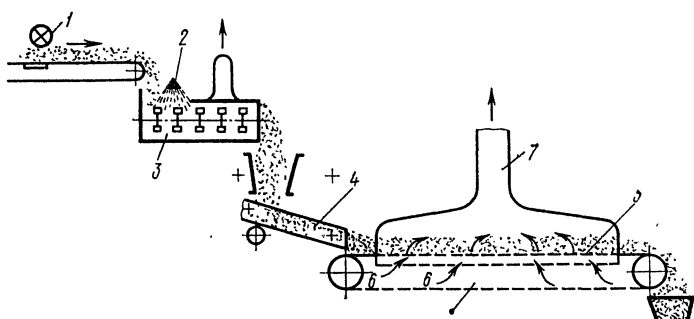


Рис. 3.1. Схема установки для гомогенизации и испарительно-го охлаждения отработанной формовочной смеси:

1 — весы, 2 — увлажнитель, 3 — гомогенизационный барабан с лопаточным смесителем, 4 — виброячейка, 5 — конвейер, 6 — воздух от вентилятора, 7 — отсос

Приготовление смесей. Для достижения высокого качества смесей необходимы точная дозировка исходных материалов, тщательное их перемешивание, вылеживание готовой смеси с целью выравнивания влажности и разрыхление смеси. Для дозировки применяют весовые и объемные дозаторы. Последние используют для взвешивания жидких составляющих — связующих и воды.

Важнейшей операцией в процессе приготовления смеси является перемешивание, обеспечивающее равномерное распределение всех компонентов в объеме смеси и обволакивание зерен песка тонкой пленкой связующего. Выполнение этих условий при перемешивании обеспечивает высокие технологические свойства смеси.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют литейные смесители каткового, лопастного и шнекового типов. Наиболее распространенными литейными бегунами с вертикально-вращающимися катками, сдвоенные бегуны и центробежные смешивающие литейные бегуны.

Смешивающие литейные бегуны представляют собой неподвижную чашу с двумя гладкими катками 1, 4, не касающимися ее дна и вращающимися вокруг вертикальной оси (рис. 3.2, а). Одновременно катки вращаются и вокруг своей горизонтальной оси вследствие трения о смесь, подаваемую в чашу. Смесь направляется под катки плужками 2 и 7. Готовая смесь выбрасывается через разгрузочное окно в дне чаши, которое открывается и закрывается с помощью пневмоцилиндров и

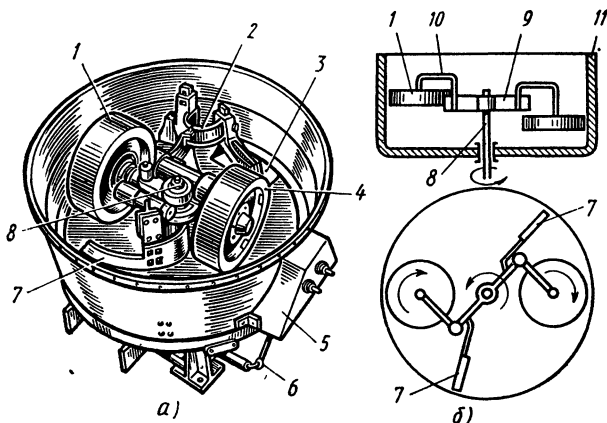


Рис. 3.2. Смешивающие бегуны с вертикальными катками (а) и центробежные (б):

1, 4 — катки, 2, 7 — плужки, 3 — окно в дне чаши, 5 — кожух, 6 — тяга, 8 — вертикальный вал, 9 — рычаг, 10 — кривошип, 11 — чаша

тяги. Такие бегуны являются смесителями периодического действия. Песок, вода и глина загружаются в бегуны дозаторами. Продолжительность перемешивания порции смеси зависит от ее назначения и состава и составляет для единой формовочной 2—4 мин, облицовочной — 2—9 и стержневой — 2—10 мин. Смешивающие бегуны обеспечивают высокое качество перемешивания формовочных и стержневых смесей вследствие активного перетирающего действия катков. Недостатком их является невысокая производительность, ввиду чего они используются только в цехах с небольшим объемом производства.

В современных автоматизированных цехах применяют смесители непрерывного действия, в которых загрузка, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. К смесителям непрерывного действия, используемым для приготовления больших объемов единых и наполнительных смесей, относятся высокопроизводительные центробежные (или маятниковые) смешивающие литейные бегуны с катками, вращающимися в горизонтальной плоскости (рис. 3.2, б). Ободы катков и чаша в них облицованы резиной, что позволяет повысить скорость качения катков и увеличить производительность их в 3—5 раз по сравнению со смешивающими бегунами с вертикально-вращающимися

катками. Наличие вентилятора позволяет дополнительно охлаждать смесь и обеспыливать ее. В центробежном смесителе плужки 7 со значительной скоростью отбрасывают смесь на борт чаши, к которому она прижимается и движется под действием центробежных сил. Во время это-

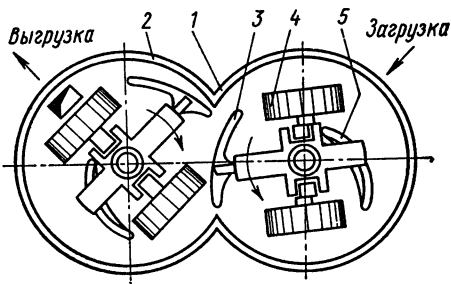


Рис. 3.3. Схема каткового смесителя непрерывного действия:

1, 2 — смежные чаши, 3, 5 — плужки, 4 — катки

го движения происходит перемешивание, перетиравание отдельных слоев смеси катками. Продолжительность перемешивания единой смеси составляет 2—4 мин, облицовочной и стержневой — до 3 мин.

Широкое применение находят и непрерывно действующие сдвоенные литейные бегуны, имеющие две пары вертикальных катков и две сообщающиеся между собой чаши (рис. 3.3). Загрузка исходных составляющих смеси производится непрерывно в чашу 1, а выдача готовой смеси происходит также непрерывно из чаши 2 через окно в ее борту.

Приготовленные песчано-глинистые смеси передаются из смешивающих литейных бегунов в бункера-отстойники, где смесь выдерживается 2—3 ч с целью выравнивания влажности и стабилизации свойств по всему объему. Затем уплотненную от вылеживания смесь дополнительно разрыхляют, пропуская ее через специальные установки — литейные разрыхлители, лопастные (азраторы) и дисковые (дезинтеграторы). Разрыхленная смесь направляется в формовочное отделение конвейером к расходным бункерам.

Лопастные (рис. 3.4) и шнековые смесители применяют для приготовления пластичных (например, песчано-смоляных) и жидкоподвижных самотвердеющих смесей, а также сыпучих смесей, используемых для изготовления оболочковых форм и стержней (см. гл. 11). Такие смесители обеспечивают равномерное распределение составляющих и хорошее их перемешивание, но не создают оболочки вокруг зерен из-за отсутствия перетирающего действия на смеси.

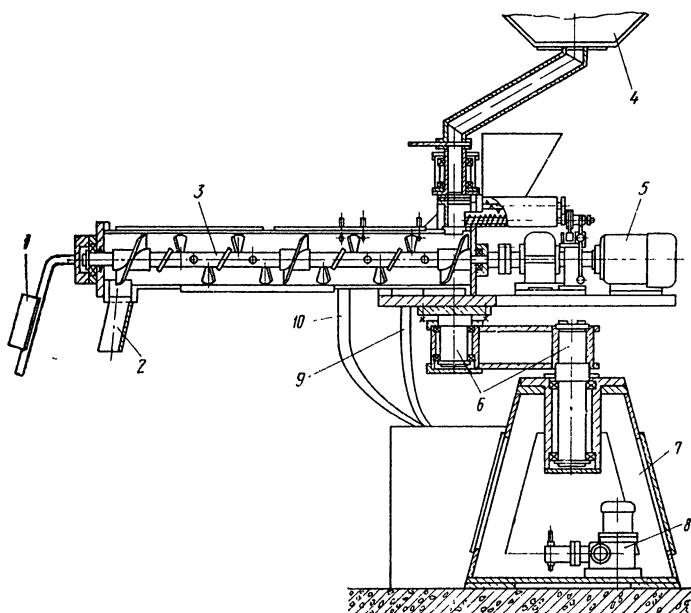


Рис. 3.4. Полуавтоматическая поворотная установка для приготовления холоднотвердеющих смесей:

1 — рукоятка с пультом управления, 2 — лоток выдачи смеси, 3 — лопастной смеситель, 4 — бункер с песком, 5 — привод, 6 — ось поворота смесителя, 7 — основание, 8 — насосы-дозаторы для перекачки жидких компонентов в смеситель, 9 — шланг для подачи смолы, 10 — шланг для подачи катализатора

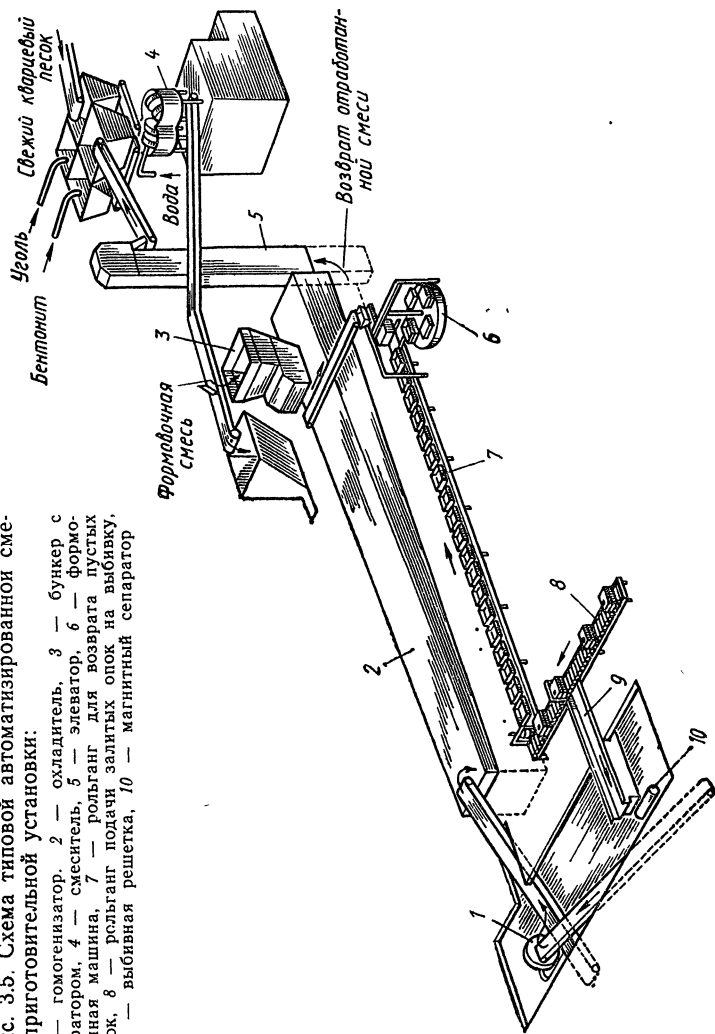
В установке (рис. 3.4) сухой песок, поступающий из бункера 4, лопастным смесителем непрерывного действия 3 перемешивается с жидкими составляющими — смолой и катализатором, поступающими через дозатор 8 по шлангам 10 и 9. Длительность перемешивания смеси 1,5—2 мин. Готовая смесь непрерывно выдается с лотка 2 в стержневой ящик.

В литейных цехах массового производства применяются автоматические линии формовки, включающие в себя полностью автоматизированные смесеприготовительные установки (рис. 3.5).

В цехах с поточным механизированным производством отливок, потребляющих большое количество одинаковых по составу смесей, приготовление их производят в центральном смесеприготовительном отделении, где машины, транспортеры и устройства для переработки

Рис. 3.5. Схема типовой автоматизированной смесиготовительной установки:

1 — гомогенизатор, 2 — охладитель, 3 — бункер с азратором, 4 — смеситель, 5 — элеватор, 6 — формовочная машина, 7 — рольганг для возврата пустых опок, 8 — рольганг подачи залитых опок на выбивку, 9 — выбивная решетка, 10 — магнитный сепаратор



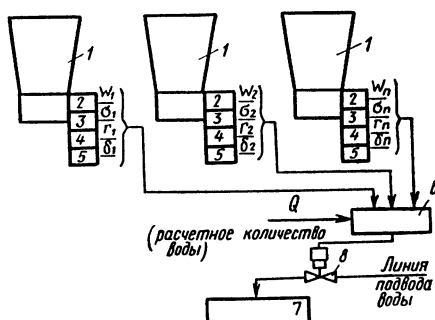


Рис. 3.6. Схема автоматического управления процессами смесеприготовления:

1 — бункера, 2, 3, 4, 5 — контрольно-измерительные приборы для проверки соответственно влажности W , прочности σ , газопроницаемости Γ , плотности δ смеси, 6 — электронно-вычислительная машина, 7 — смеситель, 8 — клапан

исходных материалов, приготовления смесей и передачи их к местам изготовления форм и стержней объединены в единую центральную смесеприготовительную систему (ЦСС) с автоматическим управлением (рис. 3.6). Специальные устройства контролируют физико-механические свойства и дозируемое количество исходных составляющих формовочной смеси. Информация от контрольно-измерительных приборов влажности, прочности, газопроницаемости, плотности поступает в управляющую электронно-вычислительную машину 6, в которую предварительно введены расчетные данные для приготовления формовочной смеси. ЭВМ оценивает соответствие поступающей информации расчетным данным и при необходимости выдает команду на регулирующий клапан дозирования воды 8.

Регенерация формовочных и стержневых смесей. Отработанные формовочные и стержневые смеси подвергаются специальной обработке — регенерации с целью восстановления первоначальных свойств песка для его повторного использования, что позволяет значительно сократить расход свежих формовочных материалов. После предварительной обработки (магнитной сепарации, дробления, просеивания) от зерен кварцевого песка отделяют пленки связующего и других добавок. Различают сухую, мокрую, термическую и механическую регенерацию. При сухой регенерации производят только классификацию зерен по размерам и удаление пыле-

видных составляющих песка. При мокрой регенерации с помощью воды отделяют глину и водорастворимые связующие, после чего песок сушат и классифицируют по размерам зерен. При термической регенерации в процессе высокотемпературного нагрева сгорают пленки органических связующих, главным образом синтетических смол.

В процессе механической регенерации очистка зерен песка происходит вследствие взаимного трения песчинок, достигаемого при обработке смеси в мельницах различного типа и пневморегенераторах.

3.6. КОНТРОЛЬ ИСХОДНЫХ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СМЕСЕЙ

Качество отливок в значительной степени зависит от свойств формовочных материалов, поэтому необходим тщательный контроль их. Контроль формовочных материалов осуществляется в цеховой или заводской лаборатории по стандартным методикам. Стандарты (ГОСТ 23409.0—78÷ГОСТ 23409.26—78) на методы испытаний формовочных песков, а также формовочных и стержневых смесей включают 26 видов контроля: содержания примесей (оксидов кальция, магния, железа, титана, алюминия), влаги, прочности смесей при комнатной и высоких температурах, газопроницаемости, осыпаемости, гигроскопичности, текучести при динамическом и статическом уплотнениях, газотворности. Предусмотрены методики определения формуемости смесей, содержания глинистой составляющей, объемного расширения и спекаемости песков, а также формы зерен и гранулометрического состава, модуля мелкости и среднего размера их зерен. Для контроля жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) предусмотрены методики определения их подвижности и пенообразующей способности, а также устойчивости пены растворов поверхностно-активных веществ.

Описание некоторых наиболее широко используемых стандартных методов контроля формовочных материалов приведено ниже.

Определение глинистой составляющей проводится методом отмучивания. В стеклянный сосуд емкостью 1000 мл помещают 50 г контролируемого формовочного материала, приливают 475 мл воды и 25 мл водного раствора едкого натра. Сосуд закрывают,

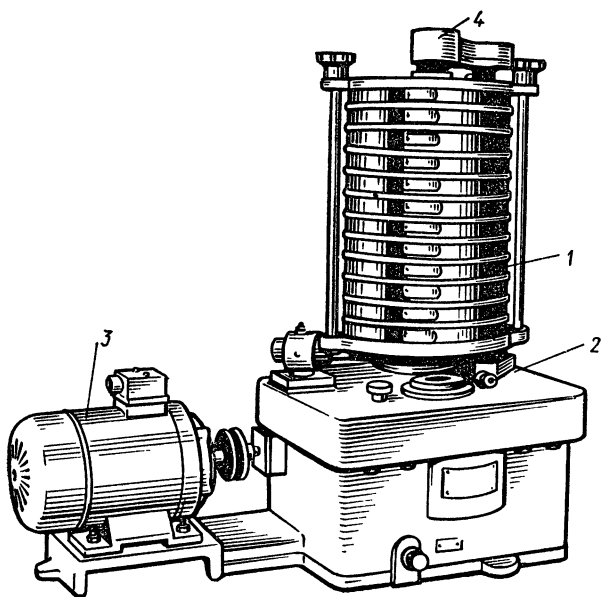


Рис. 3.7. Прибор для контроля зернового состава формовочных песков модели 029

устанавливают на лабораторную мешалку и взбалтывают в течение одного часа, после чего доливают водой, перемешивают палочкой, отстаивают 10 мин и сливают воду с помощью U-образной трубки до уровня 12 мм от поверхности осадка. Операции с доливанием воды, отстаиванием ее и сливом, называемые отмучиванием, повторяют до тех пор, пока вода в сосуде после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной. Осадок сушат, прокаливают, взвешивают и с учетом потери массы исходной навески рассчитывают массовую долю глинистой составляющей.

После отделения от песка или смеси глинистой составляющей оставшаяся часть навески подлежит испытаниям для определения гранулометрического состава, модуля мелкости и среднего размера зерна песчаной основы.

Гранулометрический состав исследуется путем сухого рассева зерновой песчаной основы с последующим определением классов крупности по массе остатков ее на каждом из сит стандартного набора. Прибор для гранулометрического анализа (рис. 3.7) состоит из набора

стандартных сит 1, столика 2, на котором они установлены, электродвигателя 3, передающего через эксцентриковый вал колебательное движение столику с ситами, и рычажного ударного механизма 4. Частота вращения эксцентрика ~ 300 об/мин, а ударов рычага — 180 в минуту, 11 сит набора имеют диаметр обечайки 200 мм и сетки с размерами ячеек от 2,5 до 0,05 мм. Навеска исследуемого песка помещается на верхнее сито набора, в котором сита расположены в нисходящем порядке.

Просевание пробы песка после включения встряхивающе-ударного механизма продолжается 15 мин. По истечении указанного времени прибор выключают, снимают сита и остаток на каждом из них взвешивают. Массовую долю остатка на каждом сите выражают в процентах от массы исходной навески. Основной фракцией считается наибольшая сумма остатков на трех смежных ситах (см. табл. 3.2). Величина зерна характеризуется номером сита, на котором остается данное зерно после прохождения его сквозь предшествующее сито. Размером зерна определяется группа песка.

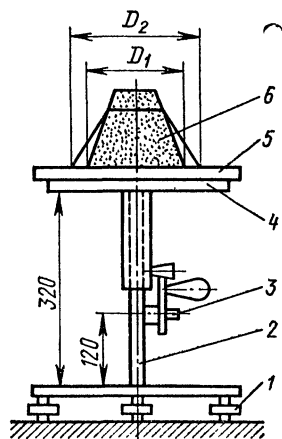
По результатам определения гранулометрического состава песчаной основы вычисляют модуль мелкокости ее (a): $a = \sum a_i \cdot m / \sum m$, где a_i — постоянная для каждой сетки величина, приводимая в специальной таблице; m — масса остатка на сетке, г.

Определяют также средний размер зерна построением интегральной кривой.

Для определения предела прочности на растяжение сухих формовочных и стержневых смесей изготавливают образцы, имеющие форму «восьмерки» (см. рис. 3.13). Такие образцы уплотняют на стандартном копре, в стальном разъемном стержневом ящике и сушат по режиму, установленному для испытуемой смеси.

Рис. 3.8. Схема испытания образца формовочной смеси на текучесть при динамическом уплотнении:

1 — регулирующие винты платформы прибора, 2 — стойка, 3 — кулачок для подъема встряхивающего стола, 4 — стол, 5 — плексиглазовая пластина, 6 — образец



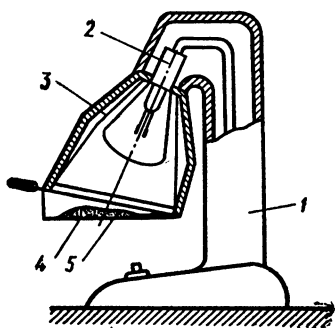
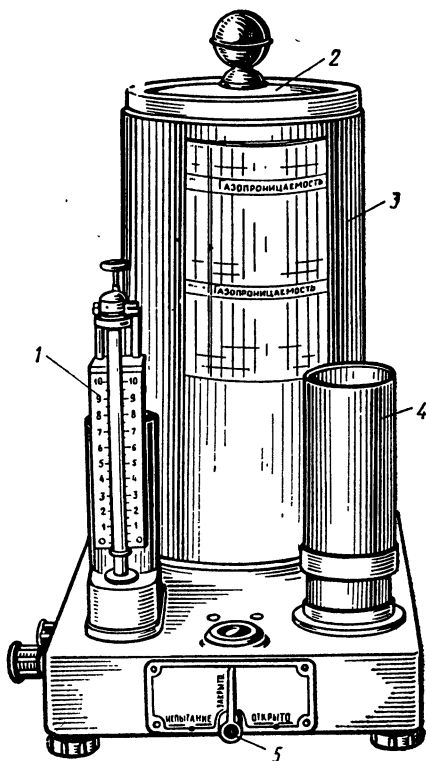


Рис. 3.9. Прибор для ускоренного определения влажности:

1 — стойка, 2 — лампа, 3 — отражатель, 4 — лоток, 5 — навеска песка

Рис. 3.10. Прибор для контроля газопроницаемости смесей:

1 — манометр, 2 — колокол (резервуар с пропускаемым через образец воздухом); 3 — бак с водой, обеспечивающий плавное опускание колокола по мере истечения из него воздуха, 4 — гильза с испытуемым образцом, 5 — трехходовой кран для включения прибора

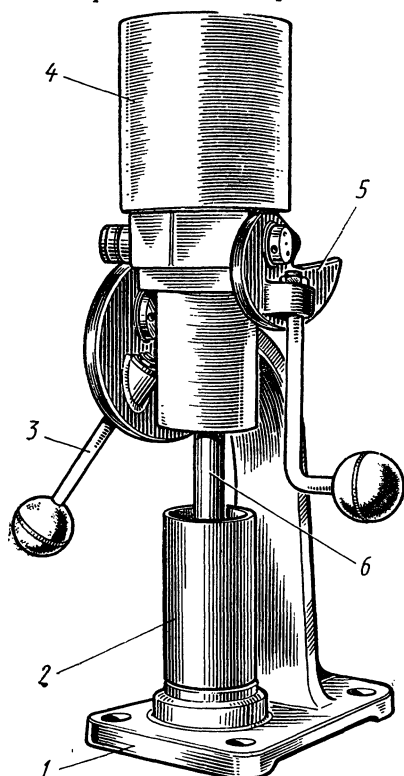


Определение содержания в формовочных материалах примесей оксидов (железа, кальция, магния и др.) производят химическими методами.

Текущность смесей при динамическом уплотнении определяется по разности до и после встряхивания диаметров специального образца в виде усеченного конуса, изготовляемого в стержневом ящике с внутренними диаметрами 110 (у основания) и 35 (у вершины) мм и высотой 75 мм. Схема испытания образца и его деформации при динамическом воздействии представлена на рис. 3.8. Текущность (T) выражается в миллиметрах и вычисляется по формуле $T = D_2 - D_1$.

Определение содержания влаги в песках, формовочных и стержневых смесях основано на вычислении потери массы навески испытуемого материала массой 50 г, после высушивания при 105—110°C

Рис. 3.11. Лабораторный копер для изготовления стандартных цилиндрических образцов формовочных материалов при испытании их на прочность и газопроницаемость:



1 — столик копра, 2 — гильза для набивки образца, 3 — ручка эксцентрика для подъема уплотняющего устройства при установке гильзы 2 на столик прибора, 4 — падающий груз, уплотняющий образец, 5 — кулачок для подъема груза и сбрасывания его, 6 — шток с плунжером, передающим уплотняемому образцу ударное воздействие груза 4

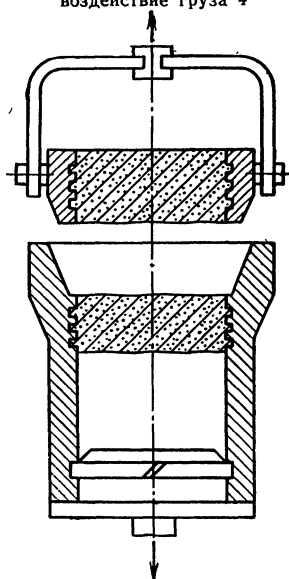


Рис. 3.12. Схема испытания влажных формовочных смесей на прочность при растяжении

до постоянной массы. По разности масс чаш с навесками до (m_1) и после сушки (m_2) определяют массовую долю влаги (X) в процентах: $X = (m_1 - m_2) 100 / m$, где m — масса навески песка или смеси, г.

Применяют и ускоренный метод, при котором навеску быстро (за 10 мин) высушивают в специальном приборе с инфракрасной лампой (рис. 3.9), затем взвешивают и определяют содержание влаги по указанной выше формуле.

Определение газопроницаемости смеси проводят на приборе (рис. 3.10), принцип действия

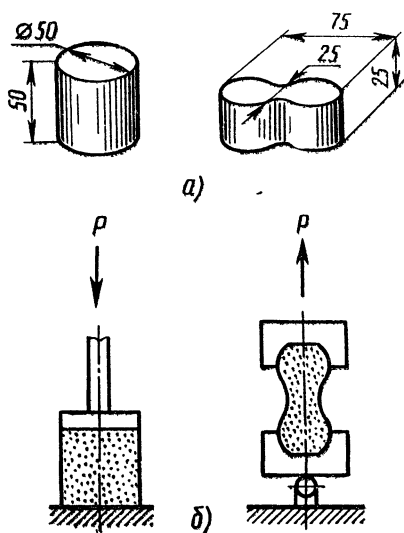


Рис. 3.13. Стандартные образцы (а) и схема их испытания на сжатие и растяжение (б)

которого основан на продувании определенного объема воздуха через испытуемый стандартный цилиндрический образец диаметром и высотой 50 мм. Образец из влажного песка, влажных или сухих формовочных и стержневых смесей изготавливают на стандартном лабораторном копре (рис. 3.11) при уплотнении в стальной цилиндрической гильзе 2 навески смеси тремя ударами падающего с высоты 50 мм груза 4 массой 6,35 кг. Для изготовления образцов из жидких самотвердею-

щих смесей применяют разъемные стальные гильзы с внутренним диаметром и высотой 50 мм. По значению величины давления в гильзе под образцом определяют газопроницаемость с помощью переводной таблицы, которая для удобства работы обычно закрепляется на баке 3 прибора (см. рис. 3.10).

Определение предела прочности на растяжение влажных формовочных смесей проводят по схеме, показанной на рис. 3.12, используя специальную разъемную гильзу.

Для определения предела прочности на сжатие влажных формовочных песков, формовочных и стержневых смесей, на срез влажных формовочных смесей, на сжатие сухих формовочных и стержневых смесей используют стандартные образцы (рис. 3.13) диаметром и высотой 50 мм.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные и вспомогательные исходные материалы, применяемые для приготовления формовочных и стержневых смесей.

2. Расскажите об основных свойствах формовочных и стержневых смесей.

3. Что такое формовочные пески и глины? Что означают цифры и буквы, входящие в их обозначения?

3. Расскажите о назначении связующих материалов. Приведите примеры различных связующих.

5. Что такое формовочная смесь? Расскажите о формовочных смесях, применяемых при литье чугуна, стали и цветных сплавов.

6. Что такое стержневая смесь? Назовите ее основные свойства.

7. Расскажите о горяче- и холоднотвердеющих смесях.

8. Какие формовочные материалы относятся к вспомогательным?

9. В чем заключается технологический процесс приготовления формовочных и стержневых смесей? Что такое регенерация смесей?

10. Перечислите основные методы контроля свойств формовочных материалов и смесей.

4 .ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

4.1. РУЧНАЯ ФОРМОВКА

Совокупность технологических операций по изготовлению литейных форм и стержней, способных выдержать воздействие расплавленного металла и сообщить ему свои очертания, называется **формовкой**.

Основными операциями ручной формовки являются наполнение опоки формовочной смесью, уплотнение ее, извлечение модели и сборка формы. Эти трудоемкие и ответственные операции требуют большого умения, аккуратности и высокой квалификации рабочего-формовщика. Различают следующие основные разновидности ручной формовки: в опоках, почве и кессонах, по шаблонам, в стержнях. Наиболее распространена формовка в опоках или в почве, позволяющая изготовить формы любой сложной конфигурации для изготовления как мелких и средних, так и крупных отливок. В большинстве случаев применяют формовку в парных спочах по неразъемной и разъемной моделям. При производстве единичных крупных и средних отливок в ряде случаев используют шаблоны или скелетные модели, что позволяет значительно снизить расходы на модельную оснастку. Формовку в стержнях используют при получении сложных отливок ответственного назначения с повышенной размерной точностью и малой шероховатостью поверхности.

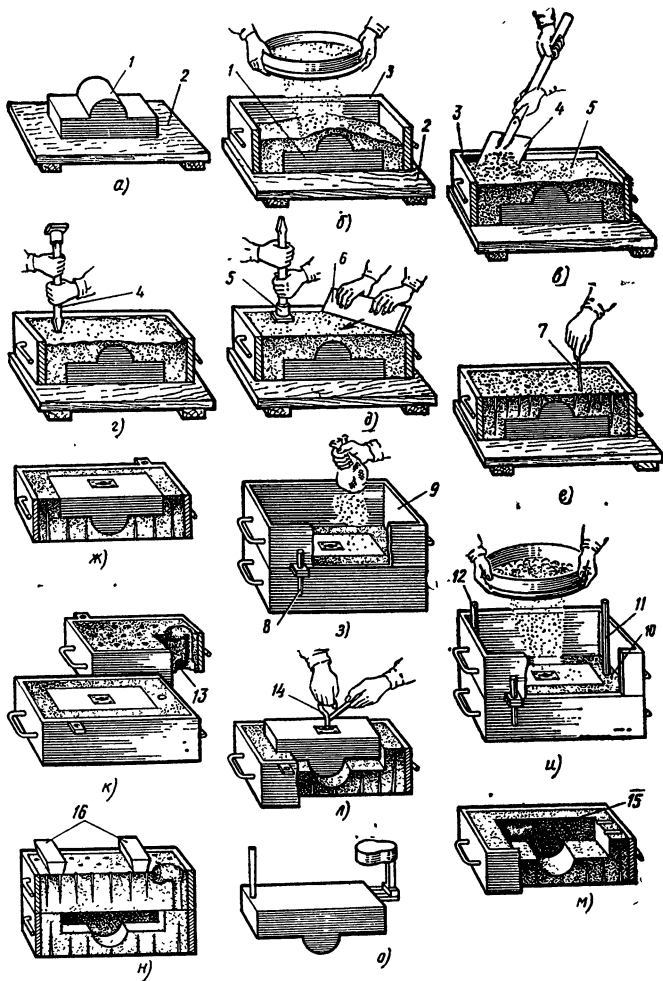


Рис. 4.1. Последовательность выполнения технологических операций формовки в двух опоках по неразъемной модели

Формовка в опоках. При формовке в опоках по сравнению с формовкой в почве обеспечивается более высокая производительность, улучшаются условия труда, повышается размерная точность форм, что обеспечивает значительную распространенность способа, особенно формовки в парных опоках. Значительно реже используют формовку в трех опоках и более. Формовка в опоках отличается большим разнообразием приемов, позволяющих обеспечить минимальные затраты труда и расходы на очистку при заданной серийности отливок. К ним относятся, например, формовка с подрезкой, с ложной модельной плитой или опокой, с отъемными частями, с перекидным болваном.

Формовка в двух опоках по неразъемной модели. Неразъемные модели просты и дешевы в изготовлении. Для формовки нижней полуформы модель отливки 1 и опоку 3 устанавливают на подопочную плиту 2 (рис. 4.1,а) так, чтобы расстояние между стенкой опоки и моделью было не менее 25 мм. Модель припыливают ликоподием или серебристым графитом, чтобы предотвратить прилипание к ней формовочной смеси. Обычно используют облицовочную и наполнительную смеси. Модель покрывают сначала слоем просеиваемой через сито облицовочной смеси толщиной 15—20 мм для мелких и 30—40 мм для крупных отливок (рис. 4.1,б). Затем оставшийся объем опоки заполняют наполнительной смесью в несколько приемов слоями толщиной 50—70 мм (рис. 4.1,в) и уплотняют их ручной формовочной набойкой 4 (рис. 4.1,г), а верхний слой — башмаком трамбовки 5 (рис. 4.1,д). Излишек смеси очищают линейкой 6 вровень с кромками опок, образуя поверхность, называемую контрладом, и накальвают на ней вентиляционной иглой 7 вентиляционные каналы, не доходящие до модели на 10—15 мм (рис. 4.1,е). Готовую нижнюю полуформу вместе с заформованной в ней моделью поворачивают на 180° (рис. 4.1,ж) и устанавливают на нее по центрирующим штырям 8 верхнюю опоку 9 (рис. 4.1,з). Плоскость разъема (лад) присыпают мелким разделительным песком с целью предотвращения слипания формовочной смеси нижней и верхней полуформ. После этого в верхней опоке устанавливают модели элементов литниковой системы (коллектора 10, стояка 11 и выпора 12), насеивают слой облицовочной смеси так, чтобы он закрыл модель (рис. 4.1,и), после чего весь объем верхней опоки заполняют наполнитель-

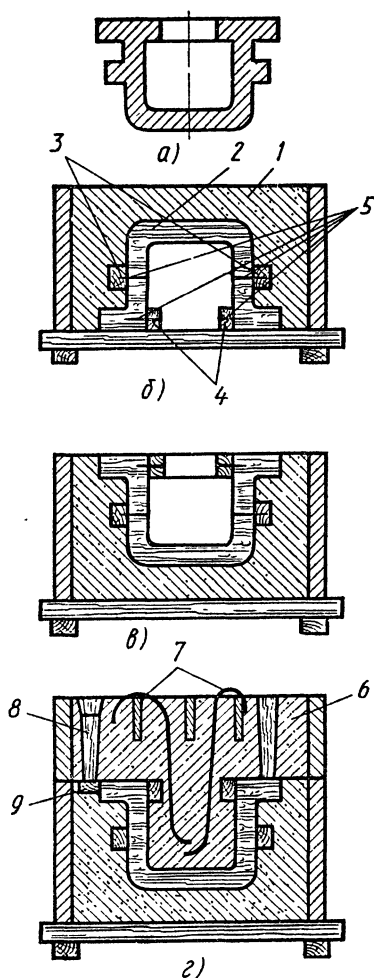


Рис. 4.2. Формовка по модели с отъемными частями:

а — отливка, *б* — формовка нижней полуформы, *в* — поворот нижней полуформы на 180° и удаление шпилек из отъемной части 3; *г* — формовка верхней полуформы; 1 — нижняя полуформа, 2 — модель, 3, 4 — отъемные части, 5 — шпильки, 6 — верхняя полуформа, 7 — стальные крючки, упрочняющие выступающую часть верхней полуформы («болван»), 8 — модель стояка, 9 — модель питателя

ной формовочной смесью и уплотняют ее. Излишек смеси срезают, делают вентиляционные каналы, прорезают литниковую чашу и извлекают модель стояка и выпора. Готовую верхнюю полуформу 13 снимают (рис. 4.1, *к*), поворачивают ладом вверх и осматривают. Затем специальным подъемником 14 извлекают модель, слегка расталкивая ее для облегчения выема (рис. 4.1, *л*). Форму осматривают, исправляют поврежденные места специальным формовочным инструментом (гладилками, ланцетами). При изготовлении чугунных отливок отделанную поверхность рабочей полост

ти формы 15 (рис. 4.1, *м*), предназначенной для заливки по-сырому, присыпают древесноугольным порошком или каменноугольной пылью, а формы, предназначенные для заливки по-сырому, окрашивают сразу после сушки для улучшения качества поверхности отливок. Затем собирают полуформы по центрирующим штырям 8 и устанавливают груз 16 (рис. 4.1, *н*), после чего производят заливку. Полученная отливка с литниковой системой показана на рис. 4.1, *о*.

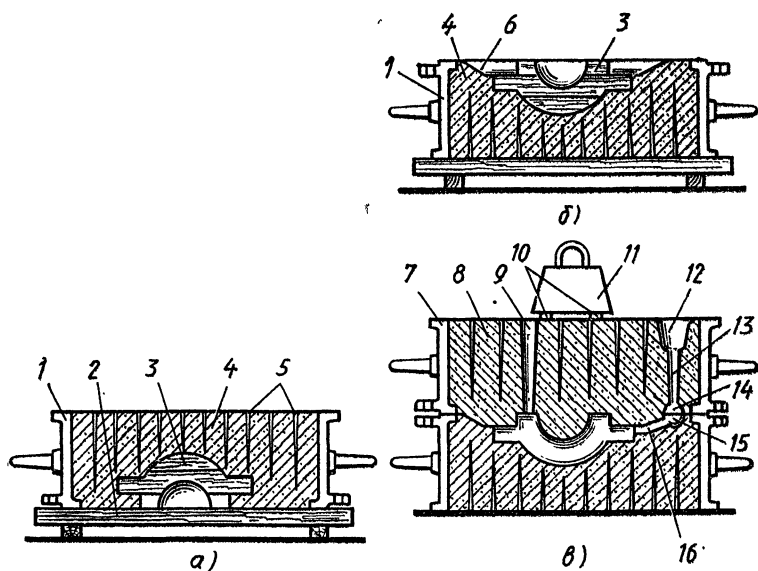


Рис. 4.3. Формовка с подрезкой по неразъемной модели:
а — изготовление нижней полуформы, *б* — выполнение подрезки в нижней полуформе, *в* — собранная и подготовленная к заливке форма; 1 — нижняя опока, 2 — подмодельная плита (щиток), 3 — модель, 4 — нижняя полуформа, 5 — вентиляционные каналы, 6 — поверхность разъема формы после подрезки, 7 — верхняя опока, 8 — верхняя полуформа, 9 — выпор, 10 — прокладки под грузом, 11 — груз, 12 — литниковая чаша, 13 — стояк, 14 — коллектор, 15 — металлоприемник, 16 — питатель

В ряде случаев формовку производят по модели с отъемными частями, которые крепятся на ней с помощью шпилек. При этом если направление извлечения отъемной части не совпадает с направлением удаления из формы модели, то вначале извлекают модель, а затем отъемную часть. Схема процесса и последовательность выполнения основных технологических операций формовки по модели с отъемными частями показаны на рис. 4.2.

Формовка по разъемной модели является наиболее распространенной для изготовления различных по конфигурации отливок. Обычно применяют модели с горизонтальной плоскостью разъема, совпадающей с плоскостью разъема формы. Последовательность выполнения основных технологических операций формовки в двух опоках по разъемной модели показана на рис. 1.4 в гл. 1.

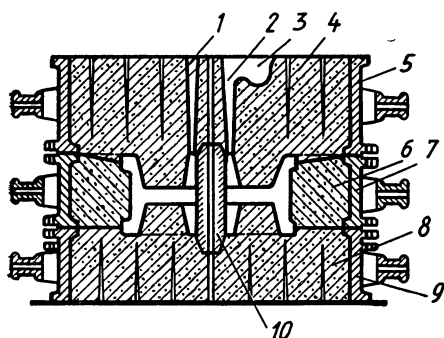


Рис. 4.4. Форма для отливки шкива, изготовленная в трех опоках:

1 — выпор, 2 — стояк, 3 — литниковая чаша, 4 — верхняя часть формы, 5 — верхняя опока, 6 — средняя часть формы, 7 — средняя опока, 8 — нижняя часть формы, 9 — нижняя опока, 10 — стержень

Формовку с подрезкой выполняют, как правило, по неразъемной модели, более простой и дешевой в изготовлении, чем разъемная. Кроме того, неразъемные модели прочнее разъемных, а использование их позволяет получить более точную форму. Однако формовка с подрезкой более трудоемка и сложна, поэтому ее используют в случаях, когда сокраще-

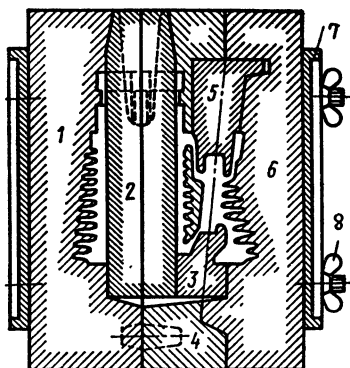
ние трудозатрат на изготовление моделей более существенно, чем увеличение продолжительности и сложности формовки, в основном при изготовлении отливок штучных или небольшими сериями.

Неразъемную модель 3 и опоку 1 (рис. 4.3, а) устанавливают на подопочную плиту и формируют нижнюю полуформу 4. Затем ее поворачивают на 180° и с помощью гладилки или ланцета срезают ту часть формовочной смеси, которая мешает беспрепятственному извлечению модели (рис. 4.3, б). Эта операция называется подрезкой. Теперь разъем формы становится уже не плоским, а фасонным (6). Далее на нижнюю опоку 1 устанавливают верхнюю 7, в которой размещают модели литниковой системы, и формируют верхнюю полуформу по ранее изложенной технологии. Затем модель 3 из нижней опоки удаляют, форму отделяют и собирают для заливки (рис. 4.3, в).

Формовку в нескольких опоках используют в случаях, когда отливка по высоте не размещается в двух опоках или если для обеспечения удобного извлечения модели из формы или рационального размещения литниковой системы в форме требуется не одна, а две и более плоскости разъема. На рис. 4.4 показана форма для отливки шкива в трех опоках. Форма изготовлена по разъемной модели, причем вначале изготавливают среднюю часть 6 формы в опоке 7, затем нижнюю

Рис. 4.5. Стержневая форма для изготовления цилиндра двигателя внутреннего сгорания:

1, 2, 3, 4, 5, 6 — стержни 7 — пластины, 8 — стяжки



8 и верхнюю 4 соответственно в опоках 9 и 5.

Формовка в стержнях.

Формовку в стержнях применяют для изготовления отливок ответственного назначения сложной конфигурации (ребристые цилиндры, турбины, коленчатые валы) в условиях серийного производства. Форму собирают из отдельных сухих стержней, что позволяет повысить точность отливок и увеличить производительность труда на формовке, снизить брак отливок по засору и газовым раковинам.

На рис. 4.5 показана форма для отливки цилиндра двигателя внутреннего сгорания. Форму собирают в го-

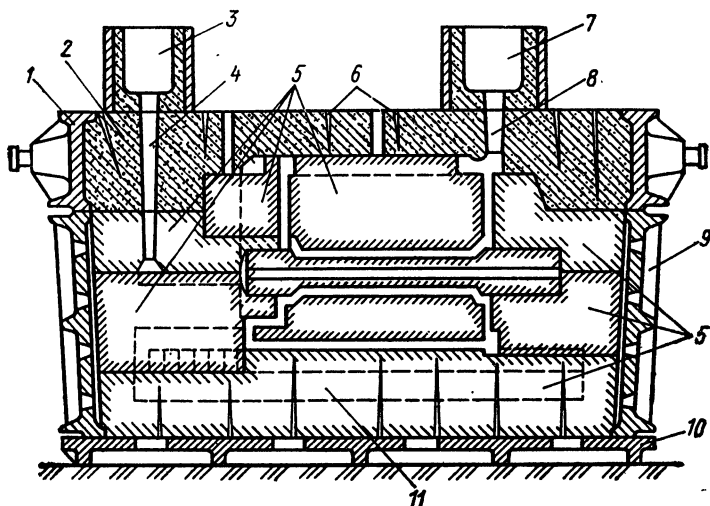


Рис. 4.6. Комбинированная песчаная форма, собранная из стержней в жакете, с верхней частью, изготовленной формовкой по-сырому:

1 — опока, 2 — верхняя часть формы, 3 — литниковая чаша, 4 — стояк, 5 — стержни, 6 — вентиляционные каналы, 7 — надставка выпора, 8 — выпор, 9 — жакет металлический, 10 — подоплочная плита, 11 — нижняя часть формы, собранная из стержней 5 в жакете 9

ризонтальном положении, а после скрепления стяжками 8 поворачивают на 90° для заливки. При сборке в стержень 1 проставляют стержень 2, затем 3, 4, 5 и 6. Такую форму для получения небольшой по размеру отливки собирают без жакета. Формы для крупных отливок собирают в специальных, обычно металлических жакетах. На рис. 4.6 показана комбинированная песчаная форма, собранная из стержней в металлическом жакете, с верхней частью, изготовленной формовкой по-сырому, для отливки сложной корпусной детали.

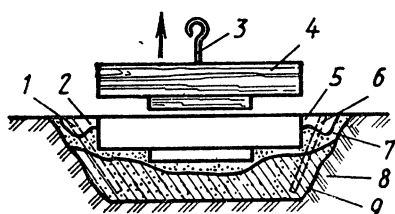


Рис. 4.7. Открытая форма, изготовленная по мягкой постели:

1 — вентиляционный канал, 2 — промывник, 3 — подъем, 4 — модель, 5 — питатель, 6 — литниковая чаша, 7 — облицовочная формовочная смесь, 8 — почва, формовочного плаца, 9 — наполнительная формовочная смесь

Формовка в почве. Формовку в почве применяют в единичном или мелкосерийном производстве для изготовления отливок, габаритные размеры и конфигурация которых такие, что формовка в опоках невозможна или экономически нецелесообразна.

Формовку в почве осуществляют в ямах, сделанных непосредственно в полу литейного цеха (см. рис. 4.7), или в глубоких бетонированных кессонах, изолирующих форму от проникновения в нее грунтовых вод. Различают две разновидности формовки в почве — по мягкой и твердой постели.

При **формовке по мягкой постели** (рис. 4.7), применяемой при получении небольших по высоте форм, для изготовления плоских отливок яму заполняют наполнительной 9, а затем облицовочной 7 смесью и равномерно уплотняют. На подготовленную постель кладут модель и осаживают ее до уровня пола. Далее уплотняют смесь вокруг модели, в форме делают вентиляционные каналы 1 (показаны пунктиром), после чего вынимают модель 4 с помощью подъема 3. Прорезают литниковую чашу 6 и литниковый канал-питатель 5 для подвода расплава в полость формы, а с противоположной стороны — промывник 2 с чашей для стекания излишнего расплава. Такая форма называется открытой.

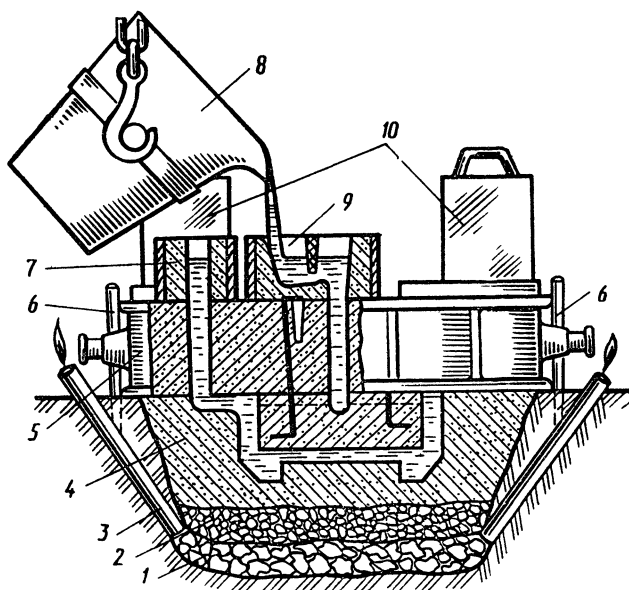


Рис. 4.8. Форма, изготовленная по твердой постели:
 1 - яма для изготовления формы, 2 — слой кокса, 3 — трубы для отвода газа, 4 - выполненная в почве нижняя часть формы, 5 - опока, 6 - колышки для фиксации положения верхней части формы, 7 — надставка выпора, 8 — заливочный ковш, 9 — надставка с литниковой чашей, 10 — груз

Для получения более качественной поверхности верхней части отливки изготавливают закрытую форму, выполняющую верхнюю часть в опоке (см. рис. 4.8 и 4.9).

Формовку по твердой постели применяют для изготовления более крупных и сложных отливок. Нижняя 1 часть ямы заполняется высокогазопроницаемым прочным пористым кусковым материалом 2, обычно коксом (рис. 4.8). Для отвода образующихся при заливке газов служат наряду с высокогазопроницаемой коксовой постелью две газоотводные трубы 3. Формовку ведут по модели с тщательным уплотнением смеси 4 вокруг нее. Верхнюю часть формы делают съемной, в опоке 5, положение которой фиксируется колышками 6. При сборке формы для заливки устанавливают надставки с верхней частью выпора 7, литниковой чашей 9, а также грузы 10 во избежание подъема опоки расплавом.

Формовка по шаблону. Формовку по шаблону применяют при изготовлении единичных крупных отливок,

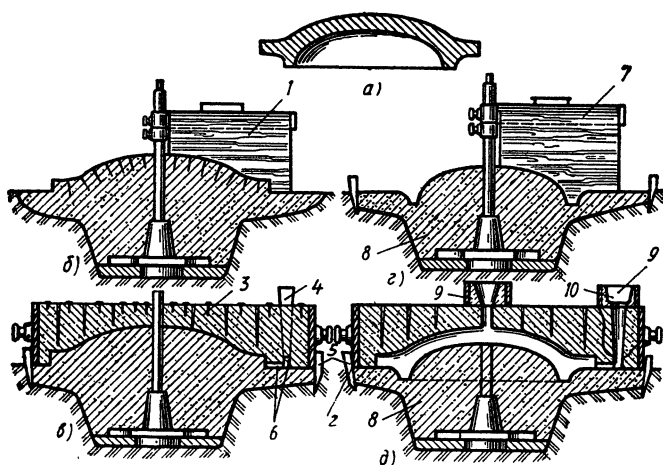


Рис. 4.9. Формовка в почве по вращающимся шаблонам: а — отливка, б — подготовка поверхности для формовки наружного контура отливки, в — изготовление верхней части формы в опоке, г — изготовление нижней части формы, д — собранная для заливки форма; 1 — первый шаблон, 2 — опока, 3 — верхняя часть формы, 4 — модель стояка, 5 — колышки, фиксирующие положение опоки, 6 — модели коллектора и питателя, 7 — второй шаблон, 8 — нижняя часть формы, 9 — надставка с верхней частью выпора, 10 — надставка с литниковой чашей

имеющих форму тел вращения с простыми очертаниями (диски, чаши, крышки, котлы, шкивы, маховики и т. д.). При этом способе вместо моделей используют шаблоны, представляющие собой деревянные профили, вырезанные из доски или фанеры.

Наиболее распространены шаблоны, вращающиеся вокруг вертикального шпинделя (оси). Формовку по шаблону обычно ведут в почве.

Для получения отливки «крышка» (рис. 4.9,а) используют два шаблона (1 и 7). После установки стального шпинделя в строго вертикальное положение в яму насыпают формовочную смесь соответственно форме шаблона и уплотняют ее. Установив шаблон 1 и вращая его, снимают излишек смеси до получения поверхности, соответствующей наружным очертаниям отливки (рис. 4.9,б). Используя полученную поверхность как модель, формуют в опоке 2 верхнюю часть формы (рис. 4.9,в), фиксируя ее положение колышками 5. Опоку с верхней полуформой снимают краном и отводят в сторону, после чего на шпиндель устанавливают шаблон 7 и снимают

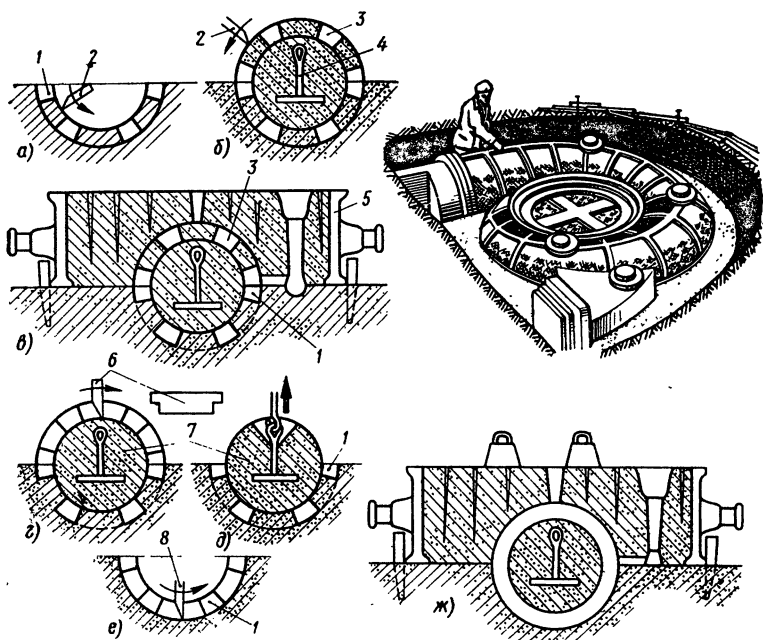


Рис. 4.10. Формовка по скелетной модели:

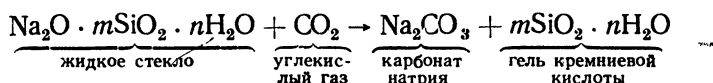
а — формовка нижней части модели в почву, *б* — набивка стержня с установкой верхней части модели, *в* — изготовление верхней части формы в опоке, *г* — удаление формовочной смеси скребковым шаблоном для формирования поверхности стержня, *д* — выем стержня, *е* — изготовление нижней части формы, *ж* — собранная под заливку форма; *1* — нижняя часть скелетной модели, *2, 6, 8* — скребковые шаблоны, *3* — верхняя часть скелетной модели, *4* — металлический каркас стержня с подъемом, *5* — опока, *7* — стержень

им часть формовочной смеси, образуя контур внутренней поверхности отливки (рис. 4.9, *г*). После изготовления нижней части формы шпindel убирают, а оставленное им отверстие заделывают формовочной смесью, устанавливают по кольшкам опоку с верхней частью формы, надставки с выпором *9* и литниковой чашей *10* (рис. 4.9, *д*) и производят заливку.

Формовка по скелетным моделям представляет собой комбинацию формовки по моделям и скребковым шаблонам. Применяют этот способ формовки крайне редко для получения очень крупных отливок, конфигурация которых позволяет получать большую часть поверхности с помощью шаблонов. Схема процесса и последовательность технологических операций при формовке по скелетным моделям показаны на рис. 4.10.

Рассмотренные способы формовки единичных крупных отливок отличаются значительной трудоемкостью, низкой производительностью и требуют высокой квалификации рабочих-формовщиков.

Формовка с использованием жидкостекольных смесей. Формы, изготовленные из быстротвердеющих пластичных смесей на жидком стекле, применяют для получения крупных отливок из чугуна, стали, цветных сплавов массой более 5 т при толщине стенок до 200—300 мм в условиях единичного и серийного производства. При этом жидкостекольную смесь используют как облицовочную, нанося ее на модель слоем толщиной 50—70 мм и заполняя остальной объем опоки дополнительной песчано-глинистой смесью. Из жидкостекольных смесей изготавливают также толстостенные оболочковые формы и стержни, собираемые в металлическом жакете с опорной засыпкой, например, из песка, крупной стальной или чугунной дроби, шамотной крошки. Жидкостекольную форму после извлечения модели отверждают химически, продувкой углекислым газом. Есть опыт отверждения форм и стержней продувкой газа через специальные отверстия в модели и стержневом ящике. При этом повышается точность форм, химическое упрочнение которых исключает повреждение их при удалении моделей. Затвердевание смеси основано на протекании химической реакции:



Образующийся гель кремниевой кислоты связывает зерна песка при отверждении. Продолжительность отверждения, зависящая от интенсивности продувки CO_2 и размеров формы, в среднем составляет 7—8 мин.

Широко применяют, особенно при изготовлении крупных форм в опоках и кессонах, жидкие самоотвердеющие смеси (ЖСС) на жидкостекольном или смоляном связующем. Процесс изготовления форм при использовании ЖСС сводится к заливке жидкой смеси в опоки, где она самопроизвольно затвердевает в течение 30—40 мин. Высокую текучесть смеси и необходимую газопроницаемость ее после отверждения обеспечивает добавка в ЖСС специальных пенообразователей.

Схема формовки крупной станины с применением ЖСС показана на рис. 4.11. Модель фиксируется в кессоне с помощью закрепленных на ней планок 1. Между стенками кессона и моделью должен быть зазор не менее 100 мм. В модели выполнено отверстие 3, через которое заливают смесь; для лучшего заполнения пространства под моделью в отверстие устанавливают толкатель 5, которым смесь выдавливается из отверстия в нижнюю часть формы. Затем

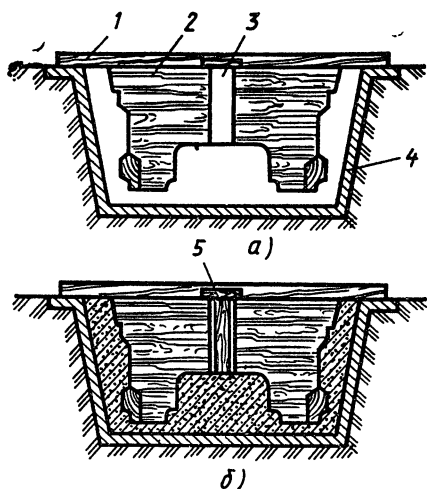


Рис. 4.11. Схема формовки крупной станины с применением ЖСС в кессоне:

a — положение модели перед заливкой ЖСС, *б* — модель, залитая ЖСС; 1 — фиксирующие планки, 2 — модель, 3 — отверстие в модели для заливки ЖСС, 4 — чугунные плиты кессона, 5 — толкатель

смесь заливают в боковые зазоры между моделью и кессоном. Во избежание всплывания модели ее нагружают. Через 40—50 мин форма затвердевает. Модель удаляют и поверхность формы окрашивают, чтобы предупредить образование пригара.

Применение ЖСС открывает возможность, даже в условиях разносерийного производства, организовать поточное изготовление форм и стержней без применения специального формовочного оборудования, используя только смесеприготовительные устройства, а также вспомогательные грузоподъемные и транспортные средства (краны, электротельферы, рольганги и др.). На рис. 4.12 показан участок изготовления опочных форм из ЖСС на конвейере. Смесь готовится в стационарной установке периодического действия. Предварительно подготовленная сыпучая смесь подается транспортерами 1 и 2 и периодически сбрасывается опускающимся скребком 4 в воронку смесителя 5, в которую одновременно подаются по трубопроводу 3 жидкие компоненты смеси. После приготовления замеса обслуживающий установку рабо-

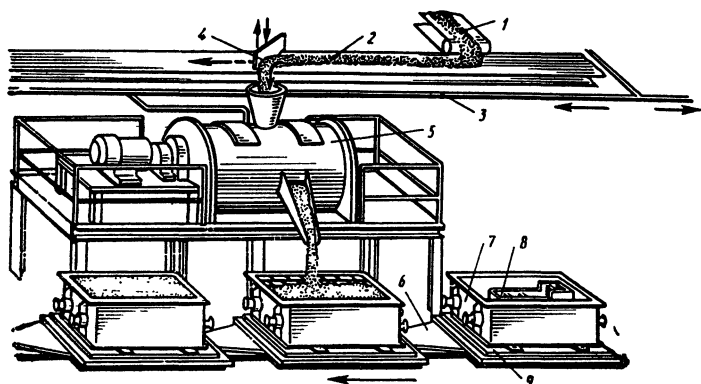


Рис. 4.12. Общий вид стационарной установки периодического действия для изготовления форм из ЖСС при получении отливок массой до 1,5 т:

1, 2 — ленточные транспортеры для подачи смеси сухих компонентов в смеситель для приготовления ЖСС, 3 — трубопровод для подачи жидкой составляющей формовочной смеси, 4 — скребок для периодического сброса сыпучей смеси в воронку, 5 — смеситель периодического действия для приготовления ЖСС, 6 — напольный тележечный конвейер пульсирующего действия, 7 — опока, 8 — модель, 9 — подопочная плита

чий открывает выпускное отверстие смесителя 5 и ЖСС самотеком заполняет поступающие по напольному конвейеру 6 или рольгангу опоки 7, которые вместе с моделями 8 установлены на подопочные плиты 9.

Формовка по газифицируемым моделям. Этот способ наиболее распространен в единичном и мелкосерийном производстве отливок массой от 5—10 кг до 15—20 т из различных сплавов, прежде всего из чугуна и стали. Модель 7 отливки (рис. 4.13) изготавливают из вспененного полистирола с объемной массой 18—30 кг/м³ и соединяют склеиванием с моделями литниково-питающей системы 11, 12, 13 из того же материала. Для получения качественной поверхности отливки модели часто покрывают слоем противопригарной краски. Для изготовления форм могут быть использованы различные формовочные смеси, в том числе ЖСС, а также сухой песок. Особенностью процесса является то, что модель, заформованная в опоку, не извлекается из формы, а газифицируется (испаряется, выжигается) заливаемым на нее расплавом, который постепенно разрушает модель и занимает ее место в форме, образуя отливку. Форма должна обладать хорошей газопроницаемостью, а пенополистирол — малой объемной массой, чтобы продукты его де-

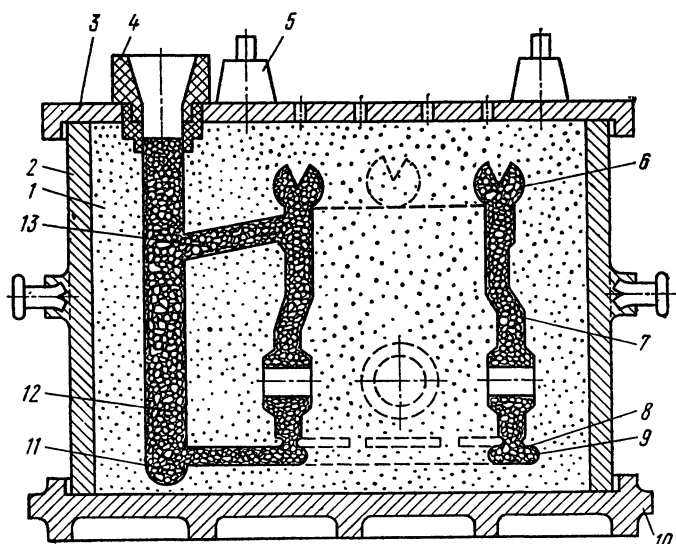


Рис. 4.13. Формовка по газифицируемым моделям:
 1 — насыпная песчаная форма, 2 — опока, 3 — крышка опоки, 4 — литниковая воронка из огнеупорного материала или из песчаной стержневой смеси, 5 — грузы, препятствующие подъему песка в верхней части формы под давлением газов, 6 — модель закрытой сферической прибыли, 7 — модель отливки, 8 — модель подопочная плита, 9 — модель нижнего питателя, 10 — модель верхнего питателя, 11 — модель металлоприемника, 12 — модель стойка, 13 — модель верхнего питателя, подводящего металл в верхнюю часть отливки и к прибылям

струкции (разрушения) легко удалялись из формы и полностью сгорали на ее поверхности без образования копоти и дыма. Модели из пенополистирола, описание изготовления которых приведено в гл. 2, неигроскопичны, не склонны к короблению, не имеют формовочных уклонов, что так же, как и отсутствие необходимости извлекать модель из формы, определяет повышенную точность получаемых отливок, возможность изготовления их с минимальными допусками на механическую обработку. При изготовлении форм по газифицируемым моделям можно во многих случаях получать сложные отливки без применения стержней, что повышает экономическую эффективность способа.

4.2. МАШИННАЯ ФОРМОВКА

Машинная формовка является в настоящее время основным способом изготовления форм. Развитие произ-

водства формовочных машин, выполняемых с различными конструктивными решениями, использование быстросменной модельной оснастки, универсальных модельных плит позволили широко использовать машинную формовку не только в массовом и серийном, но даже в единичном производстве. При машинной формовке механизуются наиболее трудоемкие операции уплотнения формовочной смеси и извлечения модели из формы, а также ряд вспомогательных операций, в результате чего резко повышается производительность труда по сравнению с ручной формовкой, возрастает точность отливок по размерам и массе, облегчается труд и улучшаются санитарно-гигиенические условия работы, сокращается цикл изготовления отливок. Повышение качества отливок обеспечивается использованием точной и прочной металлической модельно-опочной оснастки, более равномерным уплотнением формовочной смеси, лучшими условиями удаления модели из формы.

Широкое применение быстросменной модельной оснастки делает процесс более гибким, обеспечивает значительное сокращение времени для перехода с формовки одной отливки на другую.

Формовочные машины, предназначенные для изготовления литейных форм, классифицируют по ряду признаков. По способу уплотнения формовочной смеси их разделяют на прессовые, встряхивающие, пескодувные, пескометные, импульсные и комбинированные (вибропрессовые, встряхивающе-прессовые, встряхивающие с допрессовкой, пескодувно-прессовые). По способу извлечения моделей из формы — на машины со штифтовым и рамочным съемом, с протяжкой модели, поворотной плитой и перекидным столом. По виду привода — на пневматические, гидравлические, механические, электромагнитные и комбинированные. По типу систем управления — с ручным пооперационным управлением, полуавтоматические (включаемые при каждом новом цикле) и автоматы (управляемые с помощью автоматических устройств).

Машинные методы уплотнения смеси. Уплотнение встряхиванием является наиболее универсальным и простым методом. Однако он малопроизводителен, не обеспечивает равномерного по высоте опоки уплотнения смеси. Поэтому в современных машинах встряхивание сочетается с другими методами уплотнения, чаще всего с прессованием. Машины имеют два цилиндра (рис.

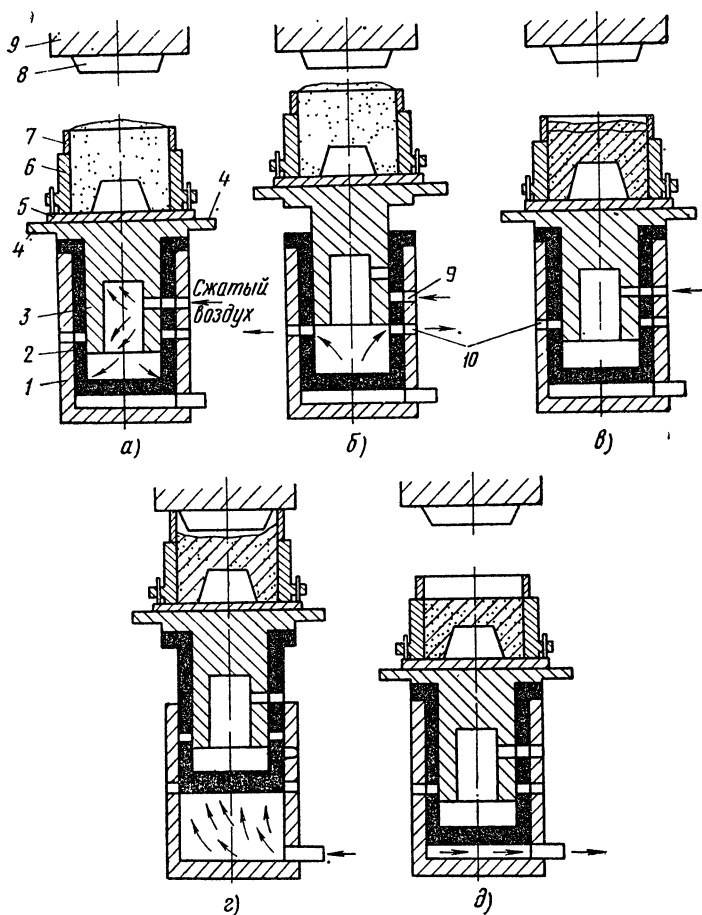


Рис. 4.14. Схема процесса уплотнения смеси на встряхивающей формовочной машине с допрессовкой:

а, б, в — встряхивание, г — допрессовка, д — возврат стола в исходное положение; 1 — прессовый цилиндр, 2 — встряхивающий цилиндр, 3 — встряхивающий поршень, 4 — стол, 5 — модельная плита, 6 — опока, 7 — наполнительная рамка, 8 — плоская прессовая колодка, 9 — впускной канал, 10 — выхлопное окно

4.14) — прессовый 1 и встряхивающий 2, служащий одновременно поршнем для прессового механизма. На столе машины 4, прочно соединенном со встряхивающим поршнем 3, закреплена модельная плита 5, на которой установлены опока 6 и наполнительная рамка 7, заполняемые формовочной смесью. Под давлением сжатого

воздуха, подаваемого в полость встряхивающего цилиндра 2 через впускной канал 9, поршень 3 и стол машины 4 поднимаются вверх (рис. 4.14,а). Как только поршень дойдет до выхлопного окна 11, сжатый воздух выходит в атмосферу (рис. 4.14,б) и стол падает (рис. 4.14,в). При этом кинетическая энергия смеси в момент удара стола о станину машины переходит в работу уплотнения. Число ударов для уплотнения одной полуформы не превышает 80 и устанавливается опытным путем.

После окончания встряхивания сжатый воздух поступает в цилиндр 1 (рис. 4.14,г) для последующей допрессовки верхних слоев смеси. При этом стол машины поднимается и прессовая колодка 8, установленная в верхней части машины, производит прессование верхних слоев. Выпуском сжатого воздуха из прессового цилиндра и опусканием стола машины (рис. 4.14,д) заканчивается процесс уплотнения смеси.

Пневматические встряхивающие машины с допрессовкой наиболее распространены в промышленности.

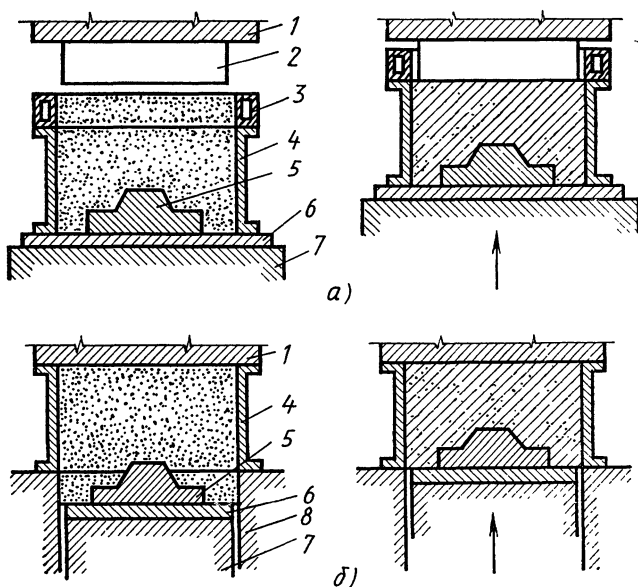


Рис. 4.15. Схема верхнего (а) и нижнего (б) прессования:
 1 — неподвижная траверса, 2 — прессовая колодка, 3 — наполнительная рамка, 4 — опора, 5 — модель, 6 — модельная плита,
 7 — прессовый стол, 8 — неподвижный стол

Уплотнение прессованием применяют преимущественно при формовке по невысоким моделям, не имеющим выступающих частей. Используют два способа прессования — верхнее и нижнее. Более распространены формовочные машины с верхним прессованием. К траверсе 1 (рис. 4.15, а), которая может отводиться в сторону, крепится прессовая колодка 2, высота которой равна высоте наполнительной рамки 3. Стол 7, на котором установлена модельная плита 6 с моделью 5, под действием сжатого воздуха поднимается вверх. При этом прессовая колодка 2 углубляется в формовочную смесь, уплотняя ее. Прессование заканчивается, когда вся смесь, находящаяся в наполнительной рамке, перейдет в опоку.

При нижнем прессовании роль наполнительной рамки играет углубление в неподвижном столе 8 машины (рис. 4.15, б).

Прессование плоской колодкой не обеспечивает равномерного по высоте опоки уплотнения смеси. Так, при верхнем прессовании наиболее уплотнены верхние слои под прессовой колодкой, а смесь вокруг модели уплотнена недостаточно. При нижнем прессовании, наоборот, наиболее уплотнены слои, прилегающие к модели, а верхние слои под прессовой колодкой значительно меньше.

С увеличением высоты опоки увеличивается неравномерность уплотнения смеси, что может явиться причиной брака отливок из-за деформации и размыва недоуплотненных частей формы заливаемым металлом. Вследствие этого чистое прессование применяют редко и для ограниченного размера опок (200—250 мм) по высоте.

Для достижения равномерной плотности формы используют прессование при высоком давлении, осуществляют прессование совместно с вибрацией, которая уменьшает силы трения формовочной смеси и увеличивает ее текучесть. Применяют также подвижные текучие смеси и специальные конструкции прессующего элемента. Так, смесь прессуют профильной прессовой колодкой (рис. 4.16, а), по конфигурации приближающейся к контуру модели, или выполняют профильную засыпку смеси в опоку (рис. 4.16, б).

Весьма эффективно использование многоплунжерных прессовых головок (рис. 4.16, в). Такая головка имеет от 24 до 100 плунжеров. Рабочие полости поршней плун-

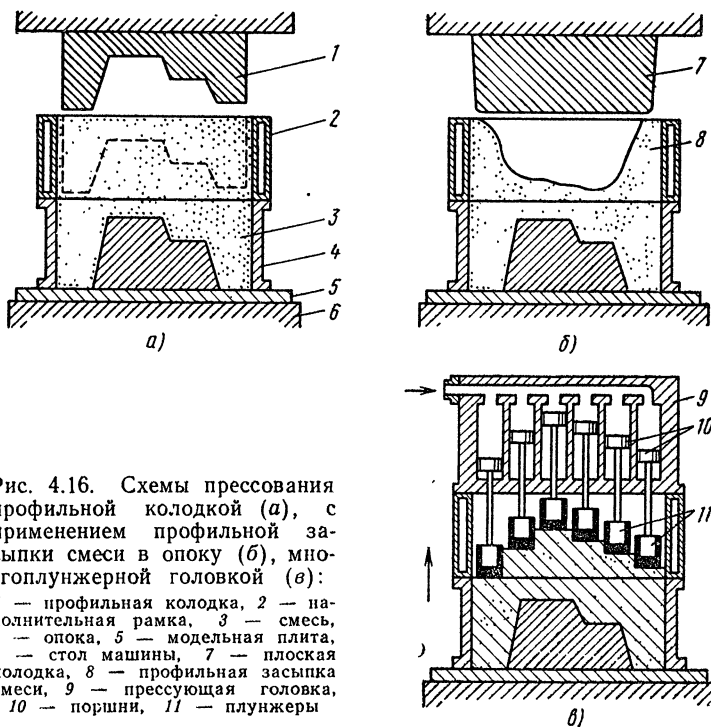


Рис. 4.16. Схемы прессования профильной колодкой (а), с применением профильной засыпки смеси в опоку (б), многоплунжерной головкой (в):

1 — профильная колодка, 2 — дополнительная рамка, 3 — смесь, 4 — опока, 5 — модельная плита, 6 — стол машины, 7 — плоская колодка, 8 — профильная засыпка смеси, 9 — прессующая головка, 10 — поршни, 11 — плунжеры

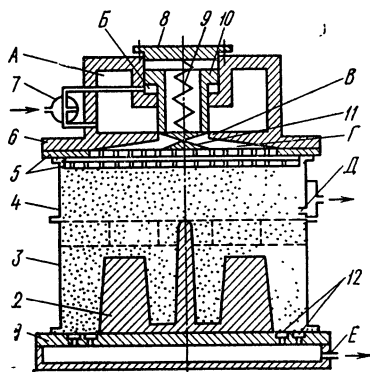
жеров соединены между собой по принципу сообщающихся сосудов и заполнены маслом. При прессовании стол машины с модельно-опочной оснасткой движется в сторону прессовой головки. В зависимости от степени податливости смеси на различных участках формы плунжеры изменяют свое положение по высоте. При этом масло перетекает из полости поршня одного плунжера в другие, а давление масла остается постоянным, что обеспечивает равномерное уплотнение смеси в форме.

Метод прессования форм под высоким давлением широко используют при изготовлении форм малых и средних размеров ввиду высокой производительности и обеспечения хороших условий труда. К достоинствам метода относятся высокое и равномерное уплотнение смеси, повышенная размерная точность отпечатка модели и, следовательно, получаемых отливок.

Практикой установлено, что для большинства литейных форм целесообразно использовать давление прес-

Рис. 4.17. Схема газоимпульсного метода уплотнения формовочной смеси:

1 — модельная плита, 2 — модель, 3 — опока, 4 — наполнительная рамка, 5 — рассекатель воздуха, 6 — импульсная головка, 7 — распределительный клапан, 8 — крышка, 9 — пружина, 10 — клапан импульсной головки, 11 — дефлектор, способствующий равномерному распределению потока воздуха, 12 — венты, А — полость импульсной головки, В — подпоршневая полость, Б — выпускное отверстие, Г — полость рассекателя, Д, Е — отверстия для удаления воздуха в наполнительной рамке и в модельной плите



сования в пределах 1000—1500 кПа (низкое и среднее давление прессования обычно составляет 490—590 кПа). При этом обеспечивается получение форм с высокой степенью уплотнения и оптимальной податливостью.

Для прессования под высоким давлением используют формовочные смеси с повышенными пластическими свойствами и модельно-опочную оснастку усиленной конструкции коробчатой формы.

Газоимпульсное уплотнение. Сущность газоимпульсного способа уплотнения заключается в том, что газ или воздух, накапливаемый в постоянном объеме под давлением 5,0—9,0 МПа, мгновенно выпускается и равномерным потоком направляется на поверхность смеси в опоке для ее уплотнения. Основным рабочим элементом является импульсная головка 6 с пусковым клапаном 10 (рис. 4.17) и рассекателем 5, представляющим собой решетку с большим числом отверстий диаметром 5—8 мм. После заполнения опоки 3 и наполнительной рамки 4 формовочной смесью импульсную головку плотно прижимают к оснастке специальным механизмом. Когда давление сжатого воздуха в полости А импульсной головки достигнет заданной величины, клапан 10 открывается и сжатый воздух, проходя через отверстия рассекателя, равномерным потоком направляется на смесь. Смесь под действием расширяющегося воздуха с большим ускорением перемещается из наполнительной рамки в опоку и уплотняется. Отработанный воздух из полости наполнительной рамки удаляется через специальные отверстия Д, расположенные у нижнего фланца рамки, а также через венты 12 модельной плиты и отверстие Е.

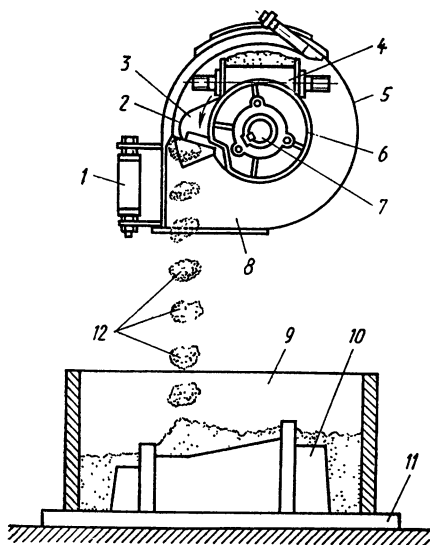


Рис. 4.18. Схема уплотнения смеси пескометом:

1 — рукоятка, 2 — направляющая дуга, 3 — ковш, 4 — ленточный транспортер для подачи смеси, 5 — стальной кожух, 6 — ротор, 7 — вал электродвигателя, 8 — выходное отверстие кожуха, 9 — опока, 10 — модель, 11 — модельная плита, 12 — пакеты формовочной смеси

При импульсном способе формовки обеспечивается высокая равномерность уплотнения смеси, не зависящая от конфигурации модели. Способ отличается высокой производительностью (длительность процесса уплотнения составляет менее 1 с), экономичностью, так как расход воздуха снижается в 2—4 раза в сравнении с прессованием и пескодувным уплотнением. Этот способ уплотнения все шире применяют для изготовления средних и крупных форм в серийном производстве чугунных и стальных отливок.

При необходимости обеспечения высокой степени уплотнения смеси используют импульсную формовку в сочетании с подпрессовкой.

Уплотнение пескометом. Уплотнение пескометом применяют при изготовлении форм для крупных и средних отливок в опоках высотой более 300 мм.

Основным рабочим узлом пескомета является метательная головка. Она может перемещаться относительно корпуса пескомета и устанавливаться в любом положении относительно опоки (рис. 4.18). Внутри стального кожуха головки 5 на валу 7 вращается ротор 6 со сменным металлическим ковшом 3, делающий около 1500 об/мин. Формовочная смесь через отверстие в торцевой стенке кожуха метательной головки подается ленточным транспортером 4 внутрь головки пескомета. Ковш захватывает порцию формовочной смеси и с большой скоростью (до 50 м/с) выбрасывает ее через выходное отверстие 8 в опок 9. Уплотнение смеси происходит

за счет кинетической энергии удара порции смеси о поверхность модели и модельной плиты.

При непрерывном перемещении головки пескомета над формируемой опокой обеспечивается равномерное уплотнение формовочной смеси по высоте опоки, что является важным преимуществом пескомета по сравнению с другими формовочными машинами.

Производительность пескометов составляет от 6 до 40 м³/ч, что делает целесообразным их использование при изготовлении крупных форм. Достоинством пескомета является его применимость в различных условиях производства — от мелкосерийного, при частой смене различных формируемых моделей, до крупносерийного, полностью автоматизированного, с программным управлением процессов формовки.

Уплотнение вакуумированием используют при вакуумно-пленочной формовке, которая является весьма перспективной для получения мелких и средних по массе, преимущественно плоских отливок в единичном и серийном производстве.

Сущность способа заключается в следующем (рис. 4.19). Пустотелую модель 1 закрепляют на подопочной плите 2, в которой имеется канал 3, соединенный с вакуумным насосом. Тонкая полимерная пленка 4 нагревается спиралью 5 и накладывается на модель. Затем включают насос ВН, вакуумирующий полость модели. Через вентили 6 воздух из зазора между пленкой и моделью, а также из пространства между моделью и плитой 2 отсасывается и эластичная, хорошо растягивающаяся пленка плотно облегает поверхность модели и плиты. На модельную плиту устанавливают опоку 7 с герметичными полыми стенками, на внутренней поверхности которых тоже имеются вентили. Подготовлен-

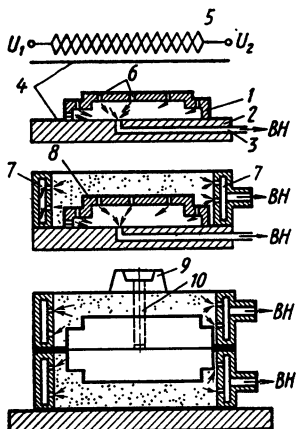


Рис. 4.19. Изготовление форм вакуумно-пленочным методом:

- 1 — модель, 2 — подопочная плита, 3 — канал, соединенный с вакуумным насосом, 4 — полимерная пленка, 5 — нагревательная спираль, 6 — вентили, 7 — опока, 8 — песчаная полуформа, 9 — литниковая чаша, 10 — стояк

ную оснастку заполняют сухим формовочным песком. Сверху опоку также накрывают пленкой 4. Затем из формы 8 через опоку 7 отсасывается воздух и находящийся в вакуумированной полости формы песок, герметизированный с двух сторон пленками, а с остальных четырех — стенками опоки, приобретает свойства прочного тела, полностью сохраняющего очертания модели после снятия готовой полуформы с модельной плиты. Таким же образом изготовляют верхнюю полуформу. Затем форму собирают, устанавливают чашу 9 и через стояк 10 заливают расплавом. После охлаждения отливки в вакуумные полости верхней и нижней опок подается воздух и отливка легко удаляется из сухого песка.

К достоинствам способа относятся повышенная точность размеров отливок, замена специально приготавливаемых формовочных смесей сухим песком без связующего, отсутствие необходимости в специальном смесеприготовительном и формовочном оборудовании, значительное уменьшение износа оснастки, характерного для других способов уплотнения, значительное упрощение выбивки отливок, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Изготовление форм на машинах. Машинная формовка производится обычно в двух опоках и без опок. При формовке в двух опоках используют, как правило, односторонние металлические модельные плиты. Поэтому формовку верхних и нижних полуформ проводят на отдельных машинах. При изготовлении безопочных форм верхнюю и нижнюю формы изготовляют на одной машине.

Изготовление форм в двух опоках. В зависимости от характера производства, массы, размеров и конфигурации отливок, рода заливаемого сплава используют формовочные машины с различными способами уплотнения формовочной смеси и извлечения модели из формы. В условиях серийного производства мелких и средних отливок изготовление нижних полуформ наиболее часто производят на встряхивающих машинах с допрессовкой и различными механизмами поворота полуформ: поворотным столом, перекидным столом, поворотной колонной. Поворот нижних полуформ из положения при формовке на 180° необходим, чтобы придать им положение, в котором они должны находиться при заливке. Различные модели этих машин позволяют изготовлять формы для отливок массой от 20 до 200 кг. На рис. 4.20

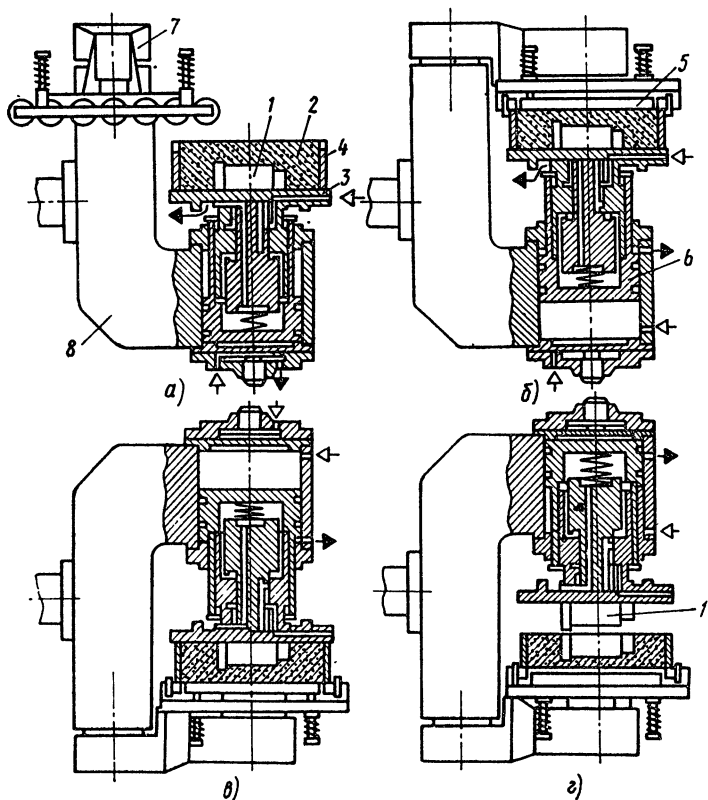


Рис. 4.20. Схема изготовления нижней полуформы на машине модели 22211 с механизмом поворота колонны:

a — встряхивание, *б* — встряхивание с одновременным прессованием, *в* — поворот колонны, *г* — вытяжка модели; 1 — модельная плита, 2 — полуформа, 3 — встряхивающий стол, 4 — опока, 5 — прессовая плита, 6 — прессовый поршень, 7 — прессовая траверса, 8 — поворотная колонна

показана схема изготовления нижней полуформы на машине модели 22211 с механизмом поворота колонны. Опоку 4 устанавливают на модельную плиту 1, закрепленную на столе 3 машины. В опоку засыпают формовочную смесь и производят уплотнение встряхиванием (рис. 4.20, *a*). Затем траверса 7 поворачивается вокруг вертикальной оси так, чтобы прессовая плита 5 встала над опокой для допрессовки (рис. 4.20, *б*). При этом прессовый поршень 6 зажимает полуформу 2 между модельной и прессовой плитами, после чего колонна 8 вместе

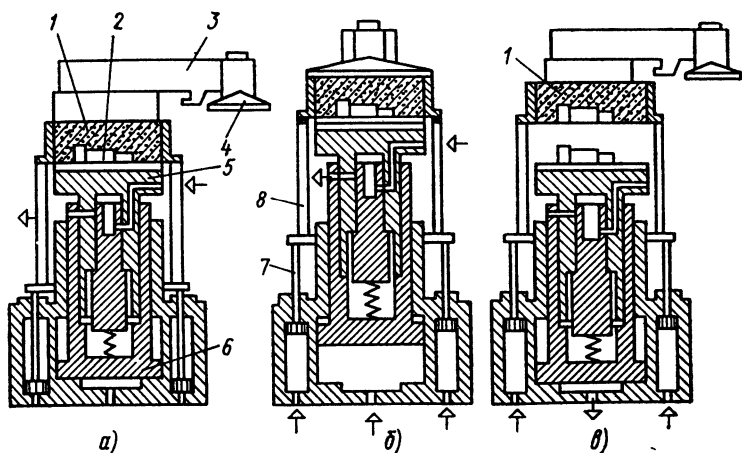


Рис. 4.21. Схема изготовления верхней полуформы на встряхивающе-прессовой машине модели 22111 со штифтовым съемом:
а — встряхивание, *б* — встряхивание с одновременным прессованием, *в* — вытяжка модели; 1 — полуформа, 2 — модельная плита, 3 — прессовая траверса, 4 — прессовая плита, 5 — встряхивающий стол, 6 — прессовый поршень, 7 — вытяжной механизм, 8 — штифты

со встряхивающим столом, механизмом допрессовки и зажатой между ними полуформой поворачивается на 180° вокруг горизонтальной оси (рис. 4.20, *в*). Затем поршень 6 перемещается вверх и извлекает модель из полуформы. После этого полуформа сталкивается на сборочный рольганг, а колонна 8 поворачивается в первоначальное положение. Производительность машины составляет до 130 полуформ в час.

Изготовление верхних полуформ наиболее часто производят на встряхивающе-прессовых машинах со штифтовым или рамочным съемом. В отличие от нижних полуформ, верхние формируются в положении сборки, поэтому в машине нет механизма для их поворота. Установленную на встряхивающем столе 5 машины (рис. 4.21) модельную плиту 2 накрывают опокой и заполняют ее формовочной смесью. Смесью в опоке уплотняется вначале предварительным встряхиванием (рис. 4.21, *а*), а затем встряхиванием с одновременным прессованием (рис. 4.21, *б*) прессовой плитой 4, укрепленной на вращающейся вокруг вертикальной оси траверсе 3. После уплотнения смеси стол 5 машины вместе с модельной плитой и моделью опускается, а верхняя полу-

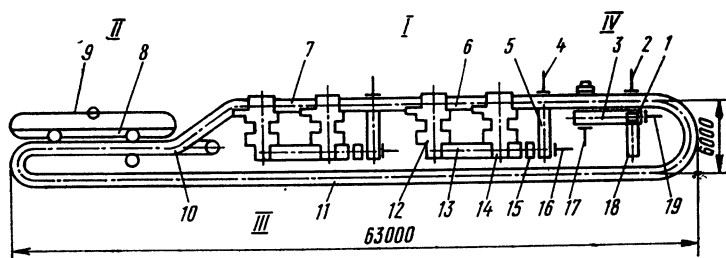


Рис. 4.22. Универсальная автоматическая формовочная линия

форма 1 остается на штифтах 8 вытяжного механизма 7 (рис. 4.21, в). Затем полуформа снимается с машины и подается на сборку.

Формовочные автоматы выполняют не только трудоемкие операции уплотнения смеси и извлечения моделей, но и такие, как очистка моделей, установка опок, засыпка в них формовочной смеси и т. д., которые на формовочных машинах выполняются формовщиком. Изготовление литейных форм на автоматах без участия человека значительно повышает производительность и улучшает условия труда. Формовочные автоматы используют, как правило, в составе автоматических линий.

На универсальной автоматической формовочной линии Горьковского автомобильного завода (рис. 4.22) уплотнение смеси в опоках осуществляется прессованием многоплунжерной головкой (рис. 4.16, в) под давлением 0,8 МПа с вибрацией. Конструкция прессового автомата позволяет установить на нем и другие устройства для уплотнений, например импульсную головку. Автоматическая формовочная линия включает в себя следующие участки: I — формовки, II — заливки, III — охлаждения, IV — выбивки. После заливки форма на непрерывно движущемся напольном горизонтально замкнутом конвейере II проходит охлаждающий кожух участка III и поступает на участок выбивки опок. Толкатель 2 подает форму на выбивной столик 1. Формовочная смесь и отливки падают на выбивную решетку 18, где отливки отделяются от смеси.

Пустые опоки толкателями 17 и 19 и роликовым конвейером 3 возвращаются на тележки литейного конвейера, который направляет их к формовочным блокам 6 и 7, работающим независимо друг от друга.

Толкатель 4 первого формовочного блока подает пустые опоки на поперечный роликовый конвейер 5, а толкатель 16 — в кантователь 15 и далее на роликовый конвейер 13. На приемной позиции 14 автомата нижних полуформ верхняя и нижняя опоки разъединяются: нижняя остается на автомате, а верхняя продолжает движение по роликовому конвейеру 13 к приемной позиции 12 автомата верхних полуформ.

На формовочных автоматах происходит заполнение опок смесью, изготовление полуформ прессованием с вибрацией, съем полуформ с модели. Готовые полуформы поступают в постановщики и сборщики, которые устанавливают и собирают формы на непрерывно движущемся конвейере. Готовые формы тележечным конвейером перемещаются в зону заливки. Перед заливкой формы автоматически нагружаются с помощью подвесного конвейера грузов 10, работающего от привода ленточного конвейера. Для удобства заливки платформа заливочной площадки 9 оборудована движущимся тротуаром 8.

Производительность новой линии типа 5440 составляет 300 форм в час (размер опок $700 \times 650 \times 250$ мм). Применение ее позволило в среднем в 3 раза увеличить производительность труда, высвободить до 60 рабочих, на 40% уменьшить брак отливок, снизить их массу за счет повышения точности размеров.

Автоматическая безопочная формовка. Способ получил значительное развитие в настоящее время в массовом производстве ввиду таких его важных достоинств, как отсутствие потребности в опоках, высокая производительность (более 300 форм в час), компактность установок, упрощение процесса выбивки отливок. Изготовление безопочных форм производится обычно на пескоструйно-прессовом автомате, что обеспечивает хорошее качество и равномерность уплотнения смеси. На автоматах типа «Дизаматик», получивших наибольшее распространение, изготавливаются безопочные формы с вертикальным разъемом, собираемые в горизонтальную стопку.

Изготовление форм (рис. 4.23,а) производится в формовочной камере автомата по модельным плитам 4 и 5. Модельная плита 5 закреплена на оси 6, плита 4 — на прессующем поршне 3. Формовочная смесь поступает в бункер 1, из которого под действием сжатого воздуха она вдувается в пространство формовочной камеры 2 и прессуется движением модельной плиты 4 с помощью

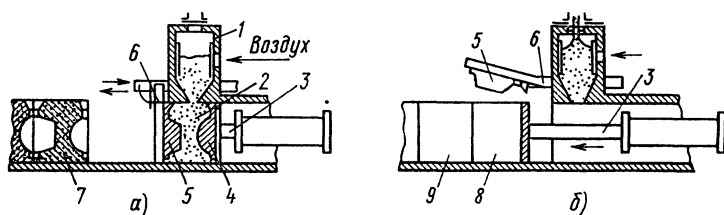


Рис. 4.23. Схема работы пескодувно-прессового автомата:
 1 — пескодувный бункер, 2 — формовочная камера, 3 — прессующий поршень, 4, 5 — модельные плиты, 6 — поворотная плита, 7 — уплотненная полуформа, 8, 9 — блок-формы

прессующего поршня 3. После уплотнения модельная плита 5 перемещается влево и поворачивается на 90° вверх, занимая горизонтальное положение и освобождая готовым частям формы (рис. 4.22,б) путь для перемещения с помощью прессующего поршня влево, в положение 7 до смыкания с ранее изготовленными блок-формами 8 и 9. При этом перемещается весь ряд блок-форм и одновременно производится загрузка пескодувного бункера 1 смесью. Затем модельные плиты 4 и 5 возвращаются в исходное положение, камера закрывается и процесс уплотнения повторяется. Безопочную формовку применяют для получения форм мелких и средних отливок; производительность автоматических линий безопочной формовки до 600 форм в час.

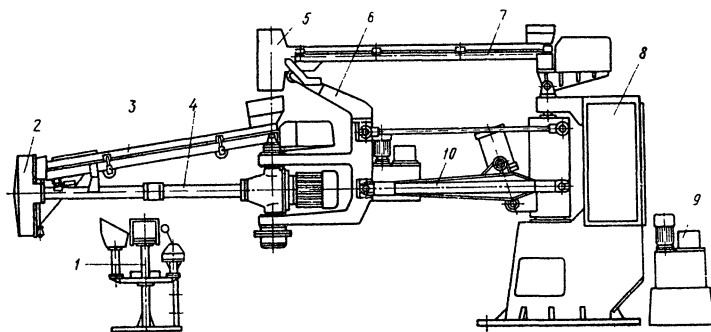


Рис. 4.24. Рукавный стационарный пескомет с дистанционным и программным управлением:

1 — пульт управления, 2 — пескометная головка, 3 — транспортер малого рукава, 4 — малый рукав, 5 — кожух, 6 — кронштейн, 7 — транспортер большого рукава, 8 — неподвижная опора с вмонтированным оборудованием, 9 — гидроагрегат привода большого рукава, 10 — большой рукав

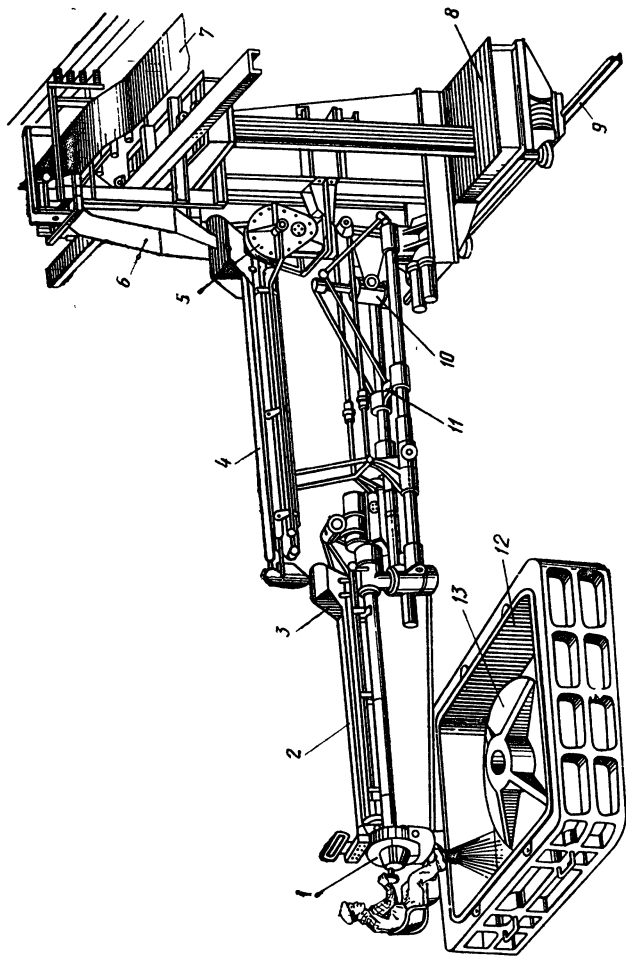


Рис. 4.25. Формовка с помощью передвижного консольного пескомета:

1 — пескометная горловка, управляемая оператором, 2 — ленточный транспортер малого рукава, 3, 5 — приемные воронки, 4 — ленточный транспортер большого рукава, 6 — лоток для формовочной смеси, 7 — ленточный транспортер для подачи смеси на лоток 6, 8 — тележка пескомета, 9 — рельсовый путь, 10 — гидравлический цилиндр подъема и опускания большого рукава, 11 — опора, 12 — модель, 13 — модель

Изготовление форм пескометом. Пескометы используют при изготовлении средних и крупных форм в условиях единичного и серийного производства в механизированных литейных цехах. Верхнюю и нижнюю полуформы изготавливают по модельным плитам отдельно, а затем их собирают. В зависимости от условий производства и массы отливок формы изготавливают двумя способами: перемещением опок относительно неподвижно установленного пескомета и перемещением пескомета относительно неподвижных опок.

По первому способу изготавливают формы средних размеров, для чего используют стационарные пескометы (рис. 4.24), снабженные дистанционным управлением или программным управлением набивкой опок. Формовочная смесь подается по транспортеру большого 7 и малого 3 рукавов в пескометную головку, откуда выбрасывается в опоку. Производительность пескометов — до 12 м³/ч.

Второй способ используют при изготовлении крупных форм с помощью передвижных консольных пескометов (рис. 4.25), перемещающихся вдоль стены пролета цеха по рельсовому пути 9. Формовочная смесь по цеховому ленточному транспортеру 7 подается в приемный лоток 6, а затем транспортерами большого 4 и малого 2 рукавов — в пескометную головку 1, откуда выбрасывается в опоку 12 на модель 13. Управление всеми механизмами пескомета расположено возле сиденья рабочего.

Автоматизированные пескометы управляются без участия человека по заранее заданной программе, разрабатываемой на каждый типоразмер полуформ. Все более расширяющееся применение пескометов обусловлено их высокой производительностью, универсальностью, маневренностью, простотой конструкции.

4.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

Конструктивные особенности стержней. В зависимости от конфигурации и назначения стержни подразделяют на пять классов. К I классу относят стержни сложной конфигурации с очень тонкими сечениями, имеющие небольшие узкие знаки и образующие в отливках ответственного назначения необрабатываемые внутренние полости. Стержни I класса должны обладать высокой прочностью после сушки при малом содержании связующих ввиду затрудненного отвода из них газов.

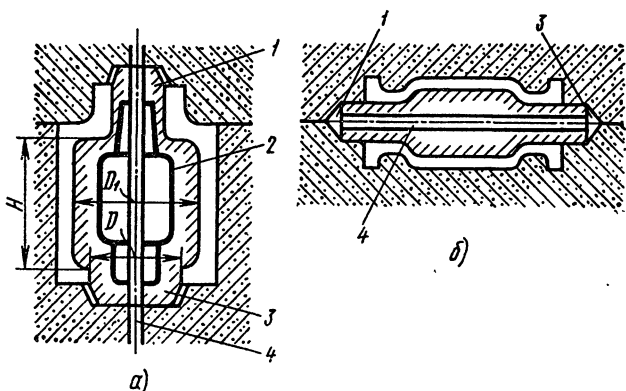


Рис. 4.26. Знаковые части стержней:
 а — вертикального, б — горизонтального

Ко II классу относят стержни, имеющие более развитые знаки и образующие необрабатываемые полости в отливках, а также наряду с массивными частями — тонкие выступы и ребра. Высокая прочность стержней этого класса обеспечивается введением большого количества связующих. К III классу относят центровые стержни, образующие отверстия с конфигурацией средней сложности. Стержни должны обладать высоким качеством поверхности при средней прочности. К IV классу относят стержни несложной конфигурации, образующие в отливках полости, подвергающиеся обработке. К ним же относят крупные стержни малой и средней сложности, образующие внешние поверхности отливок. К IV классу относится большинство стержней. В V класс входят массивные стержни, образующие внутренние полости простой конфигурации в крупных отливках.

Стержень помимо основной части, оформляющей контуры отливки, имеет знаковую часть, служащую для точной установки и фиксации стержня в определенном месте формы, а также каналы для удаления газов, выделяющихся из стержня при заливке формы.

Стержни, занимающие в форме вертикальное положение, имеют вертикальные знаки 1, 3 (рис. 4.26,а), занимающие горизонтальное положение — горизонтальные знаки 1, 3 (рис. 4.26,б).

Повышение прочности стержней достигается заформовыванием в них упрочняющей арматуры — каркасов 2,

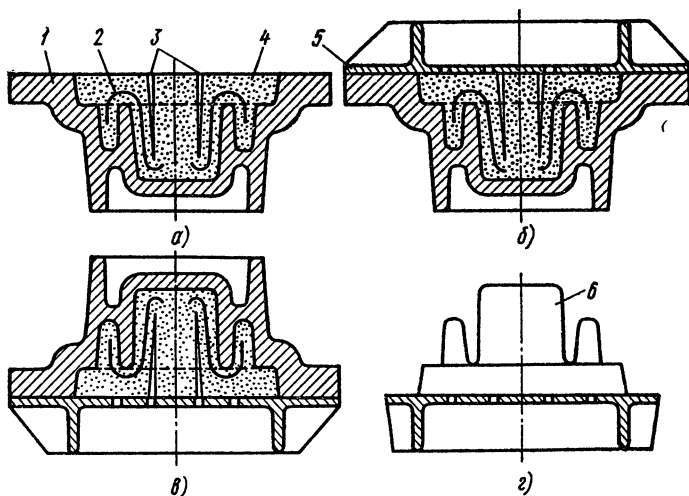


Рис. 4.27. Изготовление стержня в неразъемном вытряхом ящике:

a — уплотнение смеси и выполнение вентиляционных каналов, *б* — установка сушильной плиты, *в* — поворот ящика с плитой на 180°, *г* — съем стержневого ящика; 1 — стержневая смесь, 2 — каркас, 3 — вентиляционные каналы, 4 — стержневая смесь, 5 — сушильная плита, 6 — стержень

изготовленных для мелких стержней из мягкой отожженной стальной проволоки, для крупных — из стальных прутков или прутков, отливаемых из серого чугуна. Каркасы должны обеспечивать необходимую прочность и жесткость стержня, не препятствовать усадке отливки, а также легко удаляться из нее при выбивке стержня.

Для лучшего отвода газов в стержнях делают вентиляционные каналы 4 (см. рис. 4.26, *a*). Сложные криволинейные каналы образуются путем заформовывания в стержень при его изготовлении соломенных жгутов или восковых фитилей, которые во время сушки выжигаются или выплавляются. В стержнях, склеиваемых из двух половинок, вентиляционные каналы образуются при вдавливании в них вентиляционных плит. В крупных и массивных стержнях делают внутренние полости, которые заполняют легкими пористыми материалами, например гарью, образующейся после горения кокса.

Изготовление стержней вручную. Ручное изготовление стержней используют в условиях единичного и мелкосерийного производства. Особенности процесса изготовления стержня во многом определяются конструкцией

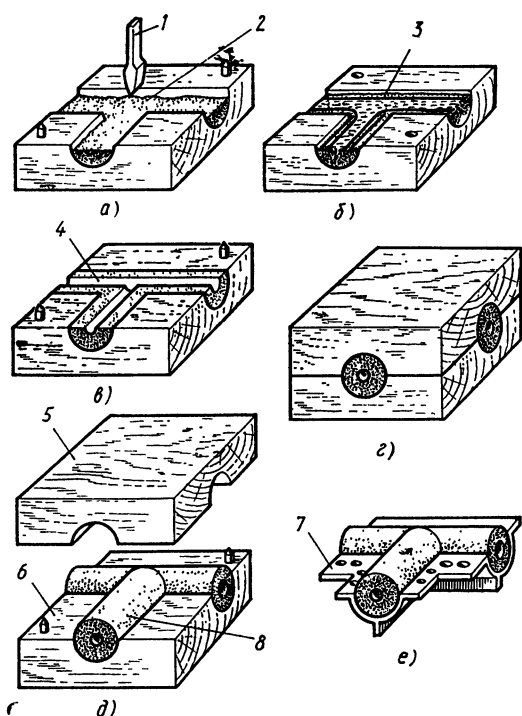


Рис. 4.28. Изготовление стержня в разъемном ящике:

a — засыпка и уплотнение стержневой смеси в каждой из половин стержневого ящика, *б* — установка каркаса, *в* — устройство вентиляционных каналов, *г* — соединение половин ящика и склеивание стержня, *д* — снятие верхней половины ящика, *е* — готовый стержень на сушильной плите; *1* — ручная трамбовка, *2* — стержневая смесь, *3* — каркас, *4* — вентиляционные каналы, *5* — верхняя половина ящика, *6* — нижняя половина ящика, *7* — сушильная плита, *8* — стержень

стержневого ящика, которая зависит прежде всего от конфигурации и размеров стержня, а также числа изготавливаемых отливок.

В неразъемных вытряхных ящиках изготавливают простые по конфигурации массивные стержни (рис. 4.27). После очистки ящик *1* покрывают разделительным составом, заполняют его стержневой смесью *4*, устанавливают каркасы *2*, после чего уплотняют смесь ручными или пневматическими трамбовками. После уплотнения счищают излишек смеси, делают вентиляционные каналы *3*

и накладывают сушильную плиту 5 (рис. 4.27, б). Затем ящик с плитой поворачивают на 180° (рис. 4.27, в), обстукивают его деревянной киянкой для отделения стержня от стенок и снимают. Остающийся на плите готовый стержень направляют в сушильную печь. Более сложные по конфигурации стержни могут быть изготовлены в вытряхных ящиках с вкладышами (см. гл. 2).

При изготовлении по разъемному ящику стержень либо набивают в собранном ящике через открытую знаковую часть, либо отдельно формуют половины ящика 5 и 6, засыпая в них стержневую смесь 2 и уплотняя ее трамбовкой (рис. 4.28, а). При формовке в стержень устанавливают каркас 3 (рис. 4.28, б) и в обеих половинах стержня прорезают вентиляционные каналы 4 (рис. 4.28, в). Поверхности разъема стержня смазывают клеем и обе половины ящика соединяют (рис. 4.28, г). Затем ящик обстукивают и снимают верхнюю половину (рис. 4.28, д). На стержень накладывают фасонную сушильную плиту (драйер) 7 и вместе с ней поворачивают на 180° , после чего снимают нижнюю половину ящика. Готовый стержень вместе с плитой направляют в сушильную печь (рис. 4.28, е).

Соединение половин стержня выполняют и без склеивания путем подачи в одну из половин ящика избыточного количества смеси и уплотнения ее при соединении заполненных смесью половинок ящика. В ряде случаев склеивание производят после сушки половин стержня.

При изготовлении стержней из пластичных жидкостекольных смесей набивку производят, как указано выше. Мелкие стержни выполняют целиком из песчано-жидкостекольной смеси, в крупных стержнях ее используют как облицовочную. Стержни приобретают прочность в процессе химического отверждения при продувке их углекислым газом (CO_2) через наколы в плоскости разъема или специальные трубки, вводимые внутрь стержня, а также в атмосфере CO_2 , создаваемой в сушильном шкафу, под зонтом-колпаком или в стержневом ящике с двойными стенками. Длительность процесса химического отверждения в зависимости от размеров стержня составляет от 0,5 до 3 мин. Процесс отверждения осуществляется в стержневом ящике, что повышает размерную точность отливок.

Изготовление стержней на машинах. При машинном изготовлении стержней механизированы наиболее трудо-

емкие операции: уплотнение смеси, поворот стержневого ящика и извлечение стержня. При машинном изготовлении стержней улучшается их качество, повышается производительность и облегчаются условия труда. Для изготовления стержней применяют различные типы машин, наиболее часто — пескодувные и пескострельные, встряхивающие, прессовые, пескометы.

Мелкие стержни постоянного поперечного сечения (круглого, прямоугольного и т. д.) в массовом производстве изготавливают на мундштучных машинах. Стержни на них получают без стержневых ящиков выдавливанием стержневой смеси шнеком или поршнем через сменный мундштук, форма и размеры которого определяют конфигурацию и размеры стержня.

Для изготовления фасонных мелких, несложных по конфигурации стержней в массовом производстве применяют прессовые машины, на которых стержни прессуют в разъемных металлических стержневых ящиках, верхняя половина которых часто используется как прессовая плита.

Средние и крупные стержни простой конфигурации формуют обычно на встряхивающих машинах (специальных стержневых или формовочных) с перекидным и поворотным столом. Стержни изготавливают в открытых неразъемных ящиках с последующим уплотнением верхних слоев.

Крупные стержни в условиях серийного производства изготавливают также с помощью пескометов различного типа.

Для изготовления мелких и средних стержней любой сложности широко применяют пескодувные и пескострельные машины. Эти машины отличаются очень высокой производительностью, на их базе разработаны конструкции машин-автоматов для изготовления стержней. На пескодувных и пескострельных машинах изготавливают стержни из смесей, требующих тепловой сушки, отверждаемых химически (например, углекислым газом в холодной оснастке, либо в горячей оснастке). Для заполнения стержневого ящика смесью и уплотнения ее на пескодувных и пескострельных машинах используют энергию сжатого воздуха, давление которого составляет 570—770 кПа.

При пескодувном процессе (рис. 4.29) сжатый воздух, поступая в резервуар 3 пескодувной машины, наполненный стержневой смесью, давит на нее и увлекает смесь

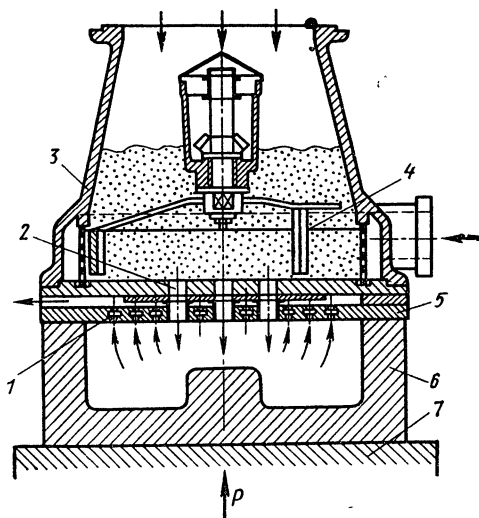


Рис. 4.29. Схема пескодувного процесса:
 1 — венты, 2 — вдувные отверстия, 3 — резервуар, 4 — механическая мешалка, 5 — наружное днище резервуара (плита), 6 — стержневой ящик, 7 — прижимной стол

через вдувные отверстия 2 плиты 5 в стержневой ящик 6, уплотняя ее силой воздушного потока. Для выхода воздуха из ящика служат специальные щелевые или сетчатые отверстия — венты 1, выполняемые в стенках стержневого ящика (нижняя вентиляция) или в наружном днище 5 резервуара 3 (верхняя вентиляция). При верхней вентиляции установка вент в стержневом ящике отпадает, что удешевляет его изготовление. Для разрыхления смеси и направления ее к вдувным отверстиям 2 служит механическая мешалка 4. Стержневой ящик прижимается к плите 5 столом 7.

Недостатком пескодувного способа изготовления стержней является большой расход воздуха, сравнительно слабое уплотнение крупных стержней и необходимость применения стержневых смесей с низкой прочностью во влажном состоянии, что создает опасность повреждения стержней при извлечении и транспортировании.

Более экономичными и совершенными являются пескострельные машины. Пескострельный процесс, являясь разновидностью пескодувного, отличается тем, что истечение стержневой смеси происходит мгновенно,

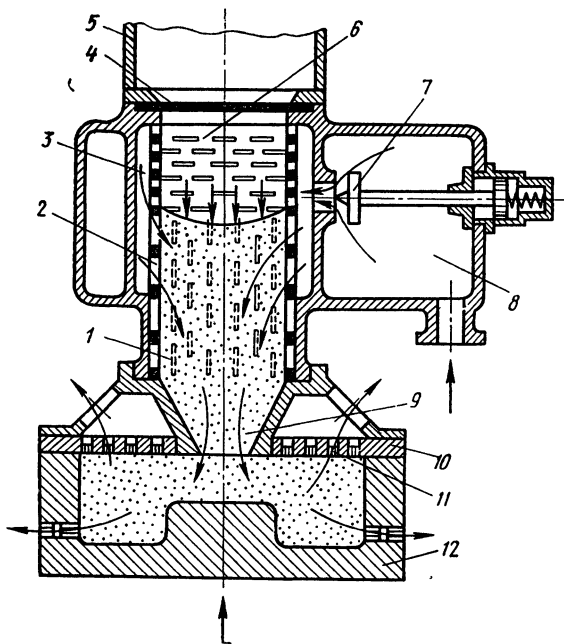
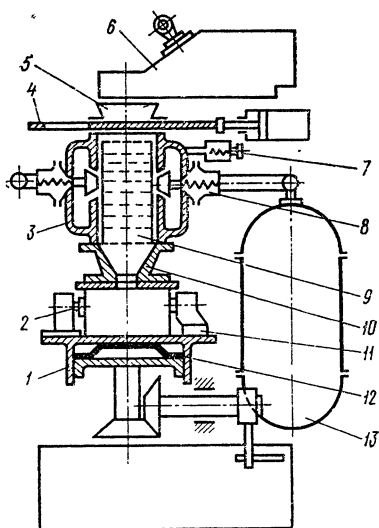


Рис. 4.30. Схема пескострельного процесса:
 1, 6 — вертикальные и горизонтальные прорези, 2 — гильза, 3 — рабочий резервуар, 4 — шибер, 5 — бункер со смесью, 7 — вдувной клапан, 8 — ресивер, 9 — коническая насадка, 10 — вдувная плита, 11 — венты, 12 — стержневой ящик

напоминая выстрел. Рабочий резервуар 3 выполнен в одном блоке с ресивером 8, обеспечивающим мгновенную подачу в него больших порций сжатого воздуха через вдувной клапан 7 (рис. 4.30). Из рабочего резервуара сжатый воздух поступает в гильзу 2, наполненную стержневой смесью, через вертикальные 1 и горизонтальные 6 щелевидные отверстия, расположенные в ее стенках, и отделяет смесь от стенок. Давление в ней мгновенно повышается, и воздух выталкивает столб смеси через коническую насадку 9 в стержневой ящик 12, который заполняется ею за десятые доли секунды. При пескострельном процессе по сравнению с пескодунным обеспечивается повышенное и более равномерное уплотнение смеси по высоте стержневого ящика и меньшее абразивное воздействие на его стенки. Небольшое количество воздуха, попадающего в полость ящика, отводится через венты 11.

Рис. 4.31. Полуавтоматическая пескострельная стержневая машина:

1 — стол, 2 — стержневой ящик, 3 — резервуар, 4 — шибер, 5 — воронка, 6 — лоток, 7, 8 — клапаны, 9 — гильза, 10 — коническая насадка, 11 — пневмозажимы, 12 — мембрана, 13 — ресивер



Для изготовления стержней различной конфигурации пескострельные машины снабжаются сменными насадками 9. Производительность машин составляет 250—300 стержней в час.

На полуавтоматической пескострельной стержневой машине (рис. 4.31) изготавливают стержни массой до 6 кг в ящиках с горизонтальным или вертикальным разъемом. На рабочий стол машины 1 под насадкой 10 резервуара 3 устанавливают стержневой ящик 2 и зажимают его пневматическими зажимами 11. Мембрана 12 поджимает ящик к резервуару. При открытом шибере 4 смесь из лотка 6 через воронку 5 поступает в рабочий резервуар машины. Пространство между гильзой 9 и стенкой резервуара заполнено сжатым воздухом.

В момент падува открываются клапаны 8 и сжатый воздух из ресивера 13 выстреливает смесь через гильзу 9 и коническую насадку 10 в стержневой ящик. После заполнения ящика смесью клапаны 8 закрываются, а воздух из резервуара сбрасывается через выхлопной клапан 7. Затем стол машины 1 отпускается, пневматические зажимы разжимаются, освобождая стержневой ящик, а шибер 4 перемещается, закрывая поступление стержневой смеси.

Изготовление стержней на пескодувных машинах в нагреваемых ящиках заключается в том, что стержневая смесь с быстротвердеющим связующим вдувается на пескодувной машине в предварительно нагретый стержневой ящик, температура которого в зависимости от состава связующего равна 220—280°C. Под действием теплоты стержневого ящика связующее нагревается и затвердевает в течение 15—60 с. Получаемые стержни

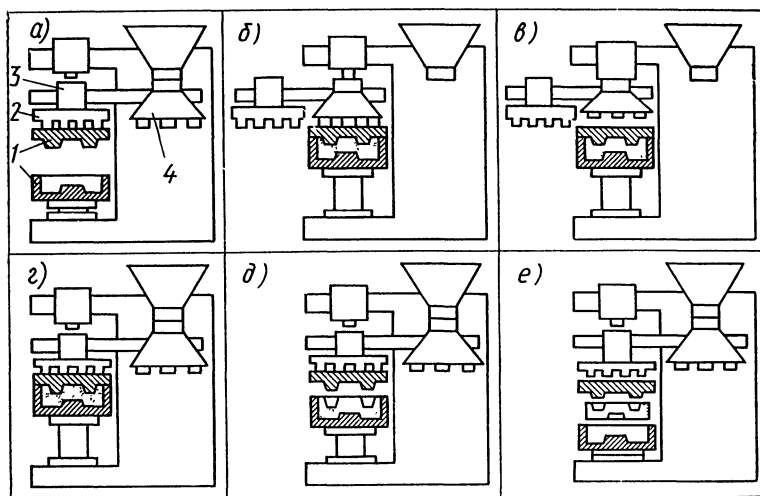


Рис. 4.32. Схема работы автоматической стержневой пескострельной машины для изготовления стержней по нагреваемым ящикам:

1 — стержневой ящик, 2 — устройство нагрева, 3 — распаривающее устройство, 4 — пескострельная головка

обладают высокой прочностью, позволяющей исключить применение каркасов, не нуждаются в дополнительной сушке, имеют высокую размерную точность, чистую поверхность, хорошую газопроницаемость (даже без выполнения в них специальных вентиляционных каналов), легкой выбиваемостью из отливок.

Процесс высокопроизводителен, легко поддается полной автоматизации. Однако при этом усложняется конструкция стержневых ящиков и увеличивается их стоимость, требуется использование более мощной вентиляции для удаления газообразных веществ, выделяющихся при отверждении стержней. Кроме того, применяемые синтетические смолы дороги и дефицитны.

Для изготовления стержней, отверждаемых в нагреваемой оснастке, применяют одно- и многопозиционные полуавтоматические и автоматические машины. Помимо карусельных многопозиционных автоматов используют установки челночного типа, в которых одна позиция уплотнения сочетается с двумя позициями для отверждения стержня и разъема стержневого ящика. Это достигается использованием передвижных пескодувных или пескострельных головок, перемещающихся с позиции

загрузки смеси на рабочую позицию надува, и наоборот (рис. 4.32). Работа автомата осуществляется в такой последовательности: *a* — сборка нагретого стержневого ящика 1, перемещение распаривающего устройства 3 и устройства нагрева 2 влево; *б* — переход пескострельной головки 4 на рабочую позицию, подъем и спаривание стержневого ящика, опускание пескострельной головки и надув стержневой смеси; *в* — подъем пескострельной головки; *г* — перемещение нагревательного и распаривающего устройства в рабочее положение; *д* — перемещение головки на позицию загрузки смеси, отверждение стержня, раскрытие ящика; *е* — выталкивание стержня и съем его с машины специальным устройством.

Машина выполняет также операцию очистки рабочей поверхности стержневого ящика и нанесения на него разделительного покрытия для уменьшения прилипаемости стержней и облегчения их извлечения. В качестве разделительного состава применяют раствор термостойкого кремнийорганического каучука СКТ в уайт-спирите.

Изготовление стержней из холоднотвердеющих смесей заключается в том, что стержневая смесь на основе синтетических смол в качестве связующих в присутствии катализаторов затвердевает в стержневом ящике при комнатной температуре. Для изготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) используют составы, указанные в гл. 3. Наряду с достоинствами, характерными для способа изготовления стержней в горячих ящиках, ХТС-процесс имеет некоторые преимущества перед ним — отсутствие нагревательных устройств, упрощение оборудования и оснастки, улучшение условий труда.

Так как процесс отверждения стержней из ХТС происходит при комнатной температуре, для него используют не только металлические, но и пластмассовые, а также деревянные стержневые ящики. Процесс затвердевания связующих ускоряется при подогреве ящиков до 30—35°C.

В связи с малой живучестью ХТС их готовят непосредственно перед использованием на участке изготовления стержней. Применяют смесители как периодического, так и непрерывного действия, например смеситель, показанный на рис. 4.33, с автоматической дозировкой компонентов. Компоненты смеси перемешиваются в течение 15—20 с, и готовая смесь подается в стержневой ящик.

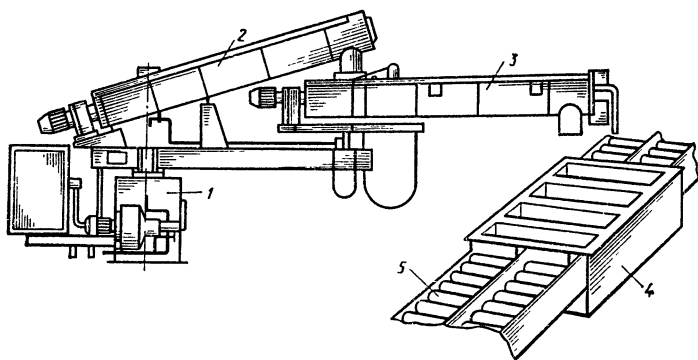


Рис. 4 33. Смеситель непрерывного действия АМД-15 для приготовления быстротвердеющих смесей:

1 — основание, 2 — смесительный шнек, 3 — поворотный шнековый конвейер, 4 — вибрационная решетка, 5 — рольганговый конвейер

Уплотнение смеси в стержневых ящиках производят на вибростолах, встряхивающих и пескодувных машинах. Продолжительность полного затвердевания смеси (30—60 мин) зависит от ее состава, температуры исходных компонентов, стержневого ящика и окружающей среды. Стержень выдерживают в ящике 2—15 мин до приобретения им достаточной прочности, затем его извлекают из ящика и дальнейшее окончательное отверждение его происходит на воздухе.

В условиях крупносерийного и массового производства изготовление стержней производят на полуавтоматических одно-, двух- и восьмипозиционных пескодувных машинах, имеющих встроенные лопастные смесители периодического действия.

К недостаткам процесса относятся высокая стоимость связующих и выделение при их отверждении токсичных веществ, вызывающее необходимость в установке мощной вентиляционной системы.

4.4. СБОРКА ФОРМ

Сборка форм является ответственной операцией, в значительной степени определяющей геометрическую точность размеров отливок, трудоемкость обрубки и очистки вследствие возможности образования заливов. Сборку форм выполняют в такой последовательности: подготовка полуформ и стержней к сборке, простановка

стержней и контроль их положения в форме, покрытие нижней полуформы верхней, установка выпорных и литниковых чаш, скрепление или нагружение полуформ.

Сборку начинают с установки нижней полуформы на заливочной площадке или на тележке конвейера, передающего собранные формы на заливку. После тщательного осмотра полость полуформ продувается сжатым воздухом для удаления частиц смеси, попавших внутрь формы при извлечении модели и при ремонте.

Стержни перед их использованием также подвергают тщательному контролю. Проверяют их размеры, оценивают состояние поверхности, точность сборки и склеивания, качество нанесения противопопригарного покрытия. В последовательности, указанной в технологической карте, стержни устанавливают в полость нижней полуформы. При этом устойчивость положения стержня в форме обеспечивается стержневыми знаками, которые должны точно устанавливаться в отпечатки знаков модели. Правильность установки стержней относительно формы и других стержней проверяется контрольными шаблонами.

На автоматических линиях сборка форм производится с помощью механизмов установки стержней — стержнеукладчиков и сборщиков-механизмов сборки форм на ленте конвейера.

Для предотвращения подъема верхней полуформы давлением залитого металла и его вытекания полуформы скрепляют скобами, струбцинами, болтами или устанавливают грузы. На автоматических формовочных линиях крепление полуформ осуществляется грузами, устанавливаемыми специальными механизмами — грузоукладчиками.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы ручной формовки.
2. В какой последовательности изготавливают формы по неразъемной и разъемной модели? Укажите разновидности процесса.
3. В чем заключаются особенности процесса изготовления форм из ЖСС?
4. Расскажите о сущности способа литья по газифицируемым моделям.
5. Перечислите способы уплотнения смеси при машинной формовке.
6. Укажите технологические особенности формовки на встряхивающих и прессовых машинах.
7. Укажите разновидности, особенности и область применения пескометной формовки.

8. Расскажите о газимпульсной и вакуумной формовке. Укажите область их применения.

9. Укажите последовательность процессов изготовления форм при автоматической безопочной формовке.

10. Перечислите требования, предъявляемые к стержням.

11. Расскажите об особенностях машинной формовки стержней. Укажите разновидности стержневых машин.

12. Расскажите о пескодувном и пескострельном процессах изготовления стержней.

5. ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ И ИХ СВОЙСТВА

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

В зависимости от метода переработки в заготовки металлические сплавы разделяют на литейные (используемые при изготовлении фасонных отливок) и деформируемые, получаемые вначале в виде слитков, а затем перерабатываемые ковкой, прокаткой, волочением, штамповкой. Различия в методах переработки оказывают существенное влияние на требования к свойствам, а следовательно, и на требования к составам литейных и деформируемых сплавов.

Литейные сплавы классифицируются в зависимости от их состава, свойств, назначения. Сплавы на основе железа называют черными. К ним относят все разновидности чугунов и сталей. Остальные литейные сплавы на основе алюминия, магния, цинка, олова, свинца, меди, титана, молибдена, никеля, кобальта, бериллия и других металлов, в том числе и благородных (серебра, золота, платины), называют цветными.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств литых деталей, например прочности, твердости, износостойкости, в сплавы в определенном количестве вводят специальные добавки, так называемые легирующие компоненты. По содержанию их сплавы делят на низколегированные (менее 2,5% легирующих компонентов по массе), среднелегированные (от 2,5 до 10%) и высоколегированные (свыше 10%).

Помимо специально вводимых в литейные сплавы компонентов в них обычно присутствуют постоянные примеси, наличие которых связано с особенностями металлургических процессов приготовления сплава и составом исходных металлургических материалов (руд, топлива, флюсов). Часто эти примеси (например, сера и фосфор

в сталях) являются вредными и содержание их ограничивают.

Литейные сплавы либо готовят из исходных компонентов (шихтовых материалов) непосредственно в литейном цехе, либо сплавы поступают с металлургических комбинатов в готовом виде и их только переплавляют перед заливкой в литейные формы. Как в первом, так и во втором случае отдельные элементы в процессе плавки, входящие в состав литейного сплава, могут окисляться (угарать), улетучиваться при повышенных температурах (возгоняться), вступать в химическое взаимодействие с другими компонентами или с футеровкой печи и переходить в шлак. Для восстановления требуемого состава сплава потери отдельных элементов в нем компенсируют, вводя в расплав специальные добавки (лигатуры, ферросплавы), приготовляемые на металлургических предприятиях. Лигатуры представляют собой вспомогательные сплавы, используемые как для введения в расплав основного литейного сплава легирующих элементов, так и для компенсации их угара. Лигатуры содержат помимо легирующего элемента также и основной металл сплава, поэтому они легче и полнее усваиваются расплавом, чем чистый легирующий элемент. Применение лигатур становится особенно необходимым, если температуры плавления основного литейного сплава и легирующего элемента имеют значительную разницу. Наиболее широко применяют лигатуры из цветных металлов, например: медь — никель (15—33% Ni), медь — алюминий (50% Al), медь — олово (50% Sn), алюминий — магний (до 10% Mg). При литье черных сплавов широко используют ферросплавы: ферросилиций (сплав железа с 13% и более кремния), ферромарганец, феррохром, ферровольфрам, ферромolibден и др. для введения легирующих элементов, а также для раскисления расплава. Используют также ферросплавы, состоящие из трех компонентов и более. К ферросплавам условно относят и некоторые сплавы, железо в которых содержится только в виде примеси, например силикоалюминий и силикокальций.

Раскисление, для которого часто используют ферросплавы, представляет собой процесс удаления из сплава кислорода, содержащегося в виде растворенных в металле оксидов (например, закиси железа FeO в стали). В процессе раскисления элементы, содержащиеся в ферросплавах, выполняют роль восстановителей:

они соединяются с кислородом оксида, растворенного в расплаве, восстанавливают металл, а сами, окислившись, переходят в шлак. Так, раскисление стали кремнием, содержащимся в ферросилиции, происходит по реакции $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{SiO}_2$.

Очищение (рафинирование) расплава раскислением способствует значительному улучшению качества металла отливки, повышению его прочности и пластичности.

Ряд сплавов, так же как и металлов либо неметаллических материалов (солей и др.), используют в качестве модификаторов, которые при введении в литейный сплав в небольших количествах существенно влияют на его структуру и свойства, например измельчают зерно и способствуют повышению прочности металла. Так, для получения высокопрочного чугуна широко используют модифицирование магнием.

В настоящее время в СССР около 95% всех производимых отливок (по массе) составляют чугунные и стальные. Следует однако учитывать, что из черных сплавов изготавливают большое количество крупных отливок, масса которых доходит до нескольких десятков и даже сотен тонн, а из сплавов цветных металлов отливают в основном мелкие и средние детали массой от нескольких граммов до нескольких десятков и редко — до нескольких сотен килограммов. Поэтому, несмотря на то что в общем выпуске масса отливок из цветных сплавов составляет около 5%, номенклатура их, так же как и методы литья, весьма разнообразна, а количество значительно.

5.2. ТРЕБОВАНИЯ К ЛИТЕЙНЫМ СПЛАВАМ

Требования к каждому литейному сплаву специфичны, однако существует и ряд общих требований:

состав сплава должен обеспечивать получение заданных свойств отливки (физических, химических, физико-химических, механических и др.);

сплав должен обладать хорошими литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, несклонностью к насыщению газами и к образованию неметаллических включений, малой и стабильной усадкой при затвердевании и охлаждении, несклонностью к ликвации и образованию внутренних напряжений и трещин в отливках;

состав, свойства и структура сплава как в исходном состоянии, так и в готовой литой детали должны быть

постоянными и не изменяться в процессе ее эксплуатации;

сплав должен быть по возможности простым по составу, легко готовиться, не содержать токсичных компонентов, не выделять при плавке и заливке сильно загрязняющих окружающую среду продуктов;

потери сплава при его приготовлении и в процессе литья должны быть минимальными;

сплав должен быть технологичным не только в изготовлении отливок, но и на всех последующих операциях получения готовых деталей (при обработке резанием, сварке, пайке, термической, гальванической и других видах окончательной обработки);

сплав должен быть экономичным: содержать по возможности меньшее количество дорогостоящих компонентов (быть экономно легированным), иметь минимальные потери при переработке его отходов (литников, брака, сплесков).

Выполнить все перечисленные требования в большинстве случаев практически невозможно, поэтому для решения определенных технических задач используют сплавы, свойства которых отвечают какому-нибудь одному (основному) требованию, а остальные требования приобретают подчиненное ему значение. Так, для изготовления рабочих лопаток газотурбинного авиационного двигателя применяют сплавы на никелевой основе, обладающие хорошей прочностью при высоких температурах (800—1200°C), т. е. жаропрочные. Однако эти сплавы не отвечают многим другим требованиям: они плохо обрабатываются резанием, образуют оксидные пленки, что вызывает необходимость ведения плавки и заливки форм в вакууме, имеют сложный состав (содержат до 10 легирующих компонентов), весьма дороги.

Необходимо отметить, что при выборе существующих или при создании новых литейных сплавов наряду с эксплуатационными свойствами большое значение приобретают литейные, обеспечивающие возможность получения качественных отливок при минимальных затратах труда, материальных средств, энергии, металла и вспомогательных материалов.

5.3. ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Литейными называют ряд свойств металлов и сплавов, определяющих их технологичность в литейных про-

цессах, т. е. пригодность для получения из них отливок необходимой конфигурации, с высокими эксплуатационными свойствами, заданной размерной точностью и требуемым качеством поверхности. Литейные свойства проявляются как в расплавах, так и на всех стадиях их затвердевания и охлаждения. Важнейшими литейными свойствами сплавов являются жидкотекучесть, усадка, склонность к образованию неметаллических включений, к поглощению газов, ликвации, склонность к образованию внутренних напряжений и трещин.

Жидкотекучесть — способность металлов и сплавов в расплавленном состоянии заполнять литейную форму, четко воспроизводя контуры ее и поверхность. При низкой жидкотекучести движение расплава в форме может прекратиться раньше, чем она будет заполнена. Это наиболее вероятно при изготовлении крупных тонкостенных отливок, особенно если сплав в форме быстро охлаждается (например, при литье в металлические или сырые песчаные формы). Жидкотекучесть сказывается на заполняемости формы расплавом, четкости воспроизведения рельефа полости формы. На жидкотекучесть оказывают влияние многие факторы, связанные со свойствами, состоянием и строением расплава (его природа, температура при заливке, фазовый состав, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость и теплопроводность, наличие включений, газонасыщенность, степень окисленности, интервал кристаллизации), а также с состоянием и свойствами формы (например, ее температура, теплофизические свойства, состояние поверхности, газотворность и газопроницаемость) и условиями заливки (конструкция и размеры литниковой системы, напор расплава, скорость заливки, характер движения потока и т. д.).

Для определения жидкотекучести предложены различные пробы, отливаемые в формах специальной конструкции. Наиболее распространены различные разновидности спиральных проб. Формы для отливки таких проб имеют протяженный спиральный канал, расположенный в горизонтальной плоскости. Поперечное сечение канала постоянно по всей длине и имеет обычно форму трапеции высотой 8 мм, шириной вверху 8 мм и внизу 7 мм. Одна из конструкций спиральной пробы представлена на рис. 5.1. Жидкотекучесть оценивается в миллиметрах по длине отлитой спирали. Для удобства замеров в верхней части канала сделаны выступы, расстояния между которыми 50 мм.

Усадка — свойство металлов и сплавов уменьшать объем при охлаждении в расплавленном состоянии, в процессе затвердевания и в затвердевшем состоянии при охлаждении до температуры окружающей среды. Различают объемную ($\epsilon_{об}$) и линейную ($\epsilon_{лин}$) усадки, выражаемые обычно в процентах: $\epsilon_{об} = [(v_{\phi} - v_0)/v_0] \cdot 100$, $\epsilon_{лин} = [(l_{\phi} - l_0)/l_0] \cdot 100$, где v_{ϕ} и l_{ϕ} — соответствующий объем и контролируемый линейный размер полости формы; v_0 и l_0 — объем и контролируемый размер отливки, охлажденной до температуры окружающей среды.

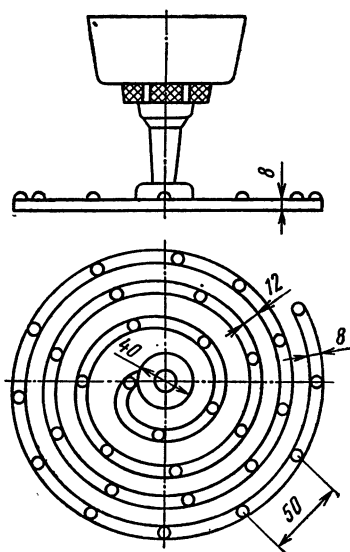


Рис. 5.1. Проба на жидкотекучесть

Результатом объемной усадки являются усадочные раковины и поры в отливке, для предупреждения образования которых используют различные технологические приемы: применяют прибыли и холодильники (см. гл. 1), направленное затвердевание, суспензионное литье, кристаллизацию под поршневым давлением и др. При суспензионном литье в поток расплава, заполняющего литейную форму, вводят металлический порошок. Замешанные в расплав твердые металлические частицы выравнивают температуру в наружных и внутренних слоях отливки, уменьшают усадку, являются многочисленными центрами зарождения кристаллов при затвердевании расплава, что приводит к получению отливок с равномерной по сечению мелкокристаллической структурой. Однако суспензионный метод из-за значительного снижения жидкотекучести расплава малоприменим для изготовления тонкостенных, сложных отливок при заливке форм под действием гравитационных сил (без дополнительного давления).

Линейная усадка является одним из важнейших литейных свойств сплавов, учитываемых при проектировании технологического процесса литья, так как величиной

ее во многом определяется размерная точность получаемых отливок. Следует учитывать, что в реальных отливках линейная усадка может протекать свободно и затрудненно. Если свободная линейная усадка для сплава определенного состава и конкретных условий заливки его является величиной достаточно постоянной, то затрудненная усадка может изменяться в весьма широких пределах в зависимости как от факторов, определяющих величину свободной усадки, так и от многих других, прежде всего от конструкции той части отливки, где находится контролируемый размер, и податливости литейной формы. Так, обмерами сложной по конфигурации стальной отливки, изготовленной из углеродистой конструкционной стали, было установлено, что в местах, где линейная усадка была сильно затруднена, величина ее на ряде размеров была близка к нулю, но в других частях, где она протекала свободно, достигала 2,5%.

При высоких требованиях к размерной точности отливок, особенно в условиях крупносерийного и массового производства, вначале по наиболее дешевой деревянной модельной оснастке изготавливают опытные партии отливок, обмерами их определяют линейную усадку для каждого из контролируемых размеров, после чего производят доводку модельной оснастки либо изготавливают новую, более точную (например, металлическую) для выпуска промышленных партий деталей. Это позволяет за счет повышения размерной точности отливок уменьшить припуски на их механическую обработку, сократить расход металла и трудоемкость изготовления деталей. При изготовлении штучных отливок или при выпуске их небольшими партиями оснастку изготавливают с учетом средних значений линейной усадки сплава, а неточности контролируемых размеров отливки компенсируют припуском на ее механическую обработку.

Л и к в а ц и я — неоднородность химического состава литейного сплава в различных частях отливки, возникающая при ее затвердевании, из-за различной растворимости отдельных компонентов сплава в его жидкой и твердой фазах. Различают дендритную и зональную ликвацию. Дендритная ликвация — это химическая неоднородность, проявляющаяся в пределах одного дендрита — кристалла древовидной (ветвистой) формы. Причиной ее является так называемая избирательная кристаллизация, вследствие которой оси дендритов, растущие первыми, содержат меньше примесей, а за-

твердевающая позже между осями часть расплава обогащается этими примесями, что и приводит к неоднородности химического состава в различных частях каждого дендрита.

Зональная ликвация — химическая неоднородность в отдельных объемах отливки, т. е. различие химического состава в разных ее частях, возникающая в результате как избирательной кристаллизации, так и процессов перемещения ликвирующих элементов вместе с жидкой фазой из одной части отливки в другую при ее затвердевании. Так, более тяжелые примеси могут концентрироваться в нижней, а более легкие — в верхней частях отливки (ликвация по плотности), легкоплавкие компоненты литейных сплавов, затвердевающие в последнюю очередь (при более низких температурах), оттесняются в среднюю часть стенки отливки, что приводит к образованию разновидности зональной ликвации — осевой ликвации. Эта ликвация называется также прямой, в отличие от обратной, при которой в центральной части тела отливки содержатся более тугоплавкие компоненты, а легкоплавкие при кристаллизации вытесняются на ее поверхность.

Ликвация приводит к неоднородности механических и других эксплуатационных свойств литых деталей, вызывает их преждевременный износ и разрушение. Дендритную ликвацию в большинстве случаев удается устранить термической обработкой отливок, при которой за счет диффузионных процессов происходит выравнивание химического состава в пределах каждого кристалла (дендрита). Однако устранить образовавшуюся в отливке зональную ликвацию практически невозможно, поэтому стремятся предупреждать ее образование, создавая технологичные конструкции отливок, с равномерной толщиной стенок и без массивных узлов, вводя в сплавы добавки, уменьшающие ликвацию, применяя ускоренное охлаждение отливок.

5.4. ЛИТЕЙНЫЕ ЧУГУНЫ

Состав чугунов. Чугуны представляют собой весьма обширную группу сплавов железа, содержащих свыше 2,14 % углерода и другие элементы.

Следует различать чугуны, являющиеся первичными продуктами переработки железных руд в доменных печах, и чугуны, выплавляемые в литейных цехах для по-

лучения фасонных отливок. Доменные чушковые чугуны разделяют на литейные и передельные.

Большую часть доменных чугунов (свыше 80%) составляют передельные, они предназначены для переработки в сталь на металлургических заводах. Доменные литейные чугуны предназначены для выплавки чугуна при получении отливок. По своему составу и свойствам они непригодны для непосредственного изготовления машиностроительных фасонных отливок, но используются в литейных цехах как исходные (шихтовые) материалы при плавке наряду с чугунным и стальным ломом (скрапом), собственными отходами литейного производства (литниками, прибылями, браком), а также со специальными добавками, вводимыми, например, для легирования чугуна в целях придания ему определенных свойств: повышенной прочности и пластичности, жаростойкости, стойкости против коррозии и др. В дальнейшем под термином «литейные чугуны» будут подразумеваться только чугуны вторичной плавки, приготовляемые в литейных цехах.

Структура и свойства чугуна в основном определяют тем, в каком количестве и в каком виде (свободном или связанном) содержится в нем углерод. Свободный углерод в чугуне представляет собой равномерно распределенные в металлической основе сплава включения графита — неметаллического материала, обладающего малой прочностью и твердостью, имеющего в различных чугунах разную форму: пластинчатую, шаровидную, хлопьевидную или промежуточную. Связанный углерод входит в состав чугуна в виде химического соединения Fe_3C — цементита. Включения графита, особенно пластинчатой формы, действуют на металлическую основу чугуна как надрезы, снижающие ее механическую прочность и пластичность. Поэтому чугуны, несмотря на сходство по составу со сталями (и те, и другие — сплавы железа с углеродом), обладают меньшей прочностью и большей хрупкостью. Чем больше по количеству и размерам включения графита в чугуне, тем меньше его прочность. Наиболее высокими механическими свойствами обладают высокопрочные чугуны с шаровидной формой графита и ковкие чугуны, в которых благодаря специальной термической обработке обеспечивается выделение углерода отжига в виде хлопьевидных частиц. Высокое (по сравнению со сталями) содержание углерода в чугуне оказывает положительное влияние на литейные

свойства чугуна: понижает температуру плавления, повышает жидкотекучесть, уменьшает усадку. Поэтому из чугуна можно получать более тонкостенные, чем из стали, отливки, меньше расходовать металла на литниковую систему и прибыли. Обычный серый чугун дешевле и проще в приготовлении, чем сталь, отливки из него менее подвержены короблению и образованию трещин, в меньшей степени взаимодействуют с песчаной формой при затвердевании и охлаждении в ней, поэтому имеют более чистую поверхность.

Название «серый чугун» связано с тем, что темные включения графита в чугуне малы, неразличимы глазом и придают чугунным отливкам в изломе матово-серый цвет. Серый чугун является самым распространенным материалом для изготовления различных машиностроительных деталей — от многотонных станин до гильз автомобильных двигателей, не только из-за дешевизны и хороших литейных свойств, но и в связи с легкой обрабатываемостью резанием. Включения графита в чугуне являются микроконцентраторами внутренних напряжений, способствуя рассредоточиванию их в массе отливки. Поэтому в чугунных деталях менее, чем в стальных, опасны различные надрезы, мелкие раковины, поры, неметаллические включения, а также резкие переходы между отдельными стенками и другими конструктивными элементами, т. е. места, где в деталях из других сплавов, например из сталей, могут концентрироваться значительные напряжения, приводящие к разрушению.

К основным составляющим структуры различных чугунов, определяющим их свойства, помимо графита относят феррит, цементит, перлит, аустенит, ледебурит. Феррит — твердый раствор углерода (до 0,02%) в α -железе. Железо существует в виде различных разновидностей (α , β , γ и δ -аллотропных модификаций), различающихся по кристаллической структуре или по магнитным свойствам. Устойчивым при обычной температуре и нагреве вплоть до 769°C является α -железо, обладающее магнитными свойствами. При более высоких температурах (до 910°C) происходит переход его в β -железо, а в интервале температур 910—1440°C устойчиво γ -железо, отличающееся от α -модификации структурой и не обладающее магнитными свойствами. Структуру с γ -модификацией железа можно получить (и сохранить в отливке при обычной температуре) путем быстрого охлаждения с температуры 910—1140°C.

В феррите могут быть растворены также кремний, марганец, фосфор и другие элементы. Феррит мягок и пластичен, если не содержит легирующих примесей, повышающих его прочность, твердость, хрупкость.

Цементит (карбид железа) представляет собой химическое соединение (Fe_3C), содержащее 93,33 % железа и 6,67 % углерода; является наиболее твердой и хрупкой составляющей чугунов.

Перлит — эвтектоидная механическая смесь цементита и феррита. Мельчайшие частицы цементита, находящиеся в пластичной массе феррита, придают этой смеси хорошие прочностные свойства. В перлите содержится 0,83 % углерода.

Аустенит — твердый раствор углерода (до 2,14 %) в γ -железе. Аустенит немагнитен.

Ледебурит — эвтектическая механическая смесь аустенита и цементита, образующаяся при температурах ниже 1145°C. Содержание углерода в ледебурите 4,3 %. При нормальной температуре ледебурит представляет собой смесь цементита и перлита.

На процесс формирования структуры чугуновых отливок оказывает влияние ряд факторов; к наиболее существенным из них относят химический состав чугуна, температуру перегрева его перед заливкой в форму и скорость охлаждения отливки. Структуру металла готовой отливки можно изменять термической обработкой.

По химическому составу чугуны разделяют на нелегированные и легированные. Обычно в чугунах содержится (помимо железа) 2,4—3,6 % углерода, 0,5—3 % кремния, 0,2—1,0 % марганца, 0,04—0,8 % фосфора, 0,02—0,2 % серы. Как основные, так и легирующие элементы оказывают различное влияние на графитизацию чугуна. В приведенном ниже ряду элементы расположены в зависимости от их влияния на графитизацию (слева — способствующие графитизации, справа — тормозящие ее, в середине — не оказывающие на этот процесс существенного влияния): Al, C, Si, Ti, Ni, Cu, P, Co, Zr, Nb, W, Mn, Mo, S, Cr, V, Te, Mg, Sr, B.

Таким образом, постоянные компоненты чугуна C и Si оказывают сильное графитизирующее действие, а Mn и S тормозят выделение свободного графита. Большое влияние суммарного содержания углерода и кремния на структуру чугуна показано многими исследователями. Предложены структурные диаграммы, типа приведенной на рис. 5.2 диаграммы Маурера. Наклонные

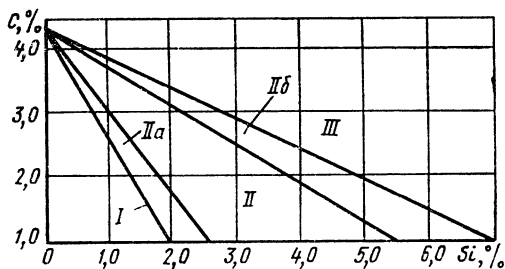


Рис. 5.2. Диаграмма Маурера:

I — белый чугун (перлит + цементит), *IIa* — половинчатый чугун (перлит + цементит + феррит), *II* — серый перлитный чугун (феррит + графит), *IIб* — серый перлитно-ферритный чугун (перлит + феррит + графит), *III* — серый ферритный чугун (феррит + графит)

линии делят диаграмму на пять областей, каждой из которых соответствует определенная структура чугуна: *I* — белый чугун (перлит+цементит), *IIa* — половинчатый чугун (перлит+цементит+феррит), *II* — серый перлитный чугун (феррит+графит), *IIб* — серый перлитно-ферритный чугун (перлит+феррит+графит), *III* — серый ферритный чугун (феррит+графит). Схематическое изображение этих структур показано на рис. 5.3. Из диаграммы (см. рис. 5.2) следует, например, что при одном и том же содержании углерода (3,0%) будет получаться белый чугун, если содержание кремния не превышает 0,8%, серый перлитный—при 1,1 до 2% Si и при 2,8% и более — серый ферритный чугун. Таким образом, регулируя суммарное количество углерода и кремния в расплаве чугуна, а также скорость охлаждения его в форме, можно получать отливки с различной структурой.

Как показано на рис. 5.3,а, ферритный серый чугун (ГОСТ 1412—85) (СЧ) имеет малопрочную ферритную основу, сильно ослабленную большим количеством крупных включений пластинчатого графита. К достоинствам этого чугуна (СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35) относится то, что он дешев, прост в приготовлении, обладает хорошими литейными свойствами (табл. 5.1); из него изготовляют отливки неответственного назначения: грузы, крышки, рукоятки, плиты для полов и т. п.

В настоящее время все более часто применяют чугун с вермикулярным (червеобразным) графитом.

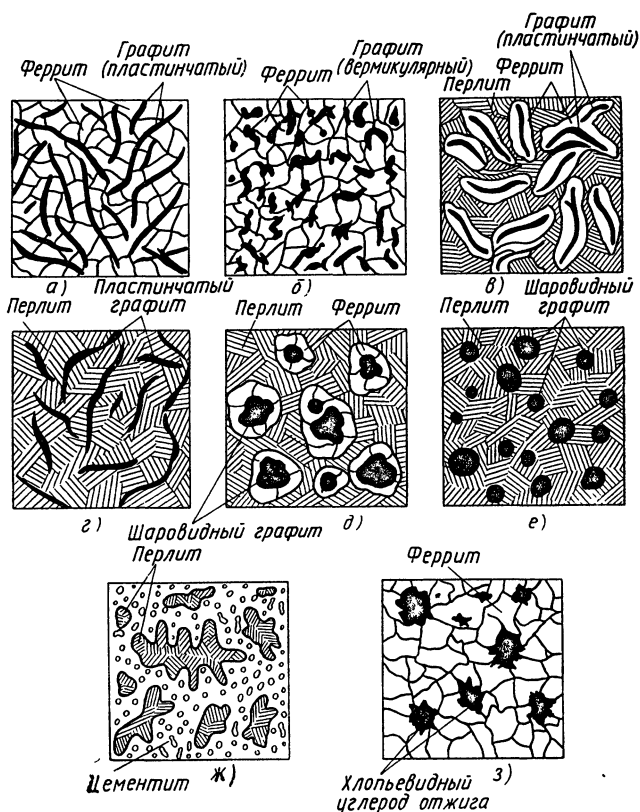


Рис. 5.3. Микроструктуры различных чугунов

том (ЧВГ), имеющий преимущественно ферритную основу. Как видно из схемы рис. 5.3,б, вермикулярная форма включений графита занимает как бы промежуточное положение между пластинчатой (см. рис. 5.3,а) и шаровидной (рис. 5.3,д,е), поэтому ЧВГ имеет более высокие прочностные свойства, чем чугун с графитом пластинчатой формы, но более низкие, чем высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ЧШГ). ЧВГ выплавляют из особо чистых шихтовых материалов, содержащих малое количество серы, с использованием легирующих добавок (небольших количеств ванадия, меди, титана и др.).

5.1. Серый чугун

Марка чугуна	Марка чугуна по СТ СЭВ 4560—84	Временное сопротивление при растяжении σ_B , МПа, не менее
СЧ10	31110	100
СЧ15	31115	150
СЧ18	—	180
СЧ20	31120	200
СЧ21	—	210
СЧ24	—	240
СЧ25	31125	250
СЧ30	31130	300
СЧ35	31135	350

Примечание. Допускается превышение минимального значения временного сопротивления при растяжении не более чем на 100 МПа, если в нормативно-технической документации на отливки нет других ограничений.

Временное сопротивление при растяжении чугуна марки СЧ10 определяется по требованию потребителя.

На рис. 5.3,в изображена структура перлитно-ферритного СЧ, характерная тем, что в перлитной металлической основе находятся включения феррита с расположенным внутри их пластинчатым графитом. Такой чугун широко используют для изготовления разнообразных деталей машин (сельскохозяйственных, дорожных, автомобилей и тракторов, станков, насосов, а также арматуры и т. д.), так как он при достаточно высокой прочности обладает хорошими литейными свойствами и получается из дешевых шихтовых материалов.

Перлитный серый чугун (рис. 5.3,г) — более прочный сплав, чем рассмотренные выше разновидности СЧ, ввиду того, что феррит в его структуре отсутствует, а включения графита более мелкие и содержатся в меньшем количестве. Этот чугун используют для получения нагруженных, в том числе крупных отливок, например деталей компрессоров, турбин, тепловозов, насосов.

Механические свойства (прочность, пластичность) серых чугунов можно приблизить к свойствам стали при одновременном сохранении лучших, чем у нее, литейных свойств, применяя модифицирование, легирование, а также термическую обработку чугуна (иногда — совмещая их).

Модифицирование чугуна заключается в том, что при выпуске его из плавильной печи (например, на желобе

вагранки), в ковше, а иногда в литниковой системе при заливке форм в расплав вводят добавки-модификаторы, измельчающие структурные составляющие чугуна, либо вызывающие изменение формы включений графита. Так, используя ферросилиций ФС75, силикокальций и некоторые другие модификаторы, обрабатывают расплав чугуна с пониженным содержанием углерода и кремния. Без воздействия модификаторов в структуре чугуна при затвердевании образуется цементит. Но модификатор оказывает графитизирующее действие, причем графит выделяется в виде мелких пластин, а общее количество их в металлической основе невелико, так как малым было содержание углерода в исходном чугуне. В результате разупрочняющее действие включений графита проявляется в меньшей степени, чем в обычном сером чугуне, и достигаются более высокие механические свойства металла отливок. Особенно эффективно модифицирование магнием или его сплавами, воздействие которых на чугун таково, что выделяющийся при кристаллизации отливки графит приобретает шаровидную форму, а чугун становится пластичным и высокопрочным (ВЧ). На рис. 5.3, д, е показаны соответственно структуры перлитно-ферритного и перлитного высокопрочных чугунов с шаровидным графитом. Магний ВЧ по механическим свойствам близок к конструкционной углеродистой стали, однако имеет по сравнению с ней ряд преимуществ: дешевле, плавится при более низкой температуре, обладает более высокими литейными свойствами, менее склонен к образованию трещин, пригара, легче (объемная масса меньше, чем у стали) и лучше обрабатывается резанием.

Так как магний легко загорается при повышенных температурах, введение его в расплав чугуна связано с определенными трудностями. Несмотря на то что количество вводимого магния невелико (0,15—0,45% от массы чугуна), обработку его расплава проводят с большими предосторожностями. Часто во избежание выплеска металла модифицирование выполняют в специальных, герметично закрывающихся ковшах. При введении магния в виде лигатур (Mg—N; Mg—Fe—Si) процесс модифицирования протекает более спокойно.

Для получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом применяют также модифицирование церием, вводя его в виде кусков непосредственно в ковш. Расход церия составляет не более 0,3% от массы модифици-

руемого расплава, причем по качеству цериевый чугун превосходит магниевый. Однако церий дорог, дефицитен и используется в качестве модификатора редко.

Для улучшения структуры металлической основы чугуна после модифицирования его магнием или церием рекомендуется вводить в расплав кусковой ферросилиций ФС75 в количестве 0,3—1,0%.

ВЧ с шаровидным графитом (ГОСТ 7293—85, табл. 5.2) используют для изготовления таких высоконагруженных отливок ответственного назначения, как колленчатые валы автомобильных двигателей, детали турбин, работающих в условиях ударных, знакопеременных нагрузок, шатуны, прокатные валки и др.

5.2. Высокопрочные чугуны

Марка чугуна	Марка чугуна по СТ СЭВ 4558—84	Временное сопротивление при растяжении σ_B , МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа
		не менее	
ВЧ 35	33135	350	220
ВЧ 40	33140	400	350
ВЧ 45	33145	450	310
ВЧ 50	33150	500	320
ВЧ 60	33160	600	370
ВЧ 70	33170	700	420
ВЧ 80	33180	800	480
ВЧ 100	—	1000	700

Легирование чугунов (ГОСТ 7769—82) применяют как в целях повышения их прочности, так и для придания отливкам ряда специальных свойств: износостойкости, устойчивости против коррозии в различных средах и т. д. Различают низко- и высоколегированные (табл. 5.3) хромистые, кремнистые, алюминиевые, марганцевые и никелевые чугуны. В настоящее время применяют также чугуны, модифицированные небольшими количествами редкоземельных элементов.

Области применения низколегированных чугунов весьма разнообразны. Так, из чугунов, легированных совместно никелем (до 1,75%), хромом (до 0,8%) и вольфрамом (0,2%), отливают штампы; из чугуна с одним процентом никеля и 0,25% Cr — базовые детали металлорежущих станков высокой точности; из чугунов, комплексно легированных Ni, Cr, Mo и Cu, — цилиндры автомобильных двигателей и т. д. Введением большого

5.3. Легированные чугуны

Вид чугуна	Марка ¹	Свойства отливок	
Хромистые	Низколегированные	ЧХ1 ЧХ2	Жаростойкие
		ЧХ3	Жаростойкие, износостойкие
		ЧХ3Т	Износостойкие
	Высоколегированные	ЧХ9Н5	»
		ЧХ16	Износостойкие, жаростойкие
		ЧХ16М2 ЧХ22	Износостойкие
		ЧХ22С ЧХ28	Коррозионно-стойкие и жаростойкие
		ЧХ28П	Стойкие в цинковом расплаве
		ЧХ28Д2	Износостойкие и коррозионно-стойкие
ЧХ32	Жаростойкие и износостойкие		
Кремнистые	Низколегированные	ЧС5 ЧС5Ш	Жаростойкие
	Высоколегированные	ЧС13 ЧС15 ЧС17 ЧС15М4 ЧС17М3	Коррозионно-стойкие в жидкой среде
Алюминиевые	Низколегированные	ЧЮХШ	Жаростойкие
	Высоколегированные	ЧЮ6С5 ЧЮ7Х2	Жаростойкие и износостойкие
		ЧЮ22Ш ЧЮ30	Жаростойкие и износостойкие при высокой температуре
Марганцевые	Высоколегированные	ЧГ6С3Ш ЧГ7Х4	Износостойкие
		ЧГ8Д3	Маломагнитные, износостойкие

Вид чугуна		Марка ¹	Свойства отливок
Никелевые	Низколегированные	ЧНХТ ЧНХМД ЧНМШ	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания
		ЧН2Х	Износостойкие
	Высоколегированные	ЧН4Х2	»
		ЧН11Г7Ш ЧН15Д3Ш	Жаропрочные и маломагнитные
		ЧН15Д7	Износостойкие в двигателях и маломагнитные
		ЧН19Х3Ш	Жаропрочные и маломагнитные
		ЧН20Д2Ш	Жаропрочные, хладостойкие, маломагнитные

¹ В обозначениях марок буквы означают: Ч — чугун; Х — хром, С — кремний, Г — марганец, Н — никель, Д — медь, М — молибден, Т — титан, П — фосфор, Ю — алюминий; буква Ш указывает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму; цифры после буквы указывают массовую долю основных легирующих элементов; отсутствие цифры означает, что содержание легирующего элемента составляет около 1%.

количества легирующих компонентов серым чугунам с пластинчатым графитом придают разнообразные специальные свойства. Так, немагнитные отливки для электромашиностроения, имеющие аустенитную структуру металлической основы, изготавливают из чугуна, содержащего до 7,0% марганца и до 12% никеля, а при отливке ряда коррозионно-стойких деталей для химического машиностроения, хорошо выдерживающих воздействие серной, уксусной, муравьиной кислот, каустической соды, некоторых солей и щелочей, а также морской воды, используют чугун, легированный молибденом, медью, никелем и хромом.

Термической обработкой серых чугунов, так же как легированием или модифицированием, можно существенно изменить их структуру, а следовательно, и свойства. Так, у отливок из высокопрочного чугуна с ферритно-перлитно-графитовой структурой, в которой преобладает феррит (75—80%), закалкой, заключающейся в нагреве токами высокой частоты до 975—1000°С и быстрым

охлаждении, можно получить однородную структуру мартенсита в закаленном слое. Мартенсит — микроструктура игольчатого вида, придающая металлу весьма высокую твердость. Представляет собой твердый пересыщенный раствор углерода в α -железе.

Белый чугун в отличие от серого не содержит в структуре графита (рис. 5.3,ж). Он состоит из перлита и цементита, имеет светлый, блестящий излом, весьма тверд и хрупок, практически не поддается механической обработке, хорошо противостоит истиранию. Поэтому из белого чугуна отливают такие детали, как лопасти дробеметных аппаратов, щеки камнедробилок, звездочки для очистки металлических деталей в галтовочных барабанах и др.

Структура белого чугуна образуется при малом содержании в нем кремния и других графитизирующих элементов. Образованию такой структуры в значительной степени способствует быстрое охлаждение отливок. Это используют при получении некоторых деталей, например прокатных валков, применяемых для обработки металла и в производстве бумаги, принимая меры к тому, чтобы у таких отливок, называемых отбеленными или закален-

5.4. Ковкие чугуны

Марка ковкого чугуна ферритного и перлитного класса	Временное сопротивление разрыву, МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Твердость по Бринеллю НВ
КЧ 30—6	294	6	100—163
КЧ 33—8	323	8	100—163
КЧ 35—10	333	10	100—163
КЧ 37—12	362	12	110—163
КЧ 45—7	441	7	150—207
КЧ 50—5	490	5	170—230
КЧ 55—4	439	4	192—241
КЧ 60—3	588	3	200—269
КЧ 65—3	637	3	212—269
КЧ 70—2	686	2	241—285
КЧ 80—1,5	784	1,5	270—320

ными, сердцевина имела структуру серого чугуна достаточно вязкого, для того чтобы выдерживать ударные нагрузки, а рабочий поверхностный слой — структуру белого чугуна.

Значительно шире белый чугун используют как промежуточный материал для последующей переработки на ковкий чугун (КЧ), из которого изготавливаются многие нагруженные детали машин и механизмов (табл. 5.4).

Название «ковкий» является условным, только подчеркивающим, что КЧ значительно более пластичен и вязок, чем обычный СЧ. Технология получения ковкого чугуна состоит в том, что детали отливают из белого чугуна, а затем подвергают термической обработке, в результате которой происходит разложение основной структурной составляющей белого чугуна — цементита. В зависимости от химического состава исходного чугуна и режима термообработки (отжига) можно получить две основные разновидности ковкого чугуна: с ферритной (Ф) и перлитной (П) структурами металлической основы. В отдельных случаях получают ковкий чугун с промежуточной структурой — перлитно-ферритной. Общей отличительной особенностью всех разновидностей КЧ является то, что графит (углерод, выделяющийся при отжиге) в них имеет компактную, хлопьевидную форму, близкую к глобулярной, а это и определяет свойства КЧ как промежуточные между СЧ и сталью. Хорошие механические свойства ковких чугунов в сочетании с высокой жидкотекучестью исходного чугуна обусловили их использование для изготовления широкой номенклатуры мелких, тонкостенных отливок для автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, а также арматуры и других деталей массового производства. Согласно ГОСТ 1215—79, установлено четыре марки ковкого чугуна ферритного класса с ферритной или ферритно-перлитной металлической основой (КЧ 30—6; КЧ 33—8; КЧ 35—10 и КЧ 37—12) и семь марок перлитного класса в основном с перлитной микроструктурой металлической основы (КЧ 45—7; КЧ 50—5; КЧ 55—4; КЧ 60—3; КЧ 65—3; КЧ 70—2 и КЧ 80—1,5).

Ферритный КЧ, структура которого показана на рис. 5.3,з, обладает пластичностью, хорошо выдерживает ударные нагрузки. Перлитный ковкий чугун обладает высокой прочностью и износостойкостью. Последнее свойство может быть повышено легированием. Пластические свойства у перлитного чугуна средние.

При разработке технологии отливки деталей из ковкого чугуна учитывают, что исходный белый чугун имеет большую усадку, чем обычный серый, ввиду чего при-

ходится предусматривать специальные отводные прибыли (бобышки) для питания массивных узлов отливок. Следует отметить, что многие особенности получения деталей из ковкого чугуна существенно ограничивают область возможного применения этого процесса. Он длителен и энергоемок, так как даже в случае использования наиболее современных методов ускоренного отжига продолжительность этой операции составляет несколько часов, а необходимая температура нагрева отливок достигает 1000°C. Во многих случаях значительно экономичнее оказывается получение отливок из высокопрочных чугунов, многие разновидности которых превосходят ковкие чугуны по эксплуатационным свойствам.

В настоящее время широко распространены специальные антифрикционные чугуны (ГОСТ 1585—85), предназначенные для отливок, работающих со смазкой в узлах трения машин и механизмов. На эти отливки распространяется ГОСТ 1585—85, включающий шесть марок антифрикционных серых чугунов с пластинчатым графитом (АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6), две марки высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (АЧВ-1, АЧВ-2) и две марки антифрикционного ковкого чугуна с хлопьевидным графитом (АЧК-1 и АЧК-2). Указанные чугуны имеют перлитную или перлитно-ферритную металлическую основу, в большинстве случаев содержат легирующие добавки (медь, хром, никель, титан, алюминий и др.); могут заменить значительно более дорогие и дефицитные сплавы на медной основе, в том числе в условиях трения с повышенными скоростями скольжения.

5.5. ЛИТЕЙНЫЕ СТАЛИ

К литейным сталям относят железоуглеродистые сплавы, содержащие до 2,14% С и другие элементы (Mn, Si, P, S, Cr, Ni, W, Mo, V и т. д.), попавшие в сталь из шихтовых материалов либо специально введенные в нее в определенных количествах для придания сплаву необходимых эксплуатационных и технологических свойств.

В настоящее время стальные отливки используют во всех отраслях машиностроения; по объему производства они занимают второе место после чугунов. Из сталей отливают обычно детали, к которым предъявляют повышенные требования по прочности, пластичности,

надежности и долговечности в процессе эксплуатации. Литейные стали классифицируют в основном по способу выплавки, химическому составу, структуре, назначению. По химическому составу литейные стали разделяют на углеродистые, а также низко-, средне- и высоколегированные.

По структуре углеродистые стали могут быть ферритными или перлитными, а легированные — ферритными, мартенситно-ферритными, мартенситными, аустенитно-мартенситными, аустенитно-ферритными и аустенитными. Так как стальные отливки обычно подвергают термической обработке, стали классифицируют также по структуре в термически обработанном состоянии. Так, для термически обработанных углеродистых и многих низко- либо среднелегированных сталей характерна перлитная структура, а для высоколегированных жаропрочных и жаростойких сталей, так же как и для износостойкой высокомарганцевистой стали 110Г13Л, — аустенитная. Структура отливок из высоколегированных сталей в основном определяется природой и количеством легирующих элементов, содержанием углерода, режимом термической обработки, поэтому приведенная выше классификация этих структур условна. В зависимости от скорости охлаждения, например, у сталей мартенситного класса можно получить перлитную структуру и наоборот.

В зависимости от назначения литой детали и требований к ней конструкционные нелегированные и легированные стали разделены (согласно ГОСТ 977—75) на три группы: для изготовления отливок общего назначения, ответственного назначения и особо ответственного назначения. Для каждой группы отливок установлены показатели контроля. Для отливок I группы допускается содержание в стали 0,05—0,06% S и 0,05—0,087% P; для отливок II группы — 0,045—0,06% S и 0,04—0,07% P; для отливок III группы — 0,045—0,05% S и 0,04—0,05% P. Содержание других элементов одинаково для сталей всех групп отливок.

По способу выплавки различают стали, выплавленные в печах с кислой и основной футеровкой, так как состав футеровки оказывает существенное влияние на ход процесса плавки и свойства готового сплава. В печах с кислой футеровкой, главной составляющей которой является кремнезем SiO_2 , выплавляются обычно углеродистые и многие низколегированные конструкционные стали. В печах с основной футеровкой (магнези-

товой, магнетитохромитовой, хромомagneзитовой) выплавляют преимущественно средне- и высоколегированные стали.

Большую часть фасонных отливок (около 65%) изготовляют из углеродистых конструкционных сталей (ГОСТ 977—75) следующих марок 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л. В обозначении марки число означает среднее содержание углерода в сотых долях процента (например, для марки 25Л — 0,25% С), а буква «Л» указывает, что сталь предназначена для литья (табл. 5.5). Как видно из приведенных в таблице

5.5. Свойства некоторых углеродистых конструкционных литейных сталей

Сталь	Состав ¹ , % (Fe-основа)		Механические свойства (после нормализации), не менее					Температура заливки, °С
	С	Mn	σ_B	σ_T	δ	ψ	KCU	
			МПа		%		МДж/ м ²	
15Л	0,12—0,2	0,3—0,9	400	200	24	35	0,5	1560—1630
20Л	0,17—0,25	0,35—0,9	420	220	22	35	0,5	1560—1630
25Л	0,22—0,3	0,35—0,9	450	240	19	30	0,4	1500—1580
45Л	0,42—0,5	0,4—0,9	550	320	12	20	0,3	1460—1560
55Л	0,52—0,6	0,4—0,9	600	350	10	18	0,25	1460—1560

¹ В зависимости от назначения сталей содержание в них вредных примесей имеет различные ограничения: для отливок общего назначения допускается содержание серы до 0,06% и фосфора до 0,08%, тогда как для отливок особо ответственного назначения количество каждого из этих элементов не должно превышать 0,05%; содержание кремния в сталях всех указанных марок должно быть в пределах 0,2—0,52%, а Cr, Ni, Cu — не более 0,3% (каждого).

данных, с увеличением содержания углерода повышается прочность и снижаются пластические свойства сталей. Одновременно улучшается жидкотекучесть их и уменьшается усадка. Важное значение имеют требования, указанные в примечаниях в отношении содержания вредных примесей — серы и фосфора. Сера вызывает склонность сталей к образованию горячих трещин, а фосфор — хрупкость при обычных и низких температурах.

В ГОСТ 977—75 (СТ СЭВ 4459—84, СТ СЭВ 4561—84) предусмотрено также сорок пять марок легированной (Cr, Ni, Mn, Mo, V, Cu и др.) конструкционной ста-

ли с содержанием каждого из легирующих элементов не более 2% (мас.).

На отливки из высоколегированных сталей со специальными свойствами установлен ГОСТ 2176—77. Стандартом установлено 30 марок высоколегированных сталей указанного назначения. Марки включают буквенное обозначение легирующих элементов и следующие за ним числа, указывающие на среднее содержание этого элемента в массовых процентах. Числа в начале наименования марки характеризует среднее содержание углерода в процентах, а буква «Л» в конце показывает, что сталь предназначена для фасонного литья. Так, широко используемая в машиностроении коррозионно-стойкая (нержавеющая) сталь аустенитного класса 10X18H9ТЛ содержит не более 0,12% углерода, 17—20% хрома, 8—11% никеля и до 0,6% титана, а отличающаяся высокой износостойкостью высокомарганцовистая сталь 110Г13Л, идущая, например, на отливку звеньев гусениц тракторов и других гусеничных машин, содержит 0,9—1,3% углерода и 11,5—14,5% марганца. Для большинства рассматриваемых легированных сталей строго ограничивается содержание вредных примесей (до 0,03—0,035% серы и до 0,035—0,04% фосфора). Буквенные обозначения легирующих элементов приняты теми же, что и в марках легированных чугунов (см. примечание к табл. 6.3), а других: Ф — ванадий, В — вольфрам, Б — ниобий, Р — бор.

ГОСТ 21357—75 установлен на отливки из хладно-стойкой и износостойкой стали для деталей машин и металлоконструкций, эксплуатируемых при температурах до -60°C . К числу этих сталей относят углеродистые и легированные конструкционные (например, 15ЛС, 35МЛС, 30ХМЛС, 35ХГСМЛС), а также высоколегированные со специальными свойствами 10X18H9МЛС и 110Г13МЛС. Буква «С» в конце марки указывает, что эта сталь предназначена для работы при температурах до -60°C . В рассматриваемых сталях хладноустойчивость и повышенная износостойчивость обеспечиваются низким содержанием вредных примесей — серы и фосфора (не более 0,02% каждой), а также обработкой этих сталей при плавке комплексными раскислителями и лигатурами редкоземельных и других металлов в сочетании со специальными режимами термической обработки готовых отливок.

5.6. МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Основными достоинствами медных сплавов являются высокая коррозионная стойкость в паровоздушной среде, обычной и морской воде, а также хорошие антифрикционные свойства, связанные с низкими значениями коэффициента трения. Кроме того, эти сплавы имеют сравнительно высокие механические свойства, хорошо обрабатываются резанием. Однако медь — дефицитный и дорогой металл, поэтому сплавы на ее основе значительно дороже чугуна и стали.

Самыми распространенными медными сплавами являются бронзы и латуни, обозначаемые в марках этих сплавов соответственно буквами Бр и Л. Содержащиеся в бронзах и латунях легирующие элементы обозначаются начальными буквами их наименований: О — олово, А — алюминий, Ц — цинк, Н — никель, Ж — железо. После буквы следует цифра, указывающая среднее содержание данного элемента в сплаве (% мас.). Так, маркой БрО5Ц5С5 обозначают бронзу, содержащую по 5% олова, цинка и свинца, остальное — 85% медь.

Бронзы — это сплавы меди с оловом (оловянные), а также с алюминием, марганцем, железом, свинцом и другими элементами (безоловянные). Оловянные бронзы применяют для литья антифрикционных деталей (подшипников, втулок и др.), а также арматуры и деталей, работающих в пресной и морской воде, в паровоздушной атмосфере и маслах в условиях повышенного давления. Оловянные бронзы (ГОСТ 613—79) обладают хорошими литейными свойствами, что позволяет получать сложные по конфигурации отливки. Однако недостаточная прочность, высокая стоимость и дефицитность олова ограничивают их применение.

Безоловянные бронзы (ГОСТ 493—79), используемые как заменители оловянных, не содержат олова и в зависимости от основного легирующего элемента их подразделяют на алюминиевые, свинцовые и др. Они отличаются повышенными механическими, коррозионными и антифрикционными свойствами. Однако литейные свойства их значительно хуже, обладают большой (до 2,2%) усадкой, склонны к окислению и трещинообразованию.

Наиболее широко применяют алюминиевые бронзы для изготовления тяжелонагруженных деталей ответственного назначения с повышенными антифрикционными

свойствами: червячных шестерен, втулок, вкладышей (БрА10ЖЗМц2Л) или деталей, работающих в условиях повышенной коррозии, в морской воде, нефти (БрА10Ж4Н4Л), а также для литья различной ответственной арматуры (БрА10Мц2Л).

Латуни — этой сплавы меди с цинком. Латуни подразделяют по составу на двойные (простые) и специальные, содержащие добавки Fe, Mn, Ni, Si, Sn, Pb, повышающие их механические и эксплуатационные свойства. В зависимости от содержания основного легирующего элемента (кроме Zn) латуни называют (ГОСТ 17711—80) свинцовыми, алюминиевыми, кремнистыми и т. п.

Латуни обладают повышенной коррозионной стойкостью, что позволяет использовать их для изготовления деталей и арматуры, работающих в условиях агрессивных сред, например в морской воде (ЛЦ16К4, ЛЦ40Мц3Ж), ответственных деталей, работающих при высоких нагрузках (ЛЦ23А6ЖЗМц2), а также при повышенных давлениях и как антифрикционный материал (ЛЦ38Мц2С2).

Латуни имеют удовлетворительные литейные свойства. Отливки из них получают плотными с небольшой пористостью и значительной сосредоточенной усадочной раковинной. Усадка латуней выше, чем у оловянных бронз, и примерно такая же, как у алюминиевых бронз — 1,6—2,1%.

5.7. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Алюминиевые сплавы широко применяют в промышленности благодаря их малой плотности, сравнительно невысокой температуре плавления, высокой коррозионной стойкости, хорошим механическим, литейным свойствам и обрабатываемости резанием.

Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685—75) обозначают буквами АЛ (алюминиевый, литейный) и цифрами, указывающими номер сплава, например АЛ1, АЛ2, АЛ3. В зависимости от химического состава их разделяют на пять групп: I — сплавы на основе системы алюминий — кремний, II — алюминий — кремний — медь, III — алюминий — медь, IV — алюминий — магний, V — на основе алюминий — прочие компоненты.

Сплавы системы алюминий—кремний, называемые силуминами, относят к числу наиболее распространен-

ных литейных алюминиевых сплавов. Их широко применяют в таких отраслях промышленности, как авиационная, автомобильная, электротехническая, в приборостроении и судостроении. Силумины характеризуются наиболее высокими литейными свойствами в сравнении с другими алюминиевыми сплавами. Они обладают очень хорошей жидкотекучестью, наибольшими значениями линейной усадки и усадки при кристаллизации, не предрасположены к образованию горячих трещин.

Силумины подразделяют на двойные (или простые), легированные только кремнием (АЛ2) и специальные, в которых помимо кремния содержатся в небольшом количестве различные легирующие компоненты — Mg, Mn, Cu (АЛ4, АЛ9 и др.).

Двойные силумины относят к числу термически не упрочняемых сплавов (обладающих невысокими прочностными свойствами ($\sigma_{\text{в}} = 140 \div 180$ МПа). Сплав АЛ2 используют для изготовления сложных тонкостенных и герметичных деталей. В сплавы АЛ4 и АЛ9 вводят магний, который образует с кремнием упрочняющее при термической обработке соединение Mg_2Si , что повышает их механические, а также (при введении дополнительно марганца) и коррозионные свойства. Это позволяет применять эти сплавы для наиболее ответственных крупногабаритных деталей, например картеров двигателей внутреннего сгорания (АЛ4). Дополнительное легирование титаном и бериллием (АЛ34) еще более увеличивает прочностные свойства силумина (до $\sigma_{\text{в}} = 300$ МПа), что позволило использовать его для литья сложных по конфигурации корпусных деталей, работающих под большим внутренним давлением.

Сплавы системы алюминий — кремний — медь (АЛ3, АЛ5, АЛ6, АЛ32 и др.) уступают силуминам по литейным свойствам, но превосходят их по механическим свойствам и жаропрочности. Этому способствует легирование сплавов медью и марганцем. Сплавы применяют для отливки крупных нагруженных деталей, работающих при повышенных (до 250°C) температурах.

Сплавы системы алюминий — медь (АЛ7, АЛ19, АЛ33) содержат медь в пределах 4—6,2%. Присутствие соединения CuAl_2 делает эти сплавы термически упрочняемыми. Отличительными особенностями этих сплавов являются высокая прочность после термической обработки (до $\sigma_{\text{в}} = 360$ МПа), а также высокая жаропрочность. Сплавы АЛ19 и АЛ33 относят к числу наиболее

жаропрочных литейных алюминиевых сплавов, что достигается дополнительным легированием их марганцем, титаном, никелем, церием и цирконием. К основным недостаткам их относят плохие литейные свойства и пониженную коррозионную стойкость. Сплавы используют для изготовления высоконагруженных деталей, работающих при повышенных температурах (250—300°С).

Сплавы системы алюминий — магний отличаются низкой плотностью, при высокой прочности и пластичности, а также повышенной коррозионной стойкостью по отношению к действию морской воды, влажного воздуха, окислителей и кислот (АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ27 и др.). Сплавы очень хорошо обрабатываются резанием, полируются и хорошо сохраняют полированную поверхность. Однако широкое применение этих сплавов затрудняется ввиду технологических сложностей получения отливок, обусловленных повышенной склонностью к окислению и насыщению газами в расплавленном состоянии, образованию горячих трещин, пониженной жидкотекучести.

Повышение механических свойств алюминиево-магниевых сплавов, их коррозионной стойкости, уменьшение окисляемости достигается легированием их титаном, цирконием, бериллием. Сплавы этой группы используют для деталей машин, несущих значительные ударные и статические нагрузки и работающих в условиях коррозионных сред.

В сплавы системы алюминий — прочие компоненты входят сложнолегированные сплавы — АЛ1, АЛ11, АЛ21, АЛ24 и др. Эти сплавы отличаются жаростойкостью, их применяют для изготовления деталей, работающих при повышенных температурах (поршней двигателей внутреннего сгорания, головок цилиндров и т. д.).

5.8. МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Магниевые сплавы широко применяют в авиастроении, ракетной технике, при изготовлении различных транспортных машин, так как при малой объемной массе они имеют высокую удельную прочность, что позволяет снизить массу двигателей и агрегатов и других узлов машин. Ценным свойством магниевых сплавов является то, что они хорошо поглощают механические вибрации.

Вместе с тем магниевые сплавы обладают рядом недостатков. Они значительно уступают алюминиевым сплавам по пластичности и коррозионной стойкости; отличаются очень высокой окисляемостью в жидком состоянии, способны воспламеняться при температуре 400—550°C, что затрудняет изготовление отливок. Литейные свойства у магниевых сплавов низкие: плохая жидкотекучесть, большая линейная усадка, склонность к образованию усадочных рыхлот и горячих трещин.

Литейные магниевые сплавы обозначают буквами МЛ (магний, литейный) и цифрами, указывающими номер сплава, например МЛ5, МЛ6, МЛ8. В зависимости от химического состава их разделяют на три основные группы: I — сплавы на основе системы Mg — Al — Zn, II — Mg — Zn — Zr и III — Mg — PЗЭ — Zr (PЗЭ — редкоземельные элементы).

Лучшими, чем у других магниевых сплавов, литейными свойствами отличаются наиболее широко применяемые сплавы системы Mg—Al—Zn МЛ5 и МЛ6, относящиеся к высокопрочным сплавам (σ_b — до 220 МПа). Их используют при изготовлении нагруженных деталей двигателей автомобилей, самолетов с рабочими температурами до 150°C. Сплав МЛ4, обладающий высокой коррозионной стойкостью, склонен к микропористости и к образованию горячих трещин.

По сравнению со сплавами системы Mg—Al—Zn сплавы системы Mg — Zn — Zr обладают более высокими прочностными свойствами ($\sigma_b = 220 \div 250$ МПа), меньшей чувствительностью механических свойств к влиянию микрорыхлот. Типичным представителем этой группы сплавов является сплав МЛ12, отличающийся более высокими пластическими свойствами по сравнению со сплавами I группы, большей коррозионной стойкостью, лучшими литейными свойствами. Легирование цирконием повышает его жаропрочность. Сплавы этой группы МЛ8, МЛ15 дополнительно легированы кадмием, лантаном и неодимом, что улучшает их технологические и механические свойства. Сплавы этой группы применяют для изготовления высоконагруженных деталей, работающих при ударных нагрузках и повышенных (до 150—200°C) температурах.

Сплавы системы Mg — PЗЭ — Zr (МЛ9, МЛ10, МЛ11, МЛ19) используют как жаропрочные. При длительной эксплуатации они могут работать до 250—300°C, а при кратковременной — до 400°C. Основным

легирующим элементом в сплавах МЛ9, МЛ10, МЛ19 является неодим, а в МЛ11 — цериевый мишметалл (75% Се, остальное—РЗЭ). Все сплавы третьей группы легированы также цирконием, они обладают хорошими литейными и технологическими свойствами.

5.9. ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ

Расширяющееся применение титановых сплавов в промышленности объясняется сочетанием у них ряда ценных свойств: малой плотности ($4,43—4,6$ г/см³), большой удельной прочности, необычайно высокой коррозионной стойкости, значительной прочности при повышенных температурах. Титановые сплавы по прочности не уступают сталям и в несколько раз прочнее алюминиевых и магниевых сплавов. Удельная прочность титановых сплавов является наивысшей среди применяемых в промышленности сплавов. Они являются особо ценными материалами в тех отраслях техники, где выигрыш в массе имеет определяющее значение, в частности в ракетостроении и авиации. Титановые сплавы в промышленном масштабе впервые были использованы в конструкциях авиационных реактивных двигателей, что позволило уменьшить их массу на 10—25%. Благодаря высокой коррозионной стойкости ко многим химически активным средам титановые сплавы используют в химическом машиностроении, в цветной металлургии, в судостроении и медицинской промышленности. Однако распространение их в технике сдерживается высокой стоимостью и дефицитностью титана. К недостаткам их следует отнести трудную обрабатываемость режущим инструментом, плохие антифрикционные свойства.

Литейные свойства титановых сплавов определяются прежде всего двумя особенностями: малым температурным интервалом кристаллизации и исключительно высокой реакционной способностью в расплавленном состоянии по отношению к формовочным материалам, огнеупорам, газам, содержащимся в атмосфере.

Поэтому получение отливок из титановых сплавов связано со значительными технологическими трудностями.

Для фасонных отливок применяют титан и его сплавы: ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ6Л, ВТ3-1Л, ВТ9Л, ВТ14Л. Наиболее широко используют сплав ВТ5Л с 5% Al, отличающийся хорошими литейными свойствами, технологично-

стью, недефицитностью легирующих элементов, удовлетворительной пластичностью и прочностью ($\sigma_b=700$ МПа и 900 МПа соответственно). Предназначены сплавы для отливок, длительно работающих при температурах до 400°C.

Сплав титана с алюминием, молибденом и хромом ВТЗ-1Л — наиболее прочный из литейных сплавов. Его прочность ($\sigma_b=1050$ МПа) приближается к прочности деформируемого сплава. Но его литейные свойства и пластичность ниже, чем у сплава ВТ5Л. Сплав отличается высокой жаропрочностью, отливки из него могут длительно работать при температуре до 450°C.

Сплав титана с алюминием, молибденом и цирконием ВТ9Л обладает повышенной жаропрочностью и предназначен для изготовления литых деталей, работающих при температурах 500—550°C.

Контрольные вопросы

1. Что такое литейные сплавы и как они классифицируются?
2. Какие требования предъявляются к свойствам литейных сплавов?
3. Что такое литейные свойства сплавов и как они влияют на качество отливок?
4. В чем особенности состава, структуры и свойств чугунов для фасонного литья?
5. Чем отличаются высокопрочные чугуны по структуре и свойствам от обычных серых?
6. Как получают ковкий чугун?
7. Как классифицируются литейные стали и каково их назначение?
8. Какие литейные сплавы относятся к цветным?
9. Назовите литейные сплавы на медной основе, получившие наиболее широкое промышленное применение.
10. Какими достоинствами обладают алюминиевые литейные сплавы?
11. Из каких компонентов состоят магниевые литейные сплавы и в каких областях техники эти сплавы нашли наибольшее применение?
12. В чем состоят особенности свойств титановых литейных сплавов, каковы их состав и свойства?

6. ПЛАВКА ЧУГУНА

6.1. ПЛАВКА ЧУГУНА В ВАГРАНКАХ

Несмотря на создание в настоящее время ряда новых плавильных агрегатов, основное количество чугуна для отливок выплавляется в вагранках.

Устройство вагранки. Вагранка (рис. 6.1) представляет собой шахтную печь, диаметр которой колеблется в пределах 700—2300 мм, а производительность 4—50 т/ч (табл. 6.1). По конструктивным особенностям вагранки делят на два типа: с копильником и без него. Первые применяют при производстве крупных отливок, когда необходимо накопить большое количество расплава, а вторые — при получении мелких и средних отливок с небольшой толщиной стенки, когда требуется расплав, обладающий более высокой жидкотекучестью.

Кожух вагранки 10 изготавливают из листовой стали в виде цилиндра, внутренняя поверхность которого выкладывается огнеупорным кирпичом 9. Между кожухом и огнеупорным кирпичом оставляется зазор размером 20—50 мм, который засыпается кварцевым песком. Кожух вагранки устанавливается на массивную стальную подовую плиту 5, имеющую посередине отверстие (равное внутреннему диаметру футеровки), которое закрывается дверцами 2, снабженными запорным устройством. В свою очередь, подо-

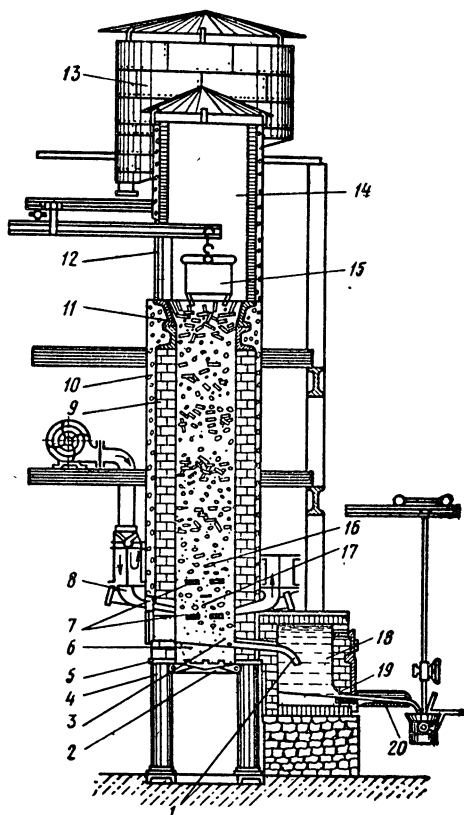


Рис. 6.1. Схема устройства вагранки открытого типа с копильником:

1 — летка, 2 — дверцы дна, 3 — горни, 4 — колонны, 5 — подовая плита, 6 — лещадь, 7 — окна, 8 — фурмы, 9 — кирпичная кладка, 10 — кожух, 11 — чугунные кирпичи, 12 — загрузочное окно, 13 — искроуловитель, 14 — шахта, 15 — бадья, 16 — металлическая шихта, 17 — коксовая колоша, 18 — копильник, 19 — летка для расплава, 20 — желоб

вая плита опирается на четыре колонны 4, установленные на бетонный фундамент.

6.1. Отечественные ваграночные комплексы¹

Типы	Производительность, т/ч	Расход топлива, кг/т (м ³ /т)	Температура выпуска расплава, °С
95111	4—6	Кокс 100—240;	1400—1500
95112	6—9	Кокс (80—120) +	
95113	10—15	природный газ	
95114	15—22	(30—40)	
95115	25—50		

¹ С подогревом дутья и очисткой газов.

Дно 6 вагранки, называемое лещадью, набивается слоем формовочной смеси. В нижней части вагранки у лещади предусмотрено отверстие — летка 1 для выпуска чугунного расплава в копильник 18, а затем через летку 19 и желоб 20 в разливочный ковш. Для выпуска шлака в копильнике предусмотрена шлаковая летка. Для введения необходимого для горения топлива воздуха в шахте вагранки предусмотрены окна 7 и специальные трубы 8, называемые фурмами; в них воздух поступает из фурменной коробки, соединенной с вентилятором. Чтобы обеспечить равномерность распределения воздуха, он вводится в плавильную зону двумя рядами фурм, располагаемых в шахматном порядке.

Завалка исходных материалов в вагранку производится с колошниковой площадки через загрузочное окно 12 бадьей 15. Отходящие при плавке газы удаляются через верхнюю часть шахты 14, после чего направляются в искроуловитель 13. Для предохранения футеровки печи от ударов кусками загружаемой шихты верхнюю часть шахты вагранки выкладывают пустотелыми чугунными кирпичами 11.

По виду используемого при плавке топлива вагранки подразделяют на коксовые, коксогозовые и газовые. В связи с необходимостью защиты окружающей среды вагранки с открытыми искроуловителями (см. рис. 6.1) заменяют на вагранки закрытого типа (рис. 6.2).

Ваграночный комплекс. Современные литейные цехи характерны использованием коксогозовых вагранок закрытого типа, которые снабжаются системами очистки

ваграночных газов от пыли и подогрева дутья, устройствами для механизации и автоматизации операций по дозированию, набору и загрузке в вагранку шихты, выдачи из нее расплава, а также уборке отходов и грануляции шлака (рис. 6.3). Подогрев дутья до 400—600°C за счет теплоты, выделяющейся при дожигании ваграночных газов и сжигания природного газа, позволяет получить из вагранки расплав чугуна с температурой до 1550°C, а оборудование плавильного пояса и фурм системой водяного охлаждения — продлить цикл плавки без выбивки и текущего ремонта до нескольких недель. Автоматизация управления процессом плавки позволяет стабилизировать температуру и химический состав выплавляемого чугуна, что является залогом высокого качества производимых в цехах отливок.

Материалы ваграночной плавки. К ним относят огнеупоры, металлургическую шихту, флюсы и топливо.

Огнеупоры — обладающие высокой температурой плавления материалы и изделия, применяемые для оформления рабочего пространства (шахты) вагранки, благодаря которым обеспечивается процесс плавки в условиях высоких (свыше 1580°C) температур. В качестве огнеупоров для футеровки горна, плавильного пояса и фурменной зоны чаще всего применяется шамотный кирпич марок ШАВ и ШБВ, поставляемый литейным цехам по ГОСТ 3272—71. Для заделки швов кирпичной

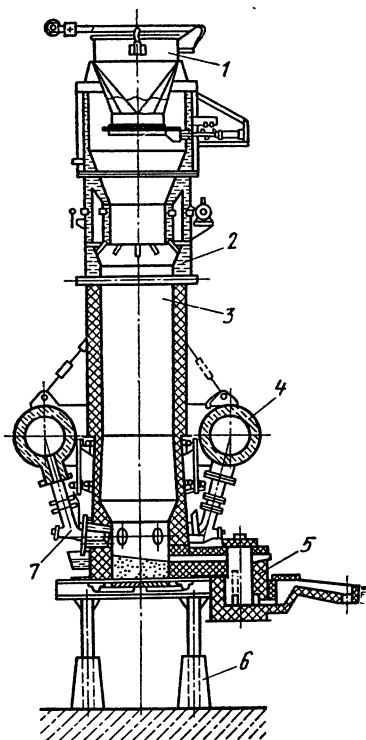


Рис. 6.2. Схема устройства вагранки закрытого типа без копильника:

1 — узел герметизации загрузки шихты, 2 — узел отбора ваграночных газов, 3 — водоохлаждаемая шахта, 4 — фурменные трубы, 5 — сифонный шлакоотделитель, 6 — опорная часть, 7 — фурма

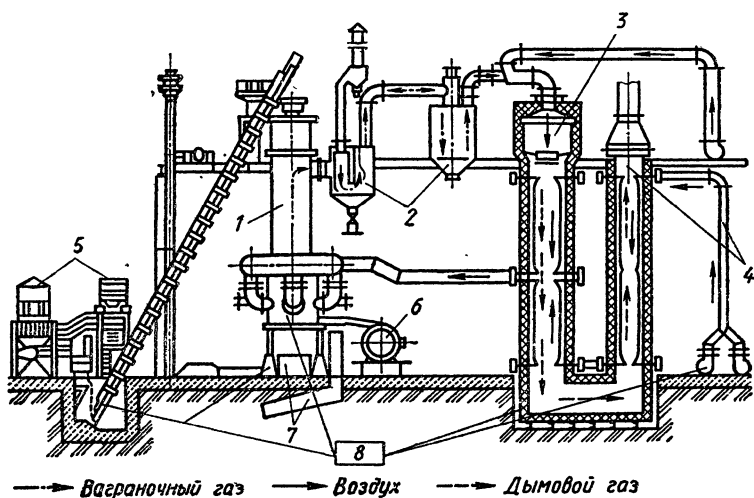


Рис. 6.3. Технологическая схема устройства ваграночного комплекса:

1 — вагранка закрытого типа, 2 — система очистки ваграночных газов, 3 — система дожигания и использования теплоты ваграночных газов, 4 — системы подачи и подогрева дутья, 5 — системы дозирования, набора и загрузки в вагранку шихтовых материалов, 6 — миксер, 7 — устройства для грануляции шлака, уборки отходов, 8 — пульт управления

кладки используют массу, состоящую из кварцевого песка (80—85%), огнеупорной глины (20—15%), крошки шамота и воды.

Металлургическая шихта — строго подобранный набор исходных металлических материалов, обеспечивающих требуемый (заданный) химический состав получаемого чугуна. В состав ваграночной шихты могут входить выплавляемые в доменных печах чушковые чугуны (литейные и передельные), чугунный и стальной лом, возврат собственного производства (литники, сплески, брак отливок), а также различные присадки (ферросилиций, ферромарганец и др.). При получении высококачественных чугунов в шихту вводят специальные легированные (содержащие хром, никель) чугуны.

Флюсы — неметаллические шихтовые материалы, которые вводят в вагранку для понижения температуры плавления неметаллических включений и перевода в шлак золы топлива, кварцевого песка, а также вредных (серы и фосфора) и посторонних примесей. В качестве

флюса в ваграночной плавке наиболее широко применяют известняк (содержащий не менее 97% CaCO_3), расход которого составляет 2,5—4,0% от массы расплавляемой шихты, реже плавленый шпат и др.

Топливо. Наиболее распространенным видом топлива для ваграночной плавки является кокс, при горении которого выделяется теплота, обеспечивающая плавление исходных шихтовых материалов и образующегося шлака, понижение его вязкости, с тем чтобы наиболее полно протекали металлургические процессы между расплавом чугуна и шлаком. Расход кокса в вагранках составляет 10—12% от массы расплавляемой шихты.

Перед использованием шихтовые материалы подвергают обработке: металлические (чушковые чугуны, лом и отходы собственного производства) измельчают и разрезают на более мелкие части специальными оборудованием (чушколомами, аллигаторными ножницами, копрами и др.), а крупные куски флюсов — в щековых дробилках и в шаровых мельницах. Для интенсификации горения кокса его перед использованием просеивают на специальных ситах — грохотах для отсеивания мелочи.

Технологический процесс плавки. Вновь построенная или отремонтированная вагранка (см. рис. 6.1, 6.2) должна быть хорошо просушена. После розжига в нее загружают слой кокса высотой 500—1500 мм, который называется холостой колошей. Этот кокс служит для разогрева вагранки и поддерживает расплавляемые шихтовые материалы в зоне наиболее высоких температур, что способствует ускорению процесса плавки. Далее на розогретый кокс холостой колоши загружают рабочую коксовую колошу, флюс и первую порцию металлической шихты. Таким образом загрузка шихтовых материалов происходит слоями: кокс — флюс — металл.

В современных условиях загрузку шихты обычно осуществляют с помощью бадьи, вводимой в шахту вагранки наклонным (скиповым) подъемником (рис. 6.4). После загрузки шихтовых материалов открывают фурмы и дают дутье — воздух, необходимый для горения топлива. При этом летку оставляют открытой до тех пор, пока не появятся капли расплавленного чугуна. В плавильном поясе — зоне плавления (рис. 6.5) шихта расплавляется и вместе со шлаком чугуновый расплав стекает в горн вагранки. Образующиеся при этом газы

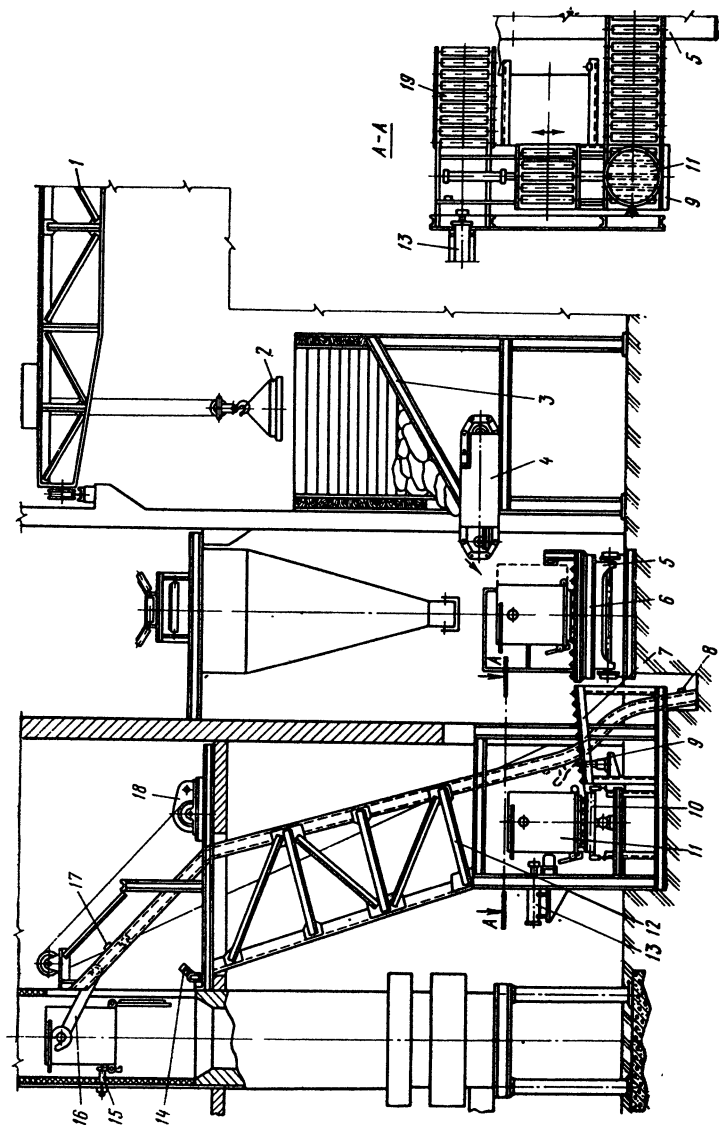


Рис. 6.4. Скиповая загрузка шихты в вагранку:

1 — мостовой электрический кран, 2 — электромагнитная шайба, 3 — суточные бункера, 4 — пластинчатый транспортер, 5 — электровесовая тележка, 6, 7, 19 — приводные рольганги, 8, 17 — конечные выключатели, 9 — упоры, 10 — тележка с пневмоприводом, 11 — съемная бадья, 12 — скиповый подъемник, 13 — пневмосталквиватель, 14, 15 — упоры для открывания и закрывания днища вагранки, 16 — скиповая тележка, 18 — электролебедка

поднимаются вверх и по пути нагревают металлическую шихту и топливо, а затем уходят в систему подогрева дутья (см. рис. 6.3). По мере сгорания кокса и плавления чугуна загружаемая в вагранку шихта опускается, а на ее место загружают сверху новые порции шихтовых материалов.

В процессе плавки чугунный расплав скапливается в горне вагранки. Шлак же, имеющий более низкую плотность, располагается на поверхности расплавленного чугуна. По мере скопления шлак выпускают через верхнюю — шлаковую летку, а накопившийся чугунный расплав — через нижнюю летку (см. рис. 6.1). При выпуске чугуна отверстие летки пробивают стальным ломиком, после чего расплавленный чугун по желобу направляется в разливочный ковш. После выпуска чугуна отверстие летки заделывают пробкой из огнеупор-

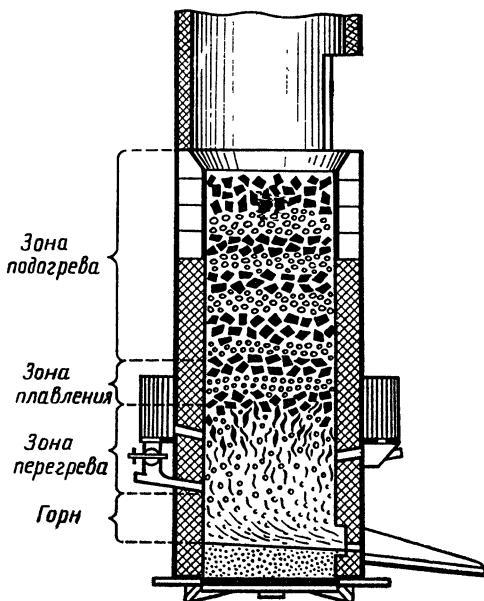


Рис. 6.5. Зоны теплообмена в вагранке

ной глины. Процесс плавки завершается удалением остатков металла и шлака из вагранки через крышку в днище.

Металлургические основы ваграночной плавки. Вагранка — шахтная печь, работающая на принципе противотока: шихтовые материалы опускаются вниз шахты, а образующиеся газы — вверх. По условиям теплообмена между металлом, газами и топливом шахту вагранки можно условно подразделить на четыре зоны (см. рис. 6.5). Первая зона — подогрев шихты; она простирается от завалочного окна вниз до уровня, в котором температура кусков металлической шихты достигает 1150—1200°C. Вторая зона — плавление кусков металлических шихтовых материалов. В зависимости от размеров кусков и химического состава шихты продолжительность плавления составляет 5—15 мин. За это время куски, расплавляясь, успевают опуститься на 300—500 мм. Третья зона — перегрев чугуна расплава, берет начало от места образования капель чугуна и простирается до нижнего ряда фурм. Перегрев обуславливается стеканием расплавленного чугуна по кускам раскаленного кокса и омытием его потоком разогретых до высоких температур газов. Четвертая зона — горн вагранки, располагающийся в нижней части шахты. Здесь кокс и продукты его горения имеют более низкую температуру из-за недостатка кислорода. Учитывая, что здесь чугун насыщается углеродом и серой, желательно ограничивать длительность пребывания чугуна расплава в горне вагранки.

Во время плавки чугуна в вагранке происходит изменение химического состава составляющих шихты: выгорание кремния (на 15%) и марганца (на 20%), увеличение количества серы и углерода, поступающих из кокса, образование шлака. Образуюсь из флюсов, окислов элементов чугуна, частиц неметаллических материалов, оплавленной футеровки печи и золы кокса, шлак оказывает существенное влияние на характер плавки и свойства получаемого в вагранке чугуна. Шлак должен иметь низкую температуру плавления и хорошую жидкотекучесть (малую вязкость). Его количество составляет 3—4% от массы металла. Для удаления серы, которая является вредной примесью в чугуне (снижение жидкотекучести, склонность к образованию в отливках газовых и усадочных раковин), полученный в вагранке расплав обрабатывают кальцинированной содой, карби-

дом кальция. С целью уменьшения содержания серы и фосфора (он придает чугуно хладноломкость) чугун плавят в вагранках с основной футеровкой из магнезитового, доломитового и хромомагнезитового кирпича. Это позволяет применять основные шлаки и резко (на 40—60%) снизить содержание серы в чугуне.

Для повышения механических свойств расплав серого чугуна подвергают модифицированию — обработке ферросилицием, магнием, его сплавами и другими модификаторами. Ферросилиций (75%-ный) мелкими зернами в количестве 0,1—0,6% от массы обрабатываемого расплава сыпают из вибрирующего совка в желоб, по которому выдается из вагранки расплавленный чугун. Модифицирование ферросилицием позволяет измельчать пластинчатые включения графита и таким образом повысить прочность чугуна. При модифицировании магнием и другими сильными модификаторами получают высокопрочный чугун с шаровидным графитом, прочность которого достигает 1200 МПа.

Контроль за ходом плавки и качеством выплавляемого чугуна. Получение чугуна заданного качества при минимальных затратах, обеспечивающих работу вагранки на наиболее рациональных режимах без остановки в течение всего рабочего времени, достигается систематическим контролем:

за количеством загружаемых в вагранку шихтовых материалов, дозирование которых осуществляется с помощью весов (рис. 6.6);

за уровнем шихты в вагранке, что исключает возможность его понижения ниже порога загрузочного окна. Контроль осуществляют с помощью приборов радиоактивного (с использованием изотопов радиоактивных элементов) и лазерного типов;

за давлением и расходом подаваемого в вагранку воздуха с помощью U-образных манометров и сопл, манометрических датчиков;

за температурой колошниковых газов, которая не должна превышать 300—400°C, с помощью термоэлектрических пирометров.

Контроль качества полученного в вагранке чугуна включает:

определение химического состава. В современных условиях он осуществляется экспресс-методом с помощью прибора квантометра, позволяющего за 1—3 мин

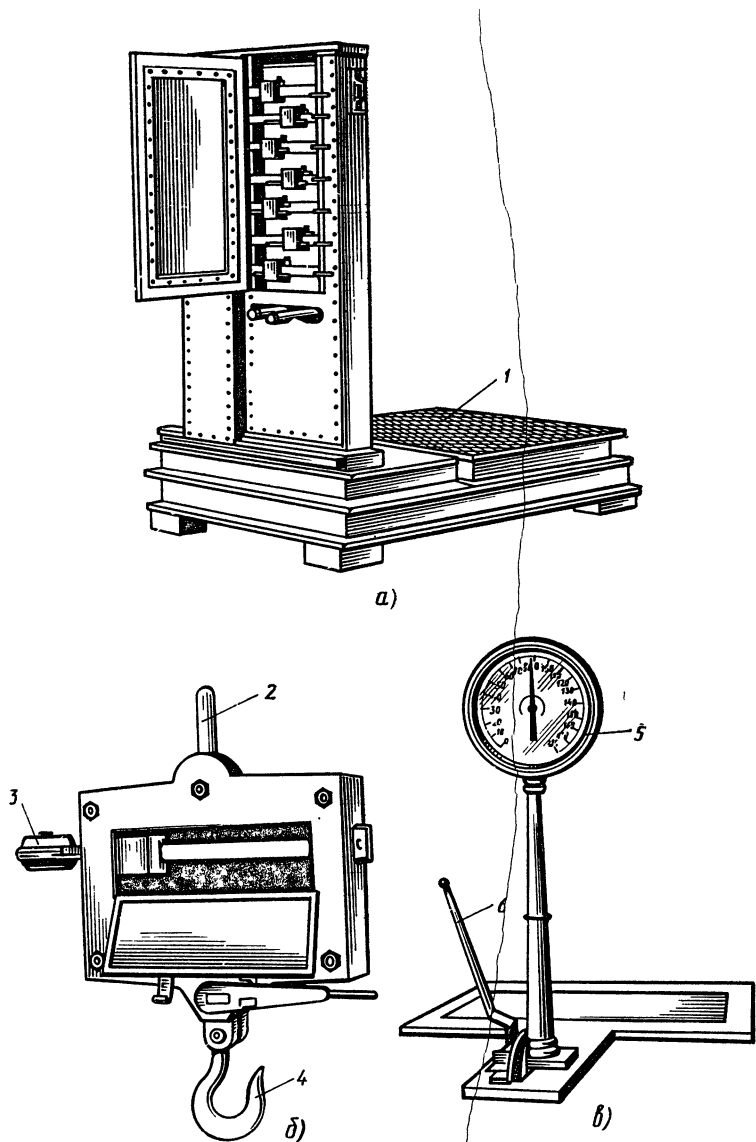


Рис. 6.6. Весы стационарные шихтовочные (а), крановые (б), платформенные (в):

1 — платформа, 2 — скоба для подвешивания весов на крюк мостового крана, 3 — передвижная гиля, 4 — крюк для подвески весовой воронки, 5 — циферблат-указатель массы шихты, 6 — тормоз, выключающий действие весов

определить содержание пяти основных элементов и более (кремний, марганец и др.);

установление показателей механической прочности чугуна (предела прочности при изгибе, твердости). Осуществляется на специально отлитых образцах в лабораториях механических испытаний на специальных приборах и машинах (пресс Бринелля и др.);

определение литейных свойств чугуна по технологическим пробам: спиральной — для определения жидкотекучести, клинообразной — для установления склонности к отбелу и др.

Интенсификация ваграночного процесса. Основной целью интенсификации является увеличение производительности вагранки за счет создания наиболее благоприятных условий для процессов горения кокса и теплообмена во всех зонах шахты (см. рис. 6.5), обеспечивающих высокий перегрев чугуна. Эта задача решается проведением ряда технологических мероприятий, основными из которых являются:

подача строго регламентированного (не менее 150 м³/мин при скорости 2,5 м/с) количества воздуха в вагранку;

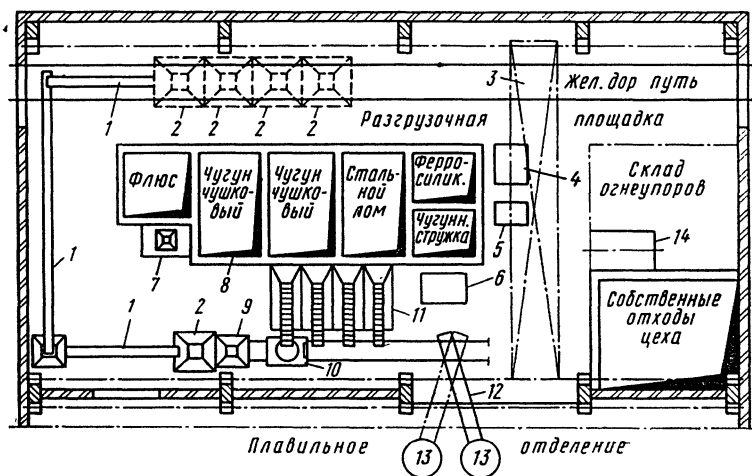
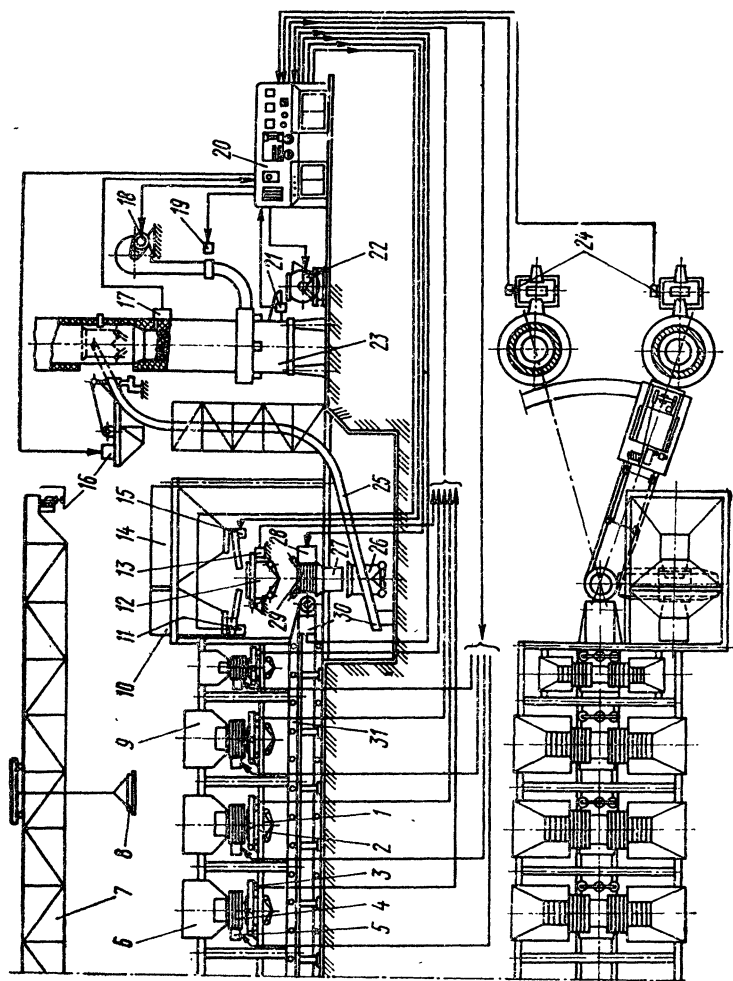


Рис. 6.7. Планировка склада шихты крупного чугунолитейного цеха:

1 — ленточные транспортеры, 2 — бункера для кокса, 3 — мостовой кран, 4 — чушколом, 5 — пресс-кусачки, 6 — брикетировочный пресс, 7 — дробилка для флюса, 8 — закрёма длительного хранения металлических шихтовых материалов, 9 — бункер для флюса, 10 — весовая тележка, 11 —точные бункера с траковыми конвейерами, 12 — скиповый подъемник, 13 — вагранки, 14 — барабан для очистки литников



применение трехрядной системы фурм, что улучшает условия перегрева чугуна (повышение температуры в восстановительной зоне) за счет частичного дожигания в ней СО;

подогрев вдуваемого в вагранку воздуха за счет использования теплоты колошниковых газов (см. рис. 6.3), что позволяет увеличить производительность вагранки в среднем на 25 %;

обогащение дутья кислородом, который вдувается в нижний ряд фурм или через специальную медную фурму, помещаемую внутри воздушной фурмы, что позволяет повысить температуру продуктов горения, а с ней и температуру чугуна в среднем на 85°С;

сортировка кокса на фракции, с тем чтобы использовать однородные по размеру (хотя и не очень крупные) куски кокса, что улучшает теплообмен между шихтовыми материалами в шахте, а следовательно, интенсифицирует процесс плавки.

Организация труда на складе шихтовых материалов. Правильное отделение располагается в торцовом пролете чугунолитейного цеха и включает два участка: печной, в котором располагаются блоки вагранок со вспомогательными устройствами (см. рис. 6.3), и склад (рис. 6.7), предназначенный для хранения запаса шихтовых материалов, их подготовки к плавке и шихтовки. Под шихтовкой понимается операция по составлению определенной весовой порции (она называется колошей) шихты — смеси исходных материалов, обеспечивающей заданный химический состав, а следовательно, и свойства приготавливаемого расплава для получения отливки из определенной марки серого чугуна (ГОСТ 1412—85).

Составление шихты требует от литейщика серьезных теоретических знаний и большого практического опыта.

Рис. 6.8. Система комплексной механизации и автоматизации ваграночного процесса плавки чугуна:

1 — весовой бункер, 2 — рама, 3 — датчик массы; 4 — пластинчатый питатель, 5 — электропривод питателя, 6 — расходный встряхиваемый бункер, 7 — подъемный кран, 8 — магнитная шайба, 9 — бункер для ферродобавок, 10 — бункер для флюса, 11 — вибропитатель бункера для флюса, 12 — весовой бункер для кокса и известняка, 13 — датчик массы, 14 — бункер для кокса, 15 — вибропитатель для кокса, 16 — электропривод скипового подъемника, 17 — датчик уровня шихты в вагранке, 18 — воздухоподка, 19 — шиберное устройство, 20 — пульт управления, 21 — датчик температуры расплава на желобе, 22 — копильник, 23 — вагранка, 24 — датчики массы расплава в копильнике, 25 — скиповый подъемник, 26 — бадья, 27 — переходная воронка, 28 — электропривод, 29 — конвейер подачи кокса и флюса, 30 — электропривод, 31 — конвейер подачи металлической шихты

Составить шихту — значит правильно подобрать наиболее рациональные и экономические шихтовые материалы, точно рассчитать нужное количество каждого материала с учетом угара, заданного химического состава и требуемых свойств выплавляемого чугуна. В современных условиях расчеты ведут с помощью ЭВМ (электронно-вычислительных машин), а также методом линейного программирования. Набранные колоши шихты с помощью бадей с раскрывающимся днищем скиповым или другим устройством направляются в шахту вагранки (см. рис. 6.4).

Комплексная механизация и автоматизация ваграночного процесса плавки. Учитывая необходимость создания устойчивого и оптимального теплового режима плавки, обеспечивающего высокое качество выплавляемого чугуна, отделом автоматизации Института проблем литья АН УССР (г. Киев) была разработана система комплексной механизации и автоматизации ваграночного процесса (рис. 6.8), которая включает:

автоматическое управление и контроль дозировки и загрузки шихты, а также регулировки подачи дутья в вагранку;

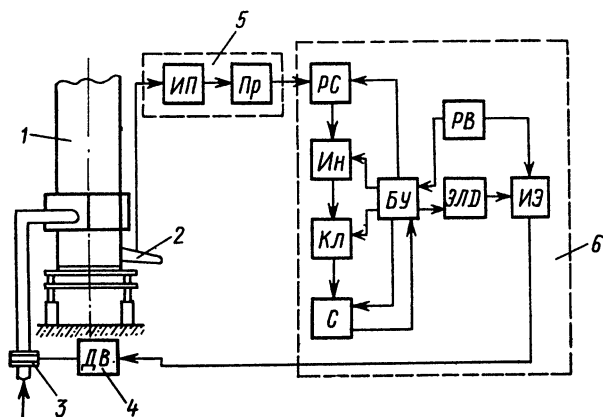


Рис. 6.9. Блок-схема управления тепловым ваграночным процессом:

1 — вагранка, 2 — термопара, 3 — шибер воздухопровода, 4 — двигатель ДВ шибера, 5 — измерительный блок, 6 — экстремальный регулятор; ИП — измерительный прибор; Пр — преобразователь аналог-цифра; РС — реверсивный счетчик; Ин — инвертор, КЛ — ключи; С — счетчик; БУ — блок управления; ЭЛД — элемент логического действия; ИЭ — исполнительный элемент; РВ — реле времени

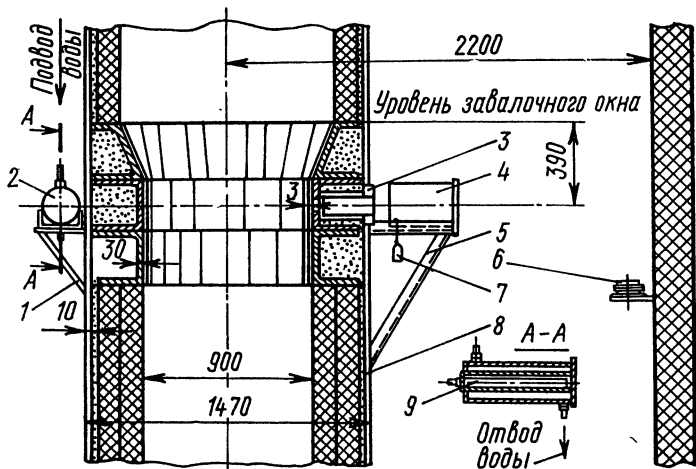


Рис. 6.10. Схема радиоизотопного контроля уровня шихты в вагранке:

1, 5 — кронштейны, 2 — водоохлаждаемый защитный кожух блока счетчиков, 3 — гильза, 4 — контейнер с изотопом, 6 — гамма-реле, 7 — свинцовая пробка, 8 — кожух вагранки, 9 — выносной блок счетчиков

автоматическое включение и выключение в определенном порядке соответствующих механизмов при выполнении технологического процесса плавки в зависимости от поступающих сигналов системы автоматического управления и контроля, оснащенной специализированными цифровыми корректирующими и самонастраиваемыми устройствами автоматического регулирования (рис. 6.9).

Приведенная система (см. рис. 6.8) предусматривает использование средств автоматического регулирования для проведения стадий ваграночного процесса плавки в соответствии с условиями, обеспечивающими качественное их выполнение. Примером может служить установка для контроля уровня шихты в вагранке радиоизотопным методом, которая надежно эксплуатируется в литейном цехе Луганского завода (рис. 6.10). В качестве генератора излучения использован изотоп кобальта Co^{60} , который помещен в защитный свинцовый контейнер 4 с отверстием для узколимитированного луча. При ремонтных работах в вагранке это отверстие перекрывается свинцовой пробкой 7. Диаметрально противоположно источнику излучения установлен выносной блок 9, состоящий из пяти счетчиков, расположенных

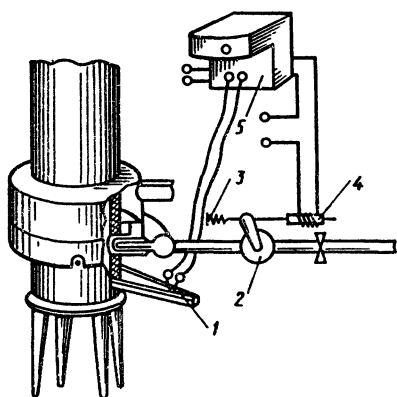


Рис. 6.11. Схема автоматического регулирования при плавке чугуна в вагранке:

1 — пирометр, 2 — клапан, 3 — пружина, 4 — соленоид, 5 — электронный регулятор

ется и гамма-реле выключает звонок. Сигнальная лампа, тели вынесены на пульт управления скиповым подъемником. Безопасность труда обеспечивается отсутствием в месте установки гамма-источников постоянных рабочих.

В качестве иллюстрации успешного использования средств автоматики может служить процесс плавки чугуна с обогащением дутья кислородом. При температуре выпускаемого чугуна (она фиксируется на желобе пирометром 1), меньше требуемой, внутренние контакты регулятора 5 (рис. 6.11) замыкаются, вследствие чего по соленоиду 4 пойдет ток. Это приведет к открытию клапана 2, благодаря чему в вагранку начнет поступать кислород, который повысит интенсивность плавки, а следовательно, температуру получаемого чугуна. По достижении заданной температуры чугуна внутренние контакты регулятора 5 размыкаются, соленоид 4 обесточивается, а пружина 3 поставит рукоятку клапана 2 в положение «Закрыто», что прекратит подачу кислорода в вагранку.

Совершенствование конструкций вагранок и процессов плавки чугуна. Это достигается за счет улучшения условий эксплуатации вагранок, частичной замены или отказа от использования кокса осуществлением следующих мероприятий:

в стальном защитном кожухе 2 с водяным охлаждением. При отсутствии шихты в зоне гамма-излучение беспрепятственно проходит от излучателя к счетчикам, благодаря чему срабатывает гамма-реле 6, которое своими исполнительными контактами производит включение лампы и звонка. Как только при загрузке шихты ее уровень превысит установленный предел, интенсивность гамма-излучения резко снижа-

ет, гамма-реле выключает звонок и переключает

лампу и переключатели вынесены на пульт управления скиповым подъемником.

Безопасность труда обеспечивается отсутствием в месте установки гамма-источников постоянных рабочих.

В качестве иллюстрации успешного использования средств автоматики может служить процесс плавки чугуна с обогащением дутья кислородом.

При температуре выпускаемого чугуна (она фиксируется на желобе пирометром 1), меньше требуемой, внутренние контакты регулятора 5 (рис. 6.11) замыкаются, вследствие чего по соленоиду 4 пойдет ток.

Это приведет к открытию клапана 2, благодаря чему в вагранку начнет поступать кислород, который повысит интенсивность плавки, а следовательно, температуру получаемого чугуна.

По достижении заданной температуры чугуна внутренние контакты регулятора 5 размыкаются, соленоид 4 обесточивается, а пружина 3 поставит рукоятку клапана 2 в положение «Закрыто», что прекратит подачу кислорода в вагранку.

Совершенствование конструкций вагранок и процессов плавки чугуна. Это достигается за счет улучшения условий эксплуатации вагранок, частичной замены или отказа от использования кокса осуществлением следующих мероприятий:

в стальном защитном кожухе 2 с водяным охлаждением. При отсутствии шихты в зоне гамма-излучение беспрепятственно проходит от излучателя к счетчикам, благодаря чему срабатывает гамма-реле 6, которое своими исполнительными контактами производит включение лампы и звонка. Как только при загрузке шихты ее уровень превысит установленный предел, интенсивность гамма-излучения резко снижа-

1. Внедрением в производство ваграночных комплексов (см. рис. 6.3) производительностью 30—60 т/ч с подогревом дутья, очисткой отходящих газов, автоматизацией дозирования, взвешивания и загрузки шихты, удаления шлака.

2. Созданием водоохлаждаемых вагранок, работающих непрерывно в течение нескольких недель, позволяющих выплавлять чугун стабильного химического состава непрерывно на протяжении 16—24 ч в сутки; отсутствием футеровки (которая заменена водоохлаждаемым гарнисажем над фурмами) при условии, что горн футерован кислыми огнеупорами. Это обуславливает простоту в управлении процессом плавки и высокую его экономичность. Она обеспечивается также возможностью переплавки более дешевой шихты с высоким содержанием стального лома.

3. Оснащением вагранок шлакоразделителями, обеспечивающими сбор отдельно чугуна и шлака в наружных копильниках и специальных емкостях. Благодаря этому износ футеровки снижается, а время непрерывной работы вагранки увеличивается до семи недель.

4. Применением для футеровки шахты специальных цементных и набивных огнеупорных масс, графитовых блоков, что позволяет увеличить длительность рабочего цикла без выбивки до 13,5 мес. В качестве примера можно сослаться на вагранку непрерывного действия, работающую в литейном цехе Московского завода «Станколит».

Частичная замена или отказ от применения кокса связана с использованием в качестве энергоносителей природного газа и мазута, которые дешевле кокса, что позволяет уменьшить энергозатраты на плавку и снизить насыщение чугуна серой и углеродом, резко сократить количество вредных выбросов в окружающую среду. Учитывая эти преимущества, в настоящее время созданы конструкции коксогозовых и бескоксовых (газовых, мазутных) вагранок.

Коксогозовая вагранка отличается от коксовой наличием камер сжигания природного газа, расположенных с наружной стороны нижней части вагранки. Через них также подается карбюризатор для науглероживания чугуна в зоне капельного его схода. Природный газ сжигается в потоке нагретого до 700°C воздуха, а образующиеся в камерах сжигания продукты горения направляются через медные водоохлаждаемые

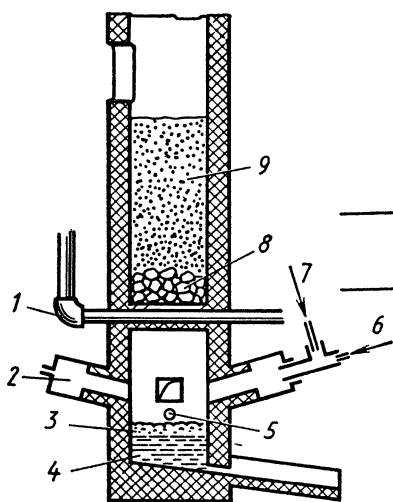


Рис. 6.12. Схема устройства бескоксовой вагранки:

1 — водоохлаждаемая решетка, 2 — горелки, 3 — шлак, 4 — расплав чугуна, 5 — отверстие для вдувания пылевидного графита, 6, 7 — сопла подачи газа и воздуха, 8 — огнеупорная холостая колоша, 9 — шихта

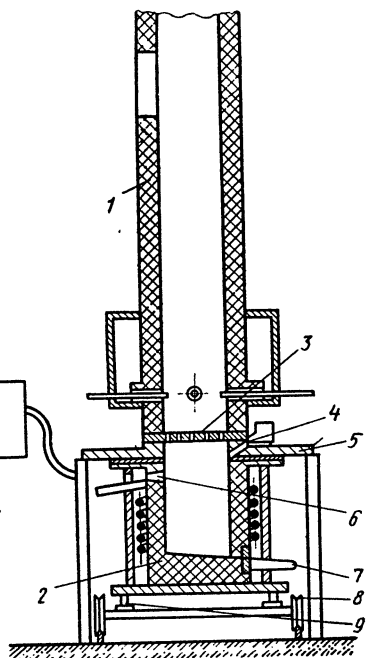


Рис. 6.13. Плавильный агрегат для получения легированного чугуна:

1 — вагранка, 2 — индукционная печь, 3 — решетка для удержания шихты, 4 — отверстие для ввода легирующих добавок, 5 — фланец, 6 — окно для удаления шлака, 7 — желоб для выпуска чугуна, 8 — тележка, 9 — домкраты для прижатия индукционной печи 2 к фланцу 5 вагранки

фурмы в шахту выше уровня фурм вагранки, что позволяет снизить расход кокса, уменьшить себестоимость чугуна. К преимуществам коксогозовых вагранок также следует отнести уменьшение количества шлака; снижение в отходящих газах содержания SO_2 и пылевидных частиц с 10 до 4 мг/м²; гарантию расплавления стального лома до температуры элементов в составе шихты; более высокий, достигающий 60%, термический к. п. д.

Бескоксовая вагранка (рис. 6.12) имеет сопла для введения газа 6 и воздуха 7, которые дожигают-

ся горелками 2. После расплавления шихты 9 чугуновый расплав 4 стекает через слой огнеупоров 8 и решетку 1 (она состоит из стальных водоохлаждающих трубок) в горн. Учитывая угар углерода в процессе плавки на 5—12%, в горн через отверстие 5 вдувается пылевидный графит. Накапливаемый в горне чугун имеет температуру 1450—1460 °С, а на желобе вагранки 1400—1420 °С. При использовании в качестве энергоносителя мазута сопла 6 заменяются форсунками.

В настоящее время существуют принципиально новые конструкции печей и методы плавки чугуна. На рис. 6.13 показана схема устройства агрегата, включающего вагранку 1 и сменную (выкатываемую) электрическую индукционную печь 2, в котором можно получать чугун с легирующими добавками.

6.2. ПЛАВКА ЧУГУНА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

Преимущества электроплавки. В настоящее время широко распространены для плавки чугуна электрические индукционные тигельные печи, которые имеют ряд преимуществ перед вагранками: исключение из процесса плавки дефицитного кокса; обеспечение стабильного химического состава благодаря хорошему перемешиванию расплава, а также большие возможности для установления оптимальных температур печи и для контроля за процессом плавки; более низкая себестоимость получаемого чугуна, так как взамен чушковых доменных чугунов в шихте используют стальной лом, чугуновую и стальную стружку россыпью (при условии, что они не содержат вредных примесей); возможность без затруднений переходить от производства одной марки чугуна к другой; улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

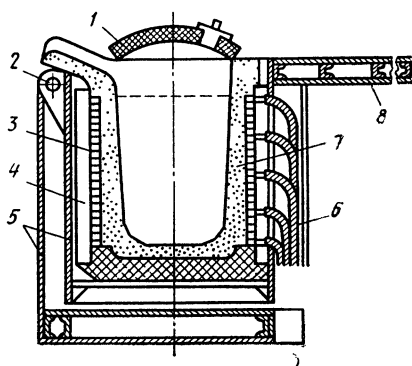


Рис. 6.14. Схема устройства электрической индукционной печи типа ИЧТ:

1 — крышка, 2 — узел поворота, 3 — индуктор, 4 — магнитопроводы, 5 — металлоконструкция, 6 — подводы водяного охлаждения, 7 — тигель, 8 — площадка

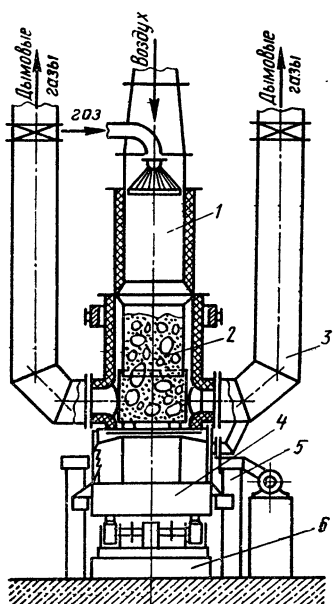


Рис. 6.15. Схема установки для подогрева шихты:

1 — камера сгорания с горелкой СГ, 2 — бадья, 3 — дымоводы, 4 — тележка, 5 — привод подъема бадьи, 6 — приводной роллганг

Плавка чугуна в индукционных тигельных печах промышленной частоты. Печь (рис. 6.14) представляет собой агрегат периодического действия, выдающий чугунный расплав через определенные промежутки времени. Поэтому для непрерывной заливки форм на поточной линии приходится иметь несколько одновременно работающих печей. Основными элементами печи являются закрытый крышкой 1 тигель 7, помещенный внутри индуктора 3, выполненного в виде многовитковой цилиндрической спирали — трубки, внутри которой циркулирует вода для охлаждения. Магнитный поток с внешней стороны индуктора проходит по радиально расположенным магнитопроводам 4 — пакетам из трансформаторной стали. Для наклона печи

при выдаче расплава в ней предусмотрен специальный механизм. Печь также включает трансформатор, блоки конденсаторов, щит управления и систему отсоса газов. Плавка шихты осуществляется электромагнитным переменным полем, которое индуцирует в шихте вихревые токи. При этом электрическая энергия переходит в теплоту, количество которой зависит от электросопротивления шихты. Питание печи осуществляется токами промышленной частоты (50 Гц). В СССР выпускают девять типов индукционных чугуноплавильных тигельных печей от ИЧТ-1 до ИЧТ-60. Печь ИЧТ-1 имеет вместимость 1 т; ее производительность 0,4 т/ч и мощность 40 кВт, печь ИЧТ-60 соответственно 60 т, 33,6 т/ч и 20 000 кВт.

Особенности плавки чугуна в печах ИЧТ:

1. Перед загрузкой в печь шихта должна быть подогрета до 250—600°C в специальных установках (рис. 6.15), что позволяет снизить расход электроэнергии, повысить производительность печи, избежать выброса расплава при попадании в тигель влаги, улучшить санитарно-гигиенические условия в плавильном отделении.

2. Для облегчения пуска и меньшего износа футеровки режимом работы печи предусмотрено наличие в тигле (круглосуточно в течение рабочей недели в нерабочие смены) порции расплава чугуна, составляющей не менее $\frac{1}{3}$ вместимости печи.

3. Футеровка тигля набивная и обычно кислая, состоящая из 48% зернистого кварца, 50% молотого кварца и 1,8% борной кислоты.

4. В печи небольшой вместимости шихту загружают большой бадьей, перемещаемой с помощью подъемно-транспортных средств (электротельфер и др.). Крупные и тугоплавкие куски шихты загружают вертикально, параллельно и ближе к стенке тигля, а легкоплавкие составляющие шихты — в середину тигля.

5. Плавка ведется при закрытом тигле. Вначале плавки 5—10 мин печь работает на пониженной мощности, затем ее доводят до максимальной. После частичного расплавления шихты твердые куски ее осаживают ломиком, предварительно выключив печь. Затем тигель догружают оставшейся мелкой подогретой шихтой. Стальной лом обычно вводят в жидкую ванну, а ферросплавы — в ванну стального расплава, разогретую до 1430—1450°C. Для науглероживания чугуна на под тигля вводят крупный электродный бой (1—2%), а мелкий — на зеркало расплава после удаления шлака.

6.3. ПЛАВКА БЕЛОГО ЧУГУНА

Такой процесс плавки характерен для цехов ковкого чугуна. Ее особенности обусловлены более низким (по сравнению с серым чугуном) содержанием углерода (2,4—3,0%) и кремния (0,9—1,6%) в расплаве белого чугуна. Ввиду сложности получения расплавов такого химического состава в вагранках плавку чаще всего ведут дуплекс-процессом в двух последовательно используемых печах: в вагранках без подогрева дутья — для расплавления шихты с теми же, что и для серого чугуна, шихтовыми материалами, а затем в дуговой электрической печи (см. рис. 6.1) с кислой футеровкой,

в которую чугунный расплав переливают для его доведения до требуемого химического состава по кремнию, марганцу и углероду. При этом ванна расплава нагревается до 1500—1550°C, а температура при выпуске белого чугуна составляет 1450—1500°C.

Перед заливкой в формы полученный в электрической дуговой печи белый чугун с целью улучшения механических свойств и ускорения процесса отжига модифицируют в раздаточных ковшах. В качестве модификаторов применяют алюминий, висмут и бор.

Контрольные вопросы

1. Перечислите типы печей, применяемых для плавки серого и белого чугунов, укажите принципы их действия и особенности технологического процесса получения в них чугунного расплава.

2. Что такое дулекс-процесс?

3. Назовите методы металлургической обработки чугунных расплавов и их влияние на качество чугуна.

4. Назовите мероприятия по интенсификации ваграночной плавки. дайте их краткую характеристику.

5. Укажите преимущества плавки чугуна в электрических индукционных печах.

7. ПЛАВКА СТАЛИ

7.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ПЛАВКИ СТАЛИ

Плавка стали происходит при высоких температурах (1500—1600°C) и сопровождается сложными физико-химическими процессами взаимодействия расплава, флюса, шлака, образующегося при плавке, печных газов и футеровки печи.

Применяемые методы плавки стали разнообразны. Выбор метода плавки, а также типа плавильной печи связаны с составом и свойствами выплавляемой стали, масштабами производства, массой изготавливаемых отливок и требованиями к их качеству. В литейных цехах обычно плавку ведут в электрических дуговых, индукционных тигельных и мартеновских печах, реже в конверторах и дулекс-процессом (вагранка—конвертор). Последние годы характерны внедрением в сталеплавильное производство специальных электрометаллургических процессов вакуумной плавки в индукционных, плазмен-

ных и электронно-лучевых печах. Наиболее высокое качество выплавляемой стали обеспечивается благодаря глубокому физико-химическому воздействию на расплав при электрошлаковом методе получения отливок.

При выплавке стали обычно решается задача снижения содержания в расплаве кислорода, серы и фосфора, образующих оксидные, сульфидные и фосфидные включения, резко снижающие качество стали. Это обеспечивается проведением сложных металлургических окислительных и восстановительных процессов. Производят также доводку расплава по химическому составу с введением необходимых легирующих элементов.

Однако в ряде случаев, преимущественно при изготовлении мелких отливок ответственного назначения (например, по выплавляемым моделям), расплав готовят из высококачественной шихты, соответствующей по химическому составу выплавляемой марке стали. В этих случаях плавка сводится к расплавлению шихты, введению в расплав добавок, компенсирующих угар элементов, и раскислению его перед выдачей в разливочные ковши.

Обычно технологический процесс плавки стали состоит из следующих этапов: подготовки плавильной печи и шихтовых материалов; загрузки шихты, нагрева и расплавления шихты, в процессе которого уже начинается окисление компонентов шихты (стального лома, чугуна и др.) содержащимися в печной атмосфере кислородом, углекислым газом и парами воды; образование над поверхностью расплава шлака, в результате взаимодействия которого с металлом продолжается процесс окисления железа, кремния, марганца и некоторых других элементов; удаления окислительного и наведения восстановительного шлака с высоким содержанием CaO , способствующего удалению такой вредной примеси, как сера; доводки стали по химическому составу с учетом результатов экспресс-анализа ее проб; окончательного раскисления расплава марганцем или кремнием (в виде ферросплавов) или же металлическим алюминием перед выпуском, а при необходимости обеспечения повышенных механических свойств стали — их дополнительной обработки в жидком состоянии, например модифицированием редкоземельными элементами.

Для повышения качества стали расплав подвергают дополнительной обработке и после слива из печи, в ковше, используя как модифицирование, так и рафинирование.

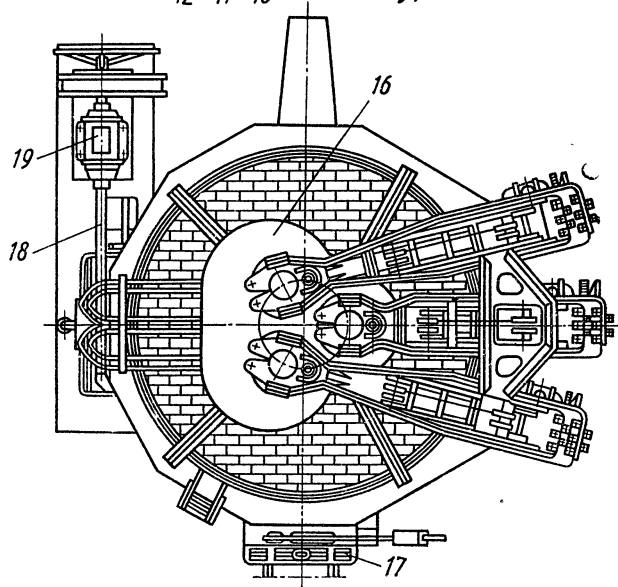
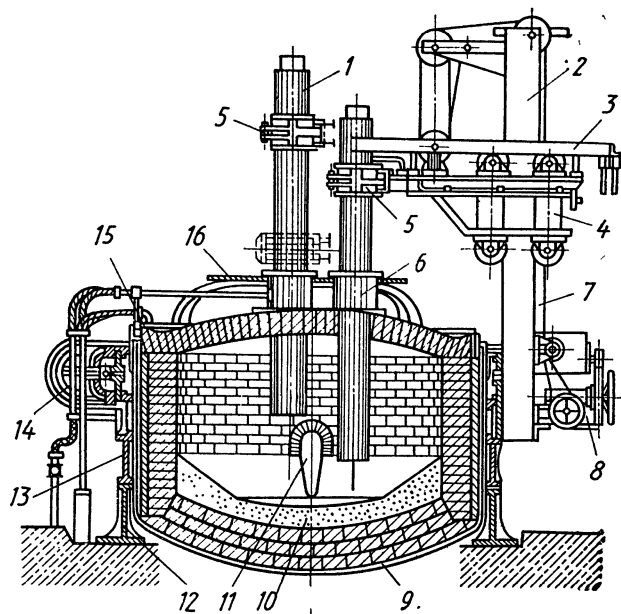


Рис. 7.1. Дуговая электрическая печь:

1 — электрод, 2 — стойка, 3 — электрошины, 4 — каретка, 5 — электродо-держатели, 6 — холодильник, 7 — стальной трос, 8 — механизм передвижения электрода, 9 — стальной кожух печи, 10 — футеровка, 11 — выпускное отверстие, 12 — опора, 13 — сектор наклона печи, 14 — механизм наклона печи, 15 — свод, 16 — рабочая площадка, 17 — загрузочное окно, 18 — шпindelь механизма наклона печи, 19 — электродвигатель механизма наклона печи

ние (очищение от газов и неметаллических включений), например продувкой аргоном. О других методах внепечной обработки стали сказано в § 7.6.

По своей физико-химической сущности процессы плавки подразделяют на кислые и основные. Независимо от вида плавильного агрегата для каждого из них имеются общие закономерности, обусловленные составами шлака и футеровки печи. Кислые процессы осуществляют в печах с футеровкой, в огнеупорном материале которой преобладает кислотный окисел SiO_2 , исключаяющий возможность удаления из стального расплава вредных примесей серы и фосфора. По этой причине при ведении кислого процесса должны применяться шихтовые материалы с низким содержанием серы и фосфора.

Основные процессы плавки ведутся в печах с футеровкой из магнезита или хромомагнезита, позволяющих применять при плавке основные шлаки с высоким содержанием CaO , что обеспечивает возможность проведения процессов десульфурации и дефосфорации — перевода из металла в шлак серы и фосфора.

Для придания стали специальных свойств (жаропрочности, коррозионной стойкости и др.) отмеченные выше этапы плавки углеродистых сталей дополняют операцией легирования — введения в стальной расплав специальных элементов (хрома, никеля и др.). Порядок введения легирующих элементов определяется их физико-химическими свойствами (средством к кислороду). С шихтой вводят наиболее тугоплавкие элементы (вольфрам, молибден), а хром и ванадий — после расплавления шихты и раскисления. Так как большинство легирующих элементов имеют высокую температуру плавления (хром и ванадий — около 1900°C , молибден — 2620°C), их вводят в виде ферросплавов. Температура плавления ферросплавов (феррохрома, ферровольфрама и др.) значительно ниже, чем у входящих в их состав легирующих элементов, что улучшает усвоение последних стальным расплавом.

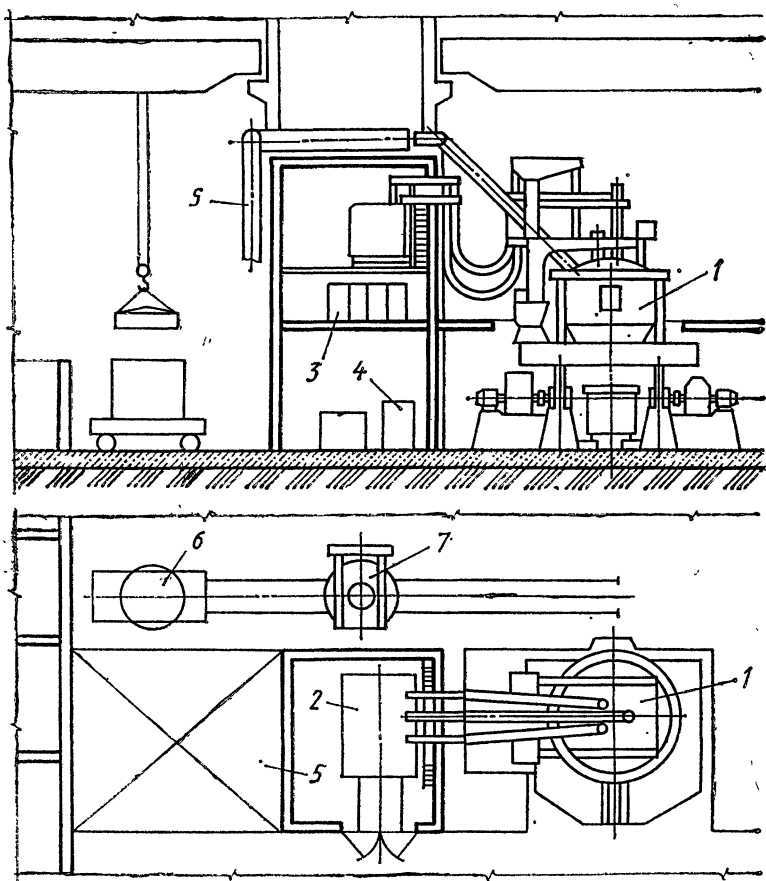


Рис. 7.2. Дополнительное оборудование дуговой плавильной печи: 1 — печь, 2 — трансформатор, 3 — щит управления и автоматики, 4 — маслопарная установка, 5 — система мокрой газоочистки, 6 — установка для набора шихты, 7 — стенд для подогрева шихты

7.2. ПЛАВКА СТАЛИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Процесс применяют главным образом при изготовлении мелких и средних отливок массой от нескольких килограммов до 1 т. Наиболее распространены трехфазные печи десяти разновидностей — от ДС-0,5, вмещающей 0,5 т расплава (производительность 0,25—0,33 т/ч), до ДСП-50 вместимостью до 100 т и производительностью 11,4 т/ч при кислом процессе плавки и 8,5 т/ч — при основном.

На рис. 7.1 показано устройство печи, которая оснащается трансформатором 2 (рис. 7.2), щитом управления и автоматики 3, маслonaпорной установкой 4, системой мокрой газоочистки 5, установкой для набора шихты 6, стендом 7 для подогрева шихты. Для удобства эксплуатации печь также снабжают механизмом наклона, служащего для слива приготовленного расплава и шлака. С учетом загрузки шихты сверху в печи предусмотрен механизм поворота свода с электродами (или выкатки ванны печи). Для ускорения процесса расплавления шихты большегрузные печи снабжают механизмами регулирования положения электродов и перемещения расплава в ходе плавки созданием перемещающегося магнитного поля.

В настоящее время большое внимание уделяют разработке конструкций установок для подогрева шихты перед ее загрузкой (рис. 7.3), которые повышают производительность печи, снижают загазованность рабочей площадки и возможность выплесков стали (при использовании замасленной и обледенелой шихты).

Источником теплоты при плавке служит электрическая дуга, возникающая между металлической шихтой (расплавом) и тремя графитовыми электродами, по которым подводится электрический ток. Загрузка шихты осуществляется специальной бадьей. Шихта содержит 55—65% стального лома, 37—40% возврата собственного производства и 2—3% пердедельного чугуна.

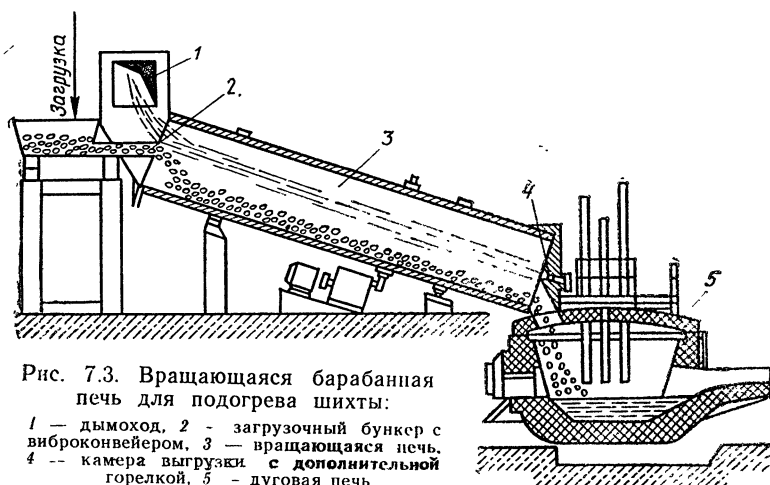


Рис. 7.3. Вращающаяся барабанная печь для подогрева шихты:

- 1 — дымоход, 2 — загрузочный бункер с виброконвейером, 3 — вращающаяся печь,
- 4 — камера выгрузки с дополнительной горелкой, 5 — дуговая печь

В дуговых электрических печах ведут основной и кислый процессы плавки стали. Основной процесс применяют при получении отливок из высоколегированных и специальных сталей, а кислый — отливок из среднеуглеродистых и низколегированных сталей стандартных марок. Металлургические особенности этих процессов плавки изложены выше (см. 7.1).

К преимуществам плавки в дуговых печах относят возможность достижения высоких температур (в зоне электрической дуги $\approx 3000^\circ\text{C}$) и обеспечения восстановительной атмосферы в плавильном пространстве, что обуславливает высокий перегрев расплава и низкий угар элементов; получение стали с низким содержанием вредных примесей; лучшие санитарно-гигиенические условия плавки; возможность механизации и автоматического регулирования процесса плавки.

7.3. ПЛАВКА СТАЛИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ

Этот металлургический процесс применяют при получении средне- и высоколегированных сталей. Плавка стали в индукционной печи аналогична процессу плавки чугуна (см. гл. 6) с той лишь разницей, что индукционные сталеплавильные тигельные (ИСТ) печи работают на токе повышенной частоты, а плавка ведется без науглероживания. В СССР выпускают восемь печей такого типа от ИСТ-0,06 вместимостью 0,05 т и производительностью 0,04—0,05 т/ч до ИСТ-10 вместимостью 10 т и производительностью 3—3,5 т/ч. Стойкость футеровки печей ИСТ составляет 50—100 плавков.

Характерной особенностью плавки стали в индукционных тигельных печах является отсутствие внутри тигля теплоносителя (топлива, электрической дуги). Это исключает науглероживание расплава и насыщение его газами, обеспечивает возможность плавки в любой среде (в вакууме и др.), а также непрерывное перемешивание стального расплава. Последнее выравнивает химический состав стали, облегчает процесс ее дегазации и всплывание неметаллических включений.

Отмеченные выше преимущества плавки наиболее полно проявляются при выплавке легированных сталей для отливок ответственного назначения, что обусловлено минимальными потерями легирующих элементов: вольфрама — около 2%, марганца, хрома и ванадия — 5—

10%, кремния — 10—15%. Учитывая дефицитность и высокую стоимость легирующих элементов, плавку в индукционных печах следует считать экономически целесообразным процессом.

7.4. ПЛАВКА СТАЛИ В МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧАХ

Этот металлургический процесс применяют при получении крупных отливок массой свыше 10 т. Мартеновская печь (рис. 7.4) имеет своеобразную особенность, заключающуюся в использовании отходящих из рабочего пространства горячих газов. Располагающаяся на подине ванна расплава 3 перекрывается сводом 1, сделанным из огнеупорного материала (динаса и др.). Для загрузки шихты, которая вводится в короба-мульдах с помощью специальной машины, в передней стене рабочего пространства предусмотрены завалочные окна 2.

С боковых торцов печи расположены головки 4, в которых сжигается топливо (газ или мазут). Направляемые в рабочее пространство печи газ и воздух подогреваются в регенераторах 5. Их непрерывная подача обеспечивается системой каналов с перекидными клапанами 6, которые регулируют поочередную работу регенераторов: при работе левых регенераторов на нагрев воздуха правые нагреваются отходящими газами, и наоборот.

Вместимость мартеновских печей для литейных цехов составляет 5—100 т. Шихта включает до 30% передельного чугуна, 10—15% стальной стружки, остальное лом и возврат собственного производства. Выдача приготовленного расплава производится через отверстие — летку, предусмотренную у основания подины в задней стенке печи.

Мартеновские печи строят с кислой и основной футеровкой, стойкость которой при динасовом своде состав-

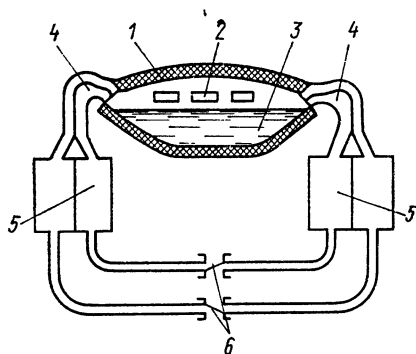


Рис. 7.4. Принципиальная схема мартеновской печи:

1 — свод, 2 — завалочные окна, 3 — ванна расплава, 4 — головки, 5 — регенераторы, 6 — перекидные клапаны

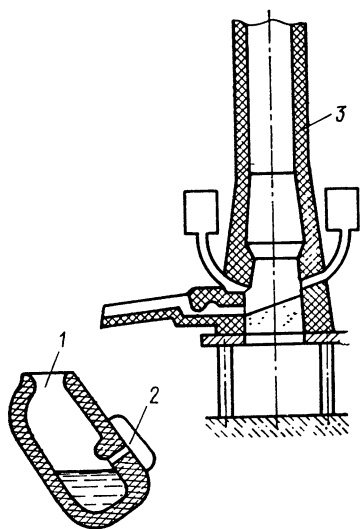
ляет до 500, а при магнетитовом — 700 плавков и более. Современные мартеновские печи снабжены автоматически действующими контрольно-измерительными приборами и устройствами, обеспечивающими заданные режимы плавки при регулировании расхода топлива и воздуха, а также давления в рабочем пространстве печи.

Интенсификация процессов мартеновской плавки достигается за счет использования кислорода для прямого окисления элементов расплава, обогащения подаваемого в печь воздуха, расплавления заваленного в печь скрапа кислородной струей с помощью специальных сопел с водяным охлаждением.

К преимуществам мартеновского процесса плавки следует отнести возможность использования большого количества стального лома; возможность получения стали из исходных материалов с разнообразным химическим составом; высокое качество получаемой стали и возможность выплавки многих ее марок.

7.5. ПЛАВКА СТАЛИ В КОНВЕРТОРЕ

В литейных цехах обычно применяют малобесшестерные конверторы в сочетании с вагранкой, осуществляя дуплекс-процесс (рис. 7.5). Конвертор имеет форму реторты, несимметричной относительно вертикальной оси, что позволяет предусмотреть в верхней ее



части горловину для заливки чугунного расплава. Уклон горловины, равный 30° , позволяет заливать его при горизонтальном положении. Футеровка конвертора кислая, выполняется из динаса. Емкость конвертора составляет 1—5 т расплава.

Шихта для плавки чугуна в вагранке состоит из 40—60% стального лома и 60—40% передельного чугуна. Процесс по-

Рис. 7.5. Конвертор в дуплекс-процессе:

1 — конвертор, 2 — фурмы, 3 — вагранка

лучения стали начинается с разогрева конвертора до температуры 1000—1100°C газовыми горелками, после чего в него заливают чугунный расплав со следующим химическим составом (%): 2,8—3,5 углерода; 0,9—2,2 кремния; 0,7—1,0 марганца; серы не более 0,06 и фосфора не более 0,07. Температура расплава 1300—1400°C. Продувка чугунного расплава воздухом осуществляется при давлении 0,02—0,04 МПа, который нагнетается воздуходувкой.

Процесс передела чугунного расплава в сталь основан на окислении железа, кремния, марганца и углерода. Выделяемая при этом теплота повышает температуру расплава, что позволяет снизить длительность металлургического процесса (до 15 мин). Существенным недостатком описанного дуплекс-процесса является невозможность удаления из стального расплава вредных примесей (серы и фосфора) из-за кислой футеровки конвертора.

Интенсификация конверторной плавки стали достигается применением кислорода под давлением 0,8—1,2 МПа, который вводится в расплав чугуна через вставляемую в горловину конвертора вертикальную водоохлаждаемую фурму. Использование кислородно-конверторного процесса с футеровкой конвертора из основного огнеупорного материала (магнезита) и наведение шлака из извести обеспечивает получение высококачественной стали из чугунного расплава, содержащего вредные примеси (0,3% фосфора и 0,08% серы). К преимуществам конверторной плавки стали следует отнести малую длительность ее цикла, обуславливающую высокую производительность этого прогрессивного металлургического процесса.

7.6. МЕТОДЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Выше были рассмотрены широко применяющиеся в сталеплавильном производстве методы внепечной обработки стали: модифицирование, рафинирование продувкой стали в ковше инертными газами (аргон и др.), легирование, которые позволяют повысить качество выплавленной в печи стали снижением содержания вредных примесей, газов и неметаллических включений.

В настоящее время в сталелитейном производстве стали применяют более эффективные методы внепечной обработки расплавов, к числу которых относят вакууми-

рование и воздействие жидкими синтетическими шлаками.

Внепечное вакуумирование (рис. 7.6) заключается в том, что ковш с полученным в металлургической печи стальным расплавом перед заливкой в литейные формы выдерживают в герметически закрытой специальной камере, в которой затем создается вакуум.

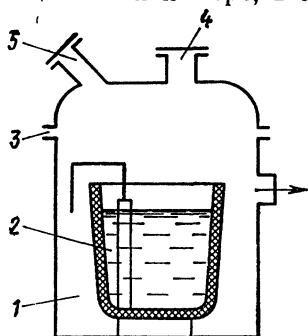


Рис. 7.6. Схема внепечного вакуумирования стали:

1 — вакуумная камера, 2 — ковш с расплавом стали, 3 — патрубок для подключения вакуум-насоса, 4 — окно введения добавок, 5 — смотровое окно

Это позволяет снизить содержание в стали водорода на 40—60%, кислорода на 50—70%, азота на 5—10% от первоначального содержания с одновременным уменьшением количества газов и неметаллических включений.

В результате вакуумной обработки стали повышаются ее пластичность и ударная вязкость, снижается склонность к образованию трещин.

Обработку стального расплава синтетическими шлаками применяют при получении

ответственных стальных отливок. Она представляет собой процесс глубокого рафинирования для снижения содержания в стальном расплаве газов и неметаллических включений, а также серы. В качестве очищающей среды используют шлаки системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$, обладающие высокой рафинирующей способностью. Шлаки приготавливают в специальной шлакоплавильной печи (ДПСШ-1). Полученный в этой печи шлак сливается в ковш с последующим сливом в него стали из плавильной печи. Перемешиванием стали со шлаком обеспечивается протекание реакции десульфурации с одновременным удалением газов и неметаллических включений с рафинирующим шлаком.

7.7. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ СТАЛИ

Более глубокое, чем при внепечной обработке, воздействие на качество стали, а следовательно, и на каче-

ство отливок оказывают методы специальной электрометаллургии, к числу которых относят плавку стали в вакууме, в плазменных печах и электрошлаковое литье.

Плавка стали в вакууме. Этот металлургический процесс применяют при плавке жаропрочных и других высоколегированных сталей сложного химического состава, содержащих склонные к окислению элементы (алюминий, титан, бор и др.). Установка для вакуумной плавки (рис. 7.7) включает камеру 1 с индукционной тигельной печью 3 и литейной формой 4. В камере создают вакуум с помощью вакуум-насоса.

Цикл плавки в индукционной вакуумной печи (ИВП) включает ряд этапов: загрузку твердой шихты или заливку расплавленного исходного металла; создание в камере вакуума; расплавление шихты и присадку дополнительных порций шихты; рафинирование стального расплава; легирование стали и окончательное рафинирование расплава; заливку литейной формы. Общая продолжительность цикла составляет 3—5 мин.

Глубокая дегазация, более полное раскисление благодаря длительной выдержке в вакууме и электромагнитное перемешивание расплава обеспечивают высокое качество стали и более низкую ее стоимость, так как при раскислении в вакууме требуется меньшее количество раскислителей, чем в условиях открытой плавки.

Плавка в плазменных дуговых печах. Этот металлургический процесс рационально применять только при получении высоколегированных (из-за незначительного угара легирующих элементов), а также низкоуглеродистых сталей. Последнее обуславливается отсутствием графитовых электродов, что полностью исключает науглероживание стального расплава при плавке. По конструкции рабочего пространства плазменные печи аналогичны дуговым с той лишь разницей, что вместо графитовых электродов применяют плазмотроны: один, располагаемый в своде (рис. 7.8,а), или два боковых, уста-

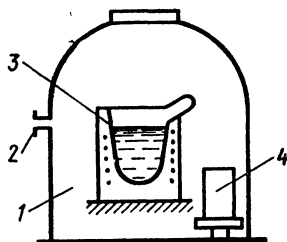


Рис. 7.7. Установка для вакуумной плавки и заливки стали в литейную форму:

1 — вакуумная камера, 2 — патрубок для подсоединения вакуум-насоса, 3 — индукционная печь, 4 — литейная форма

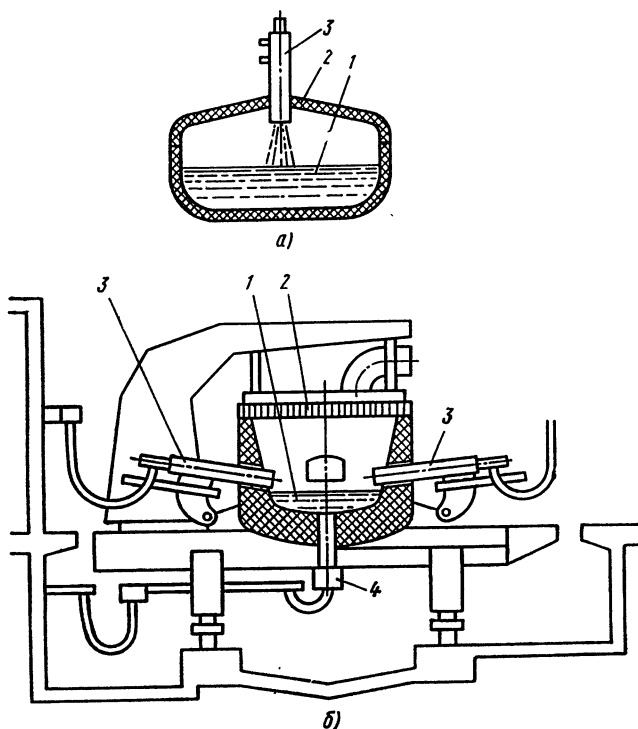


Рис. 7.8. Схемы устройства плазменных печей:
а — с одним плазмотроном в своде, *б* — с двумя боковыми плазмотронами: 1 — ванна расплава, 2 — свод, 3 — плазмотроны, 4 — подовый электрод

новленных в боковых стенках печи (рис. 7.8,б). Типаж плазменных печей включает печи емкостью 6, 15 и 30 т расплава и мощностью 6600, 9900 и 19 800 кВ·А соответственно.

Плавка шихты происходит за счет теплоты электрической дуги, зажигаемой при подаче электрического тока в зазоре между торцом сопла плазмотрона и шихтой или между двумя боковыми плазмотронами. Наличие в малых печах (до 6 т) подового электрода обеспечивает надежный контакт между ним и твердой шихтой. Процессы плавки в плазменных и дуговых печах во многом аналогичны с той лишь разницей, что атмосфера рабочего пространства плазменной печи содержит значительное количество аргона, что способствует освобождению

стального расплава от кислорода, азота и водорода, которые переходят в газовую фазу; и следовательно, повышению качества стали.

К недостаткам плазменной плавки следует отнести более высокую стоимость стали (по сравнению с плавкой в дуговых печах) из-за потребления аргона, повышенный расход электроэнергии, а также необходимость оснащения печи большим числом водоохлаждаемых узлов, что обусловлено высокой температурой футеровки печи.

Электрошлаковое литье. Этот комплексный металлургический и литейный процесс называют электрошлаковым литьем (ЭШЛ), который ввиду сложности может быть рекомендован только для производства особо ответственных отливок. Процесс получения отливки электрошлаковым литьем включает следующие операции (рис. 7.9):

1. Подготовку шихты. В качестве шихты используют электроды, которые получают плавкой стали в металлургической печи, литьем и прокаткой.

2. Образование стального расплава за счет оплавления нижней части электрода 1 теплотой, которая выделяется при прохождении электрического тока через расплавленный электропроводящий шлак 2. Электрический ток подводится к электродам 1 и затравке 7.

3. Рафинирование стального расплава шлаком, исключаящим его окисление с освобождением от вредных примесей.

4. Направленное затвердевание расплава и образование отливки 4, что осуществляется в кристаллизаторе — водоохлаждаемой металлической форме 5, снабжаемой металлическим стержнем 6 (при необходимости получения в отливке внутренней полости).

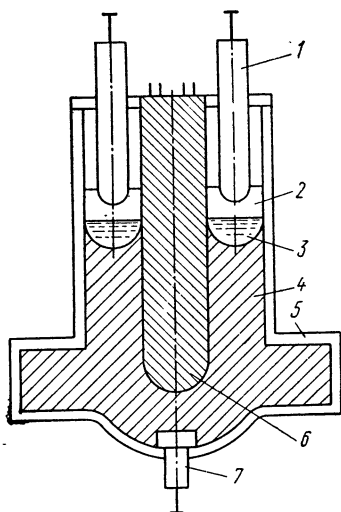


Рис. 7.9. Схема электрошлакового получения отливки «Корпус запорной арматуры высокого давления»:

1 — расходуемый электрод, 2 — шлаковая ванна, 3 — ванна стального расплава, 4 — отливка, 5 — кристаллизатор, 6 — стержень, 7 — затравка

Специфические преимущества электрошлакового литья заключаются в очищении расплава от вредных примесей, в обеспечении плотной равномерной структуры стали, а следовательно, высоких эксплуатационных свойств изделий, которые невозможно получить ни одним из известных методов плавки.

Контрольные вопросы

1. Перечислите этапы плавки стали; дайте их краткую характеристику.
2. Перечислите способы получения стали со ссылкой на используемые плавильные печи; дайте их краткую характеристику.
3. Перечислите методы внепечной обработки стального расплава, дайте их краткую характеристику применительно к влиянию на качество стали и отливок.
4. Назовите специальные методы электрометаллургии стали и укажите их специфические особенности и области применения.

8. ПЛАВКА И ЛИТЬЕ СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

8.1. ОСОБЕННОСТИ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Для плавки медных сплавов применяют дуговые, индукционные и отражательные пламенные печи. Минимальные потери цветных металлов при высокой производительности достигаются в процессе плавки в индукционных канальных и тигельных печах, которые широко используют при плавке латуней и алюминиевых бронз (рис. 8.1).

Шихтой при плавке медных сплавов являются стандартные чушковые бронзы и латунь, чистые металлы (медь, цинк, олово и др.), отходы собственного производства (литники, прибыли, брак), вторичные сплавы, получаемые из отходов производства. Для введения в сплав отдельных компонентов кроме чистых металлов используют лигатуры, являющиеся сплавами двух (реже трех) чистых металлов и имеющие температуру плавления ниже температуры плавления входящих в их состав компонентов.

В процессе плавки медные расплавы активно окисляются, образуя трудноудаляемые мелкодисперсные оксиды, загрязняющие расплав, и насыщаются водородом, что приводит к образованию пористости, ухудшает плотность и герметичность отливок.

Для защиты медных сплавов от окисления плавку их проводят под флюсами, в качестве которых используют соду, буру, поваренную соль, бой стекла, криолит и древесный уголь. Чтобы предупредить образование нераствори-

мых мелкодисперсных оксидов, медь раскисляют перед введением легирующих компонентов. Наиболее распространенным раскислителем является фосфор в виде фосфористой меди (для медных сплавов с оловом и свинцом). Раскисление сплавов, содержащих в своем составе Zn, Al, Si, производят бериллием, обеспечивающим получение отливок высокой плотности.

Чтобы удалить взвешенные неметаллические включения и снизить содержание газов, медные сплавы перед разливкой рафинируют продувкой расплава инертными газами, вводя хлористый марганец (0,1—0,2%) или обрабатывая расплав рафинирующими фторидными флюсами. Расплавы бронз и латуней, содержащие алюминий, модифицируют введением циркония, ванадия, титана, вольфрама (0,05—0,2%), а не содержащие алюминия и железа — ими же, но совместно с бором.

Температура заливки медных сплавов составляет в зависимости от марки 1000—1200 °С. Медные сплавы отличаются высокой жидкотекучестью. Поэтому для полу-

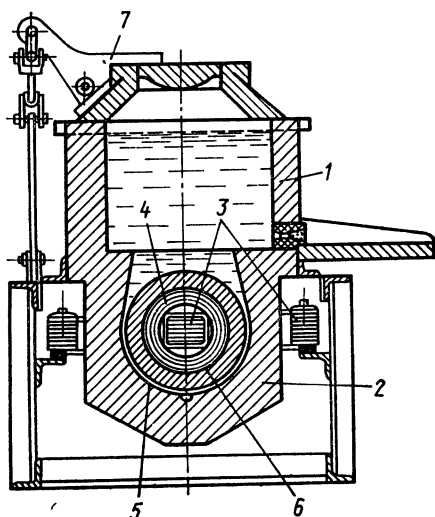


Рис. 8.1. Индукционная плавильная печь канального типа:

1 — верхняя часть печи, 2 — нижняя часть печи, 3 — магнитная система печи, 4 — первичная обмотка трансформатора, 5 — канал с жидким металлом, 6 — защитный водоохлаждаемый экран, 7 — механизм подъема крышки

чения отливок с чистой поверхностью используют формовочные и стержневые смеси, включающие пески с высоким содержанием глины (жирные и полужирные). С целью предупреждения пригара в смеси и в краски вводят противопригарные добавки.

Отличительной особенностью медных сплавов является значительная усадка, что требует установки прибылей в массивных частях отливки. Для создания направленной кристаллизации широко используют холодильники.

Другой характерной особенностью медных сплавов является их высокая окисляемость в жидком состоянии, поэтому литниковые системы для литья медных сплавов должны обеспечивать наиболее полное отделение окисных плен и плавное, с минимальной скоростью заполнение полости формы. Для этих целей используют расширяющиеся литниковые системы с змеевидным и ступенчатым стояками и с нижним подводом металла, применяют простановку фильтровальных сеток, шлакоуловителя с рожковым литниковым ходом.

8.2. ОСОБЕННОСТИ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В зависимости от назначения сплавов, масштаба производства и условий литейных цехов плавку алюминиевых сплавов осуществляют в ваннах электропечей сопротивления (емкостью от 150 кг до 3 т), индукционных тигельных и канальных печах (от 180 кг до 6 т), а также в отражательных пламенных печах ванного типа (до 30 т), в тигельных (до 250 кг) электросопротивления и в печах, работающих на жидком и газообразном топливе (рис. 8.2).

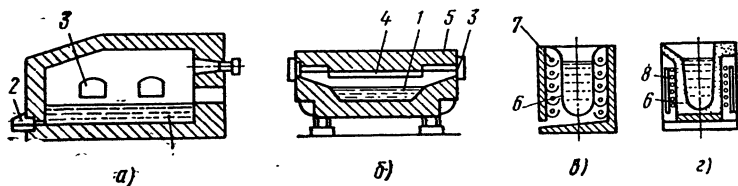


Рис. 8.2. Схемы печей для плавки алюминиевых сплавов:

a — отражательная пламенная печь ванного типа, *б* — ванная электропечь сопротивления, *в* — тигельная электропечь сопротивления, *г* — индукционная тигельная печь; *1* — ванна жидкого металла, *2* — лоток для выпуска жидкого металла, *3* — загрузочные окна, *4* — нагревательные элементы, *5* — свод печи, *6* — тигель, *7* — спираль, *8* — индуктор

В качестве исходных шихтовых материалов используют чушковый алюминий различных марок, отходы собственного производства, а также легирующие компоненты в виде чистых металлов или лигатур.

При плавке в открытых печах алюминиевые сплавы легко окисляются с образованием на поверхности расплава прочной оксидной пленки Al_2O_3 , защищающей его от дальнейшего окисления. Замешивание пленки в расплав в процессе плавки вызывает его загрязнение. Алюминиевые сплавы интенсивно растворяют газы, в основном водород, в результате чего в отливках образуется пористость.

Алюминиево-магниевого сплавы, отличающиеся очень высокой окисляемостью, плавят под слоем покровных защитных флюсов, в качестве которых используют хлористые и фтористые соли: карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl$) и смеси карналлита с 40—50% $BaCl_2$ и 10—15% CaF_2 , вводимых в количестве 2% от массы шихты. Уменьшают склонность к окислению и вводимые в сплав добавки бериллия и титана (до 0,07%).

Процессы очистки расплавов от взвешенных неметаллических включений широко используют при плавке алюминиевых сплавов. С этой целью расплавы проду-

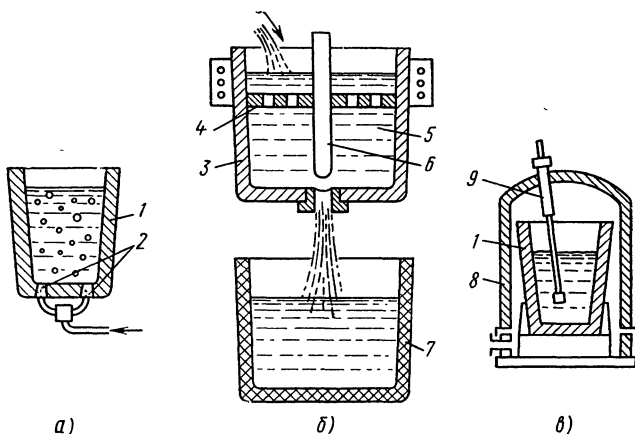


Рис. 8.3. Методы рафинирования алюминиевых сплавов:

a — продувка газами, *б* — фильтрование через слой расплавленного флюса, *в* — вакуумирование с последующей продувкой газами; 1 — ковш, 2 — пористая пробка, 3 — тигель, 4 — диск, 5 — флюс, 6 — запорный стержень, 7 — раздаточный ковш, 8 — вакуумно-продувочная камера, 9 — трубка для продувки газами

вают инертными (аргон, азот) или активными (хлор) газами, обрабатывают хлористыми солями и рафинирующими флюсами, ультразвуком, вакуумируют, фильтруют.

При рафинировании продувкой газами всплывающие их пузырьки выносят на поверхность расплава частицы неметаллических включений, растворенные газы. Газ продувают либо через трубку сверху, либо через пористую пробку 2 в ковше 1 (рис. 8.3,а). Обработку проводят при температуре 710—730 °С в течение 5—20 мин. Наиболее эффективна обработка хлором, однако ввиду его токсичности широко используют инертные газы азот и аргон.

Наиболее широко применяют обработку хлористыми солями — $ZnCl_2$, $MnCl_2$, $AlCl_3$, C_2Cl_6 , рафинирующее действие которых основано на образовании газообразного хлористого алюминия по реакции $MeCl_3 + Al = AlCl_3 + Me$.

Наиболее эффективна обработка гексахлорэтаном C_2Cl_6 , при которой кроме $AlCl_3$ образуется газообразный тетрахлорэтилен C_2Cl_4 . В отличие от других хлоридов гексахлорэтан негигроскопичен, более дешев, обладает высокой дегазирующей способностью.

При рафинировании флюсами частицы взвешенных неметаллических включений удаляются из металла, переходя в шлак, вследствие хорошей смачиваемости их расплавленным флюсом или растворения в нем этих включений. Для рафинирования большинства алюминиевых сплавов используют флюс, состоящий из 47% KCl , 30% $NaCl$ и 23% Na_3AlF_6 . Флюс в количестве 0,5—1% от массы металла засыпают на поверхность расплава, нагретого до 700—750 °С, затем замешивают в него в течение 3—5 мин, после чего удаляют шлак и выстаивают в течение 10—15 мин для более полного всплывания и отделения замешанного флюса.

Для уменьшения загрязненности металла твердыми неметаллическими включениями применяют также фильтрование через сетчатые и кусковые фильтры из раздробленных флюсов, устанавливаемые в песчаных и металлических формах между стояком и коллектором, между литейной чашей и стояком (см. гл. 1), что позволяет в 1,5—3 раза снизить загрязненность сплавов неметаллическими включениями.

Наиболее эффективным является фильтрование алюминиевых сплавов через слой расплавленного рафинирующего флюса (рис. 8.3,б). В этом случае сплав по-

ступает на диск 2, имеющий отверстие диаметром 5—10 мм, и в виде струек проходит через расплавленный флюс 3, плотность которого меньше плотности сплава. Накопившийся в электрообогреваемом тигле 1 металл выпускается в раздаточный ковш 5 при подъеме запорного стержня (стопора) 4.

Эффективным способом очистки от растворенных газов является вакуумирование. С понижением давления растворенные газы выделяются из расплава и удаляются в виде пузырьков. Обработку металла проводят в вакуумно-продувочной камере 1, в которую помещают ковш 2, вакуумируют металл и дополнительно продувают его газом (рис. 8.3, в).

Алюминиевые сплавы на основе системы Al—Si (силумины) перед заливкой подвергают модифицированию. При этом происходит измельчение частиц кремния, что приводит к повышению механических свойств сплавов, особенно относительного удлинения и ударной вязкости. Модифицирование осуществляют введением в расплав стронция в виде лигатуры, 0,1% металлического натрия илистых и фтористых солей. Эти соли одновременно выполняют роль защитных и рафинирующих флюсов.

Модифицирующий флюс в количестве 1,5—2% засыпают на поверхность расплава и выдерживают в течение 12 мин, после чего замешивают в металл и после выдержки в течение 1,5—2 мин удаляют вместе со шлаком.

Широко применяют в литейных цехах универсальные флюсы, обработка которыми позволяет совместить рафинирование и модифицирование сплава. Все они содержат хлористые и фтористые соли. Например, универсальный флюс № 3 содержит 50% NaCl, 10% KCl, 30% NaF и 10% Na_3AlF_6 .

Чтобы предотвратить загрязнение сплава оксидами в процессе заливки, необходимо обеспечить плавное, без завихрений заполнение формы металлом, что достигается использованием расширяющихся литниковых систем, которые способствуют и отделению неметаллических частиц. Широко применяют сифонные литниковые системы и вертикально-щелевые (см. гл. 2), позволяющие получить наиболее благоприятное распределение температуры по высоте отливки и направленное затвердевание снизу вверх.

Алюминиевые сплавы склонны к образованию усадочных раковин и усадочной пористости, устранение которых достигается простановкой прибылей, холодильников, а для ответственных деталей использованием кристаллизации под давлением в автоклаве. Применение давления при кристаллизации позволяет получить наиболее плотные отливки из алюминиевых сплавов.

В связи с невысокой температурой плавления и хорошей жидкотекучестью алюминиевых сплавов для приготовления формовочных и стержневых смесей применяют мелкозернистые пески со значительным содержанием глины (классов П, Т, а также 3К, 4К). В состав формовочных смесей входит 75—90% оборотной смеси и 10—25% свежих песков.

В формовочные смеси для алюминиево-магниевого сплава, чтобы предупредить их окисление в процессе заливки и кристаллизации, вводят защитные присадки (ВМ, борная кислота в количестве 4—5%).

Для крупносерийного и массового производства применяют безводные песчано-бентонитовые смеси с минеральными маслами, позволяющие изготавливать литейные формы повышенной прочности прессованием под высоким давлением.

8.3. ОСОБЕННОСТИ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Особенностью плавки магниевых сплавов является защита их от окисления и загорания, к которым они весьма склонны. Образующаяся пленка оксида магния в отличие от оксида алюминия является рыхлой и не защищает расплав от дальнейшего окисления.

Вследствие активного взаимодействия с азотом расплав помимо оксидных включений загрязняется нитридами.

В зависимости от масштабов и специфики производства плавку магниевых сплавов проводят в тигельных печах с выемными и стационарными тиглями, в отражательных, а также индукционных печах промышленной частоты. Последние широко применяют вследствие высокой производительности, небольшого угара металла и обеспечения плавки в специальной газовой среде. Плавку ведут в стационарных литых или выемных сварных стальных тиглях.

К исходным шихтовым материалам предъявляют повышенные требования по чистоте поверхности. Чтобы предупредить окисление и загорание, плавку магниевых сплавов ведут в среде с защитной газовой атмосферой и с применением покровных флюсов. В качестве универсальных покровных флюсов применяют флюсы ВИ2, ВИ3, ФЛ5, основой которых является карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl$) с добавками $BaCl_2$, CaF_2 , $NaCl$ и др. Введение в магниевые сплавы 0,002% бериллия предохраняет расплав от загорания при температуре до 700°C даже при отсутствии покровного флюса.

В процессе плавки магниевые сплавы активно поглощают водород, загрязняются оксидами и нитридами. Для очистки от неметаллических включений и растворенных газов применяют рафинирующие флюсы и продувают расплав инертными газами (He , N_2 , Ar), а также хлором и их комбинациями при температуре 770—780°C.

При плавке магниевых сплавов часто покровный флюс выполняет задачи рафинирующего флюса. В процессе замешивания флюса в расплав происходит смачивание им неметаллических включений. Вследствие большей плотности в сравнении с расплавом флюс постепенно осаждается на дно тигля, очищая расплав от неметаллических включений.

С целью измельчения зерна и повышения механических свойств магниевые сплавы модифицируют. Модифицирование сплавов системы $Mg-Al-Zn$ осуществляют перегревом до температуры 850—900°C или введением углеродсодержащих модификаторов (мел, магнезит, четыреххлористый углерод и др.) в количестве 0,1—0,6% по массе.

Механизм модифицирования заключается в образовании большого количества центров кристаллизации на основе соединений алюминия с железом (модифицирование перегревом) и карбидов алюминия Al_4C_3 (введение модификаторов), вызывающих измельчение зерна. Для сплавов, не содержащих алюминий, модифицирование проводят присадками циркония или кальция.

При проведении заливки расплава в форму следует принимать меры, исключающие попадание флюса в отливку и окисление расплава как в процессе заливки, так и при движении его в полости формы. С этой целью струю расплава припудривают порошком серы или смесью серы с борной кислотой. Образующийся SO_2

изолирует расплав от атмосферного кислорода и препятствует его окислению. Для обеспечения плавного, без завихрений поступления расплава в форму применяют расширяющиеся литниковые системы с тонкими зигзагообразными стояками. Для мелких и средних отливок рекомендуется использовать нижнюю литниковую систему, для средних и крупных — вертикально-щелевую или комбинированную. Чтобы уменьшить скорость заполнения формы и исключить попадание в нее шлака, заливку магниевого расплава ведут через кусковые фильтры (из магнезита или титановой губки) и металлические сетки.

Для уменьшения возможности активного окисления и загорания магниевого расплава в форме, в состав формовочных и стержневых смесей вводят защитные присадки — серу, борную кислоту в стержневые смеси, присадки на основе фтористых солей и мочевины — в формовочные смеси.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют пески кварцевые, тощие и полужирные. Количество оборотной смеси в составе формовочной смеси составляет 85—97%, свежих материалов — 15—3%.

Для литья в кокиль применяют магниевые сплавы МЛ5, МЛ6, МЛ10, МЛ12, МЛ15. Особенности процесса являются создание защитной атмосферы, препятствующей окислению и возгоранию магниевого расплава, установка прибылей увеличенных размеров в целях компенсации высокой объемной усадки сплавов, повышение температуры заливки для лучшего заполнения кокиля.

Для повышения механических свойств отливок из магниевых сплавов применяют термическую обработку.

8.4. ОСОБЕННОСТИ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Высокая реакционная способность титана не позволяет проводить процесс плавления его в атмосфере воздуха, так как в расплавленном состоянии он активно взаимодействует с кислородом и азотом. Первоначально плавку титана и его сплавов вели в атмосфере аргона и гелия, позже появились вакуумные печи, которые в настоящее время являются основным типом плавильного оборудования. Для получения фасонных отливок из титана применяют вакуумные электродуговые гарнисажные

плавильно-литейные установки, в которых совмещены процессы плавления металла, приготовления расплава, заливки литейных форм и формирования отливки (см. рис. 8.4).

Расплавленный титан реагирует практически со всеми известными огнеупорными материалами (оксидами алюминия, магнезия, кремния и др.), что затрудняет выбор удовлетворительного материала для плавильных тиглей. В гарнисажной печи расплавленный титан находится в контакте со слоем твердого титана толщиной 5—50 мм, называемым гарнисажем и постоянно поддерживаемым на стенках и дне водоохлаждаемого тигля. При вакуумной гарнисажной плавке исключается взаимодействие расплава с атмосферой и материалом тигля, что повышает однородность металла и предупреждает появление в отливке тугоплавких включений. Вакуумная дуговая печь (рис. 8.4) с расходуемым электродом имеет вакуумную камеру 1, в которой расположен медный водоохлаждаемый тигель 4 со шлангами водяного охлаждения 3 и электрическим кабелем 2. Для фокусирования дуги и перемешивания ванны жидкого металла служит расположенный вокруг тигля соленоид 6. Футеровкой тигля служит гарнисаж 5. Расходуемый электрод 7, прикрепленный к держателю 8, изготовляют из сплава, подлежащего плавлению.

После расплавления расходуемого электрода печь поворачивают и производят заливку расплава во вращающуюся на столе 9 форму 10. Под действием центробежных сил расплав хорошо заполняет форму, отливка получается плотной, без газовых раковин. Прибыли устанавливают не на верхнюю, а на боковую часть питаемого узла, при этом металл под действием центробежных сил двигается от прибыли к отливке.

Литейные формы, изготовленные из обычно применяемых огнеупорных материалов, не могут быть применены для получения отливок из титана по отмеченным ранее причинам. Широко распространены графитовые формы. Их изготовляют из смесей, в состав которых входят в качестве основы графит, в качестве связующего — смолы, пеки. Смеси уплотняют на встряхивающих или прессовых машинах под давлением 0,2—0,8 МПа. Изготовленные формы после выдержки на воздухе от 8 ч до 3 сут подвергают сушке при температуре 120 °С и обжигу в восстановительной атмосфере при 700—980 °С в течение 1—24 ч. При этой температуре связующее кок-

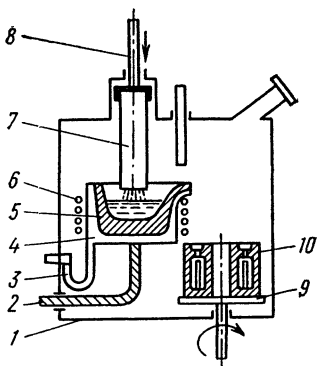


Рис. 8.4. Схема вакуумно-дуговой печи с расходуемым электродом для плавки титановых сплавов

1 — вакуумная камера, 2 — электрический кабель, 3 — шланги водяного охлаждения, 4 — водоохлаждаемый тигель, 5 — гарнисаж, 6 — соленонд, 7 — расходуемый электрод, 8 — держатель, 9 — вращающийся стол, 10 — литейная форма

суется и из формы практически полностью удаляются все летучие вещества.

Применяются и оболочковые графитовые формы с фенолоформальдегидной смолой в качестве связующего. Мелкие сложные тонкостенные отливки из титановых сплавов получают в неразъемных формах, изготовленных по выплавляемым моделям. В состав суспензии входит высокодисперсный графитовый порошок и связующее на основе фенолоформальдегидных смол, в качестве обсыпочно-го материала — зернистый графит.

В настоящее время раз-

рабатываются процессы изготовления форм на основе использования обычных огнеупорных материалов (Al_2O_3 , MgO) с применением защитных углеродных, карбидных и металлических покрытий, повышающих инертность форм к расплавленному титану и его сплавам.

Контрольные вопросы

1. Какие печи используют для плавки медных, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов?
2. Как предохраняют сплавы цветных металлов от окисления в процессе плавки и литья?
3. С какой целью проводят операцию рафинирования? Назовите способы рафинирования
4. Что такое модифицирование сплавов? Расскажите о модифицировании алюминиевых и магниевых сплавов
5. Расскажите об особенностях плавки и литья титановых сплавов.

9. ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

9.1. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ

Заливка литейных форм расплавом осуществляется с помощью разливочных ковшей, миксеров и специаль-

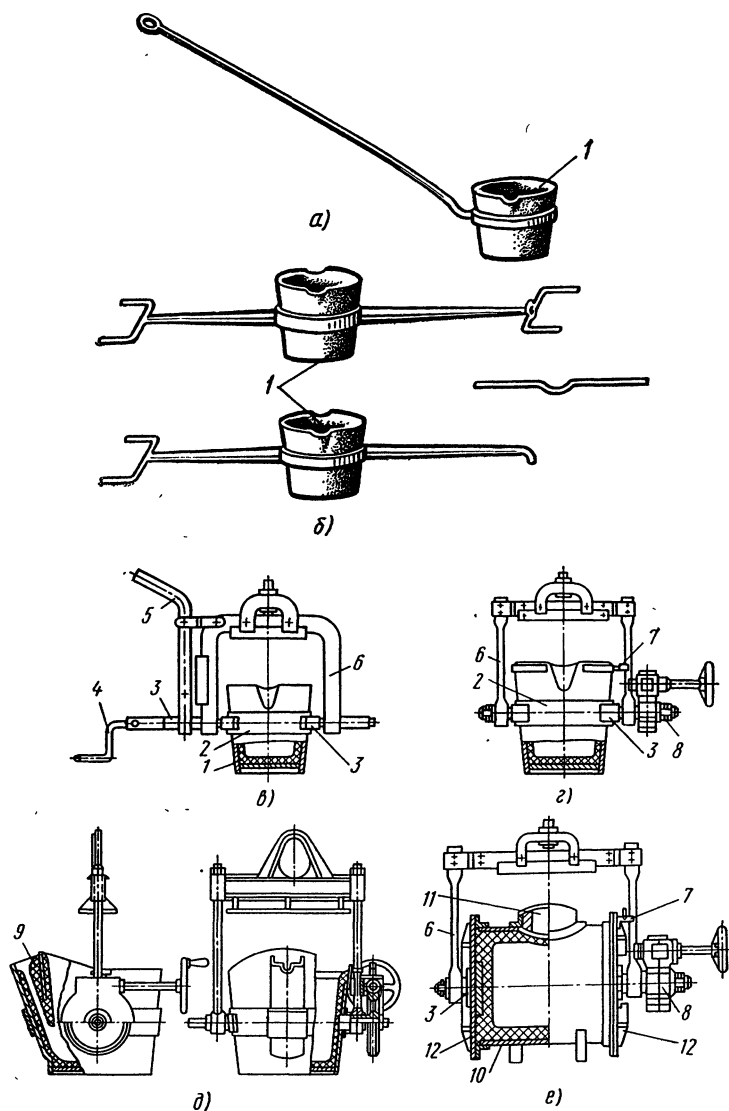


Рис. 9.1. Разливочные ковши:

a — ковш-ложка, *б* — ручные, *в* — конический вместимостью 100—250 кг, *г* — то же, вместимостью 400—800 кг, *д* — чайниковый вместимостью свыше 250 кг, *е* — барабанный вместимостью 400—800 кг; 1 — ковш, 2 — стальное кольцо, 3 — цапфы, 4 — рукоятка, 5 — откидная ручка, 6 — траверса, 7 — защелка, 8 — червячный редуктор, 9 — чайниковое устройство, 10 — корпус, 11 — горловина, 12 — торцовые стенки

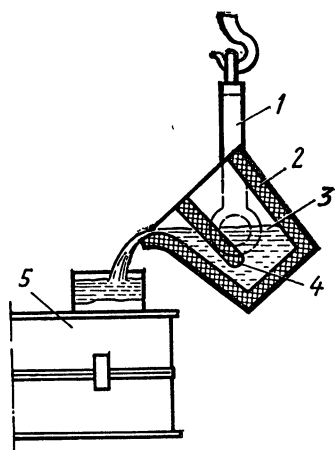


Рис. 9.2. Заливка формы из конического чайникового ковша:

1 — траверса-подвеска, 2 — ковш, 3 — шлак, 4 — огнеупорная перегородка, 5 — литейная форма

ными заливочными установками. При получении отливок специальными способами литья (см. гл. 11) заливку форм производят с помощью раздаточных печей, пневматических и других дозаторов, автоклавов, а также магнитодинамических и вакуумных установок, обеспечивающих высокое качество получаемых отливок.

Разливочные ковши. Они представляют собой сосуды, сделанные из листовой стали. С внутренней стороны малые ковши обмазывают глиной, а крупные выкладывают огнеупорным кирпичом или набивают огнеупорной массой. Перед

использованием ковши тщательно просушивают, чтобы предупредить насыщение расплава водяными парами и выброс его из ковша.

По размерам разливочные ковши подразделяют на малые — вместимостью до 100 кг и крупные — до 100 т. Транспортирование ковшей осуществляют вручную (при вместимости до 60 кг), по монорельсам (однорельсовым стальным балкам) и бирельсам (двухрельсовые балки) при вместимости до 5 т, а также мостовыми электрическими кранами (при вместимости свыше 0,5 т). В крупных ковшах для удобства их транспортирования на кожухе предусмотрены цапфы, служащие для монтажа траверс-подвесок.

По форме разливочные ковши делят на конические и барабанные (рис. 9.1). В конических ковшах, применяемых при получении отливок из чугуна и цветных сплавов, носик для выдачи расплава делают в верхней части ковша. В ковшах чайникового типа (рис. 9.2) предусматривают специальную огнеупорную перегородку, не доходящую до дна ковша, которая предупреждает попадание шлака в форму во время ее заливки расплавом.

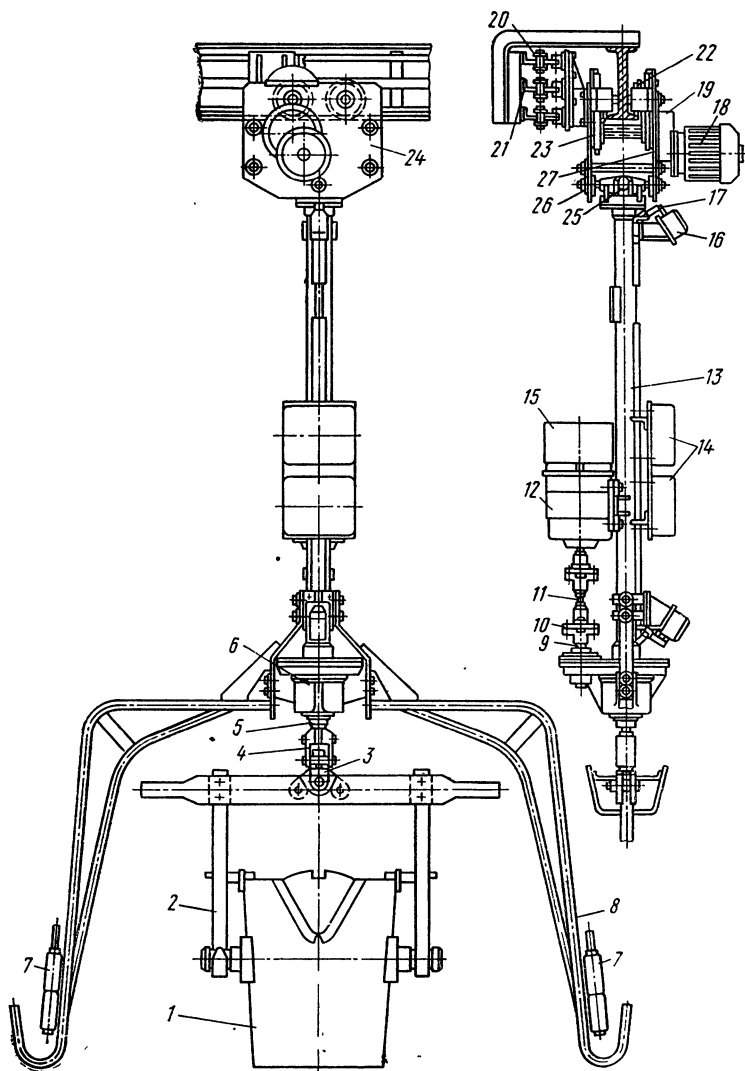


Рис. 9.3. Винтовая подвеска конического монорельсового ковша:

1 — ковш, 2 — траверса, 3 — обойма, 4 — серьги, 5 — грузовой винт, 6, 19 — редукторы, 7 — кнопочные пульты, 8 — рукоятки, 9 — выходной вал, 10 — эластичная муфта, 11 — промежуточный вал, 12, 18 — электродвигатели, 13 — труба, 14 — предохранители, 15 — электротормоз, 16 — конечный выключатель, 17 — рычаг, 20 — токосъемник, 21 — электрический провод, 22 — колеса, 23 — распорки, 24 — приводная каретка, 25 — двойной шарнир, 26, 27 — щеки

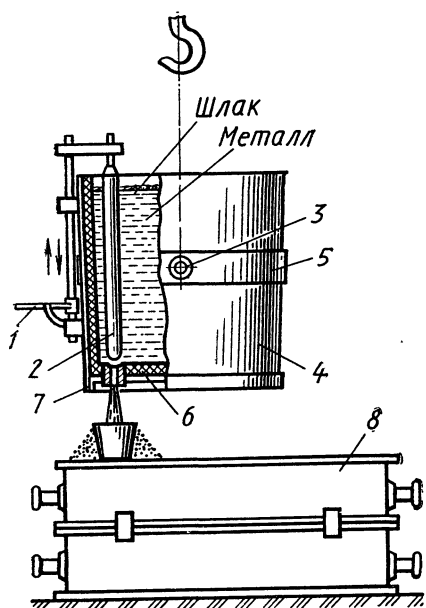


Рис. 9.4. Схема заливки формы сталью из стопорного ковша:

1 — рычажный механизм, 2 — стопор, 3 — цапфа, 4 — стальной кожух, 5 — стальное съемное кольцо, 6 — футеровка, 7 — керамический стакан, 8 — литейная форма

плав из которых выпускается снизу через отверстие в стопорном стакане, перекрываемое при окончании заливки формы огнеупорной пробкой, связанной со стопором. Подъем и опускание стопора осуществляются рычажным механизмом с кнопочным управлением с пола цеха.

Миксеры. Они представляют собой емкости для хранения литейного расплава. По конструкции миксеры подходят на разливочные ковши барабанного типа (см. рис. 9.1,е) с той лишь разницей, что служащие для их поворота цапфы покоятся в опорах, смонтированных в полу литейного цеха около выпускной летки вагранок, не имеющих копильников. Наличие миксера обеспечивает непрерывное наполнение разливочных ковшей расплавом независимо от стадий плавки в вагранке. Вместимость миксеров обычно составляет 1—5 т. Чтобы предупредить остывание расплава, миксеры снабжают системами газового подогрева.

В современных конвейерных чугунолитейных цехах широко применяют монорельсовые ковши вместимостью 100—800 кг, которые монтируют на винтовых подвесках, снабженных приводами для подъема—опускания, а также перемещения ковша по подвесному монорельсовому пути (рис. 9.3). Наклон малых ковшей при заливке осуществляется вручную, а крупных с помощью специальных червячных механизмов 8 (см. рис. 9.1). При заливке литейных форм сталью используют конические стопорные ковши (рис. 9.4), рас-

9.2. УСЛОВИЯ ЗАЛИВКИ ФОРМ РАСПЛАВОМ

Выбор вместимости разливочных ковшей производят с учетом массы получаемых отливок и металлоемкости литейных форм. При заливке крупных форм вместимость ковша часто выбирают равной металлоемкости одной-двух форм. В ряде случаев, при изготовлении многотонных отливок, например лопастей крупных гидротурбин, заливку производят одновременно из двух ковшей. При изготовлении мелких и средних по массе отливок вместимости одного ковша обычно достаточно для заливки 3—6 форм, а на литейных конвейерах — до 12—18. При этом учитывается необходимость быстрого освобождения печи от готового расплава и опасность излишнего охлаждения его в ковше из-за продолжительной заливки в случае, когда из ковша большой вместимости заливается значительное число мелких форм. В таких условиях раздаточный крупный (вместимостью 1,5—2 т расплава) ковш с электрическим или газовым подогревом наполняется расплавом непосредственно из плавильной печи. Доставленный на участок мелких форм он используется для наполнения мелких заливочных ковшей вместимостью 30—50 кг расплава. При заливке небольших форм вручную, особенно в условиях единичного и мелкосерийного производства, часто используют ковши или ложки вместимостью 10—20 кг. В цехах крупносерийного и массового производства на машиностроительных заводах наиболее распространены моносельсовые ковши вместимостью 50—200 кг.

Перед использованием футеровка ковша должна быть тщательно отремонтирована, просушена и разогрета газовой горелкой докрасна (600—800 °С). Перед наполнением расплавом ковш должен очищаться продувкой его сжатым воздухом. Чтобы избежать разбрызгивания и окисления расплава, ковш необходимо по возможности ближе поднести к желобу с наклоном, что обеспечивает спокойное стекание расплава по стенке ковша. Чтобы избежать травм, конические ковши (независимо от их вместимости) рекомендуется заполнять не более чем на $\frac{7}{8}$ их высоты.

Температура расплава при заливке в форму обуславливается рядом факторов: видом сплава и его литейными свойствами, габаритными размерами отливки, толщиной ее стенок и сложностью конфигурации, свойствами материала литейной формы и др. Так, при п.

готовлении крупных толстостенных отливок из серых чугунов температура заливки расплава находится обычно в пределах 1230—1300°С, для мелких и средних отливок — 1320—1400°С, для тонкостенных — до 1360—1450°С. Обладающие худшими, чем обычный серый чугун, литейными свойствами, высокопрочный и белый чугун заливают при температуре 1320—1450°С; углеродистые и низколегированные конструкционные стали — при температуре 1520—1560°С, а температура заливки ряда легированных сталей, например коррозионно-стойкой 12Х18Н9ТЛ, при изготовлении тонкостенных отливок достигает 1620°С. Бронзы и латуни заливают обычно при температурах 1000—1100°С; алюминиевые сплавы — при 680—760°С; магниевые сплавы в кокиль заливают при 680—740°С, а в песчаные формы — при 740—780°С, крупные тонкостенные отливки — при температуре расплава до 800°С; сплавы титана заливают при 1800—1860°С.

Продолжительность заливки расплава в форму зависит от степени сложности конфигурации отливок, вида сплава и металлоемкости линейной формы (табл. 9.1).

9.1. Продолжительность заливки форм расплавом серого чугуна

Металлоемкость литейной формы, кг	Продолжитель- ность заливки, с	Металлоемкость литейной формы, кг	Продолжитель- ность заливки, с
3—5	4—5	250—500	24—28
5—10	4—11	500—1000	28—40
10—50	11—18	1000—5000	40—100
50—100	18—20	5000—10000	100—120
100—120	20—24		

Температуру расплава перед заливкой определяет лаборант-пирометрист. При получении чугунных отливок она определяется оптическим пирометром, а при контроле расплавов стали и цветных металлов — термопарой погружения (рис. 9.5). Перед заливкой необходимо проверить надежность скрепления частей формы, правильность установки надставок литниковых и выпорных чаш. Непосредственный контроль за правильностью процесса поступления расплава в форму и установление момента окончания заливки ведет заливщик, наблюдая за поступлением расплава в выпорную чашу. При авто-

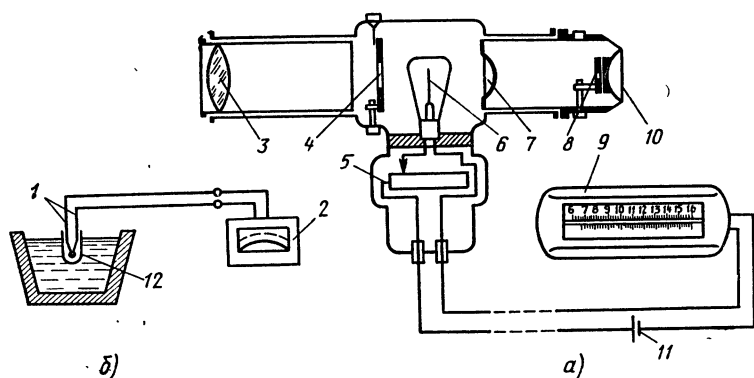


Рис. 9.5. Приборы для контроля температур литейных расплавов: *a* — оптический пирометр, *б* — термопара погружения; 1 — провода из двух различных металлов (хромель—алюмель и др.), 2 — милливольтметр, 3 — объектив, 4 — дымчатое стекло, 5 — реостат, 6 — электрическая лампа, 7 — линза, 8 — красное стекло, 9 — гальванометр, 10 — окуляр, 11 — источник тока, 12 — защитный колпак

матической заливке эта задача осуществляется специальными приборами (сигнализаторами и реле времени), которые прекращают доступ расплава из ковша после наполнения формы.

Учитывая склонность магниевых расплавов к окислению, их струю при заливке в форму припудривают серным цветом. Сгорая в атмосфере литейного цеха, сера образует газы SO_2 и SF_6 , предупреждающие контакт магниевых расплава с кислородом воздуха.

9.3. СПОСОБЫ ЗАЛИВКИ ФОРМ

Способы заливки разовых песчано-глинистых форм. В зависимости от метода установки форм под заливку на практике применяют три способа: на полу (плацу) литейного цеха, на рольганге и на литейном конвейере. Заливку на плацу применяют в маломеханизированных литейных цехах и при получении очень крупных отливок. При этом мелкие формы устанавливают в ряд поштучно или стопками, заливочными чашами в одну сторону с оставлением прохода для движения заливочников с ковшами. При стопочной заливке (рис. 9.6) достигаются высокий коэффициент использования заливочного плаца и высокая производительность труда заливщиков. Заливка форм на рольганге позволяет

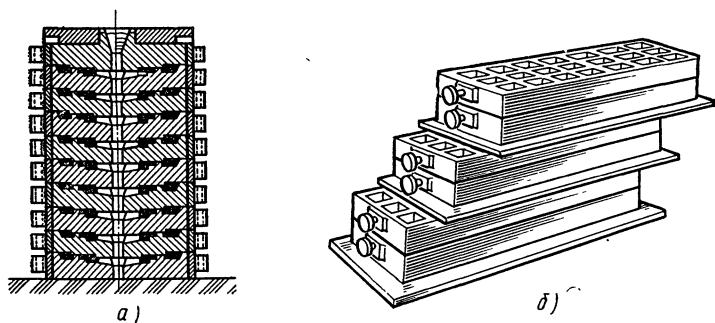


Рис. 9.6. Литейные формы, подготовленные для столочной заливки:

а — этажная, *б* — ступенчатая

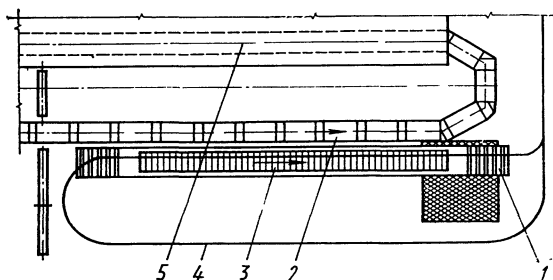


Рис. 9.7. Заливка литейных форм на горизонтально-замкнутом подвижном литейном конвейере:

1 — вход на подвижную заливочную платформу, *2* — литейный конвейер, *3* — заливочная подвижная платформа, *4* — монорельс для доставки ковшей с расплавом, *5* — охлаждающая ветвь конвейера

исключить необходимость переноса ковша к отдельным формам, которые подаются к месту заливки приводным рольгангом. В современных комплексно-механизированных литейных цехах с поточной системой применяют заливку форм на движущемся конвейере (рис. 9.7). При этом доставка ковшей с расплавом от вагранки к конвейеру осуществляется по монорельсу, а заливка форм — рабочим, стоящим на подвижной платформе. Одинаковая скорость перемещения тележек литейного конвейера и заливочной платформы обеспечивает удобство заливки, исключает разбрызгивание расплава.

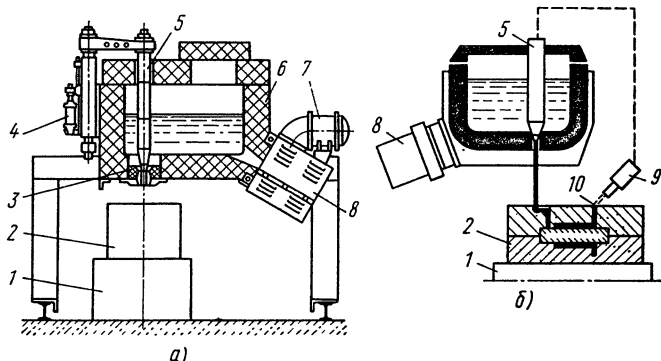


Рис. 9.8. Автоматическая установка для заливки литейных форм на подвижном конвейере:

a — устройство, *б* — принцип действия; 1 — литейный конвейер, 2 — форма, 3 — стакан стопорного устройства, 4 — пневмоцилиндр, 5 — стопор, 6 — миксер, 7 — вентилятор, 8 — каналный индуктор, 9 — радиационный пирометр, 10 — выпор литейной формы

Автоматическая заливка литейных форм. На рис. 9.8 показаны устройство и принцип действия автоматической заливочной установки, которая допускает заливку форм на пульсирующем и непрерывно движущемся литейном конвейере. Расплав содержится в миксере 6 и выпускается из него в форму через отверстие стопорного стакана 3, расположенного в днище миксера. Определенная скорость заливки задается диаметром выпускного отверстия, а ее длительность — длиной пути синхронного перемещения литейного конвейера и заливочной установки. Автоматический контроль массы заливаемого в форму расплава осуществляется радиационным пирометром 9, чувствительным к тепловому излучению расплава в выпоре 10 формы 2, находящейся на тележке литейного конвейера 1. Фиксируя окончание процесса заливки, радиационный пирометр подает сигналы на механизм автосцепки конвейера с заливочной установкой, а также соленоидам и пневмоцилиндру 4 на опускание стопора 5 для прекращения выпуска расплава из миксера.

Миксер рассчитан на 2,7 т расплава, который непрерывно подогревается каналным индуктором 8, снабженным охлаждательным вентилятором 7, что обеспечивает постоянную (заданную) температуру заливки и отсутствие намерзания расплава. Заливочная установка проста по устройству и компактна. Кнопочная система

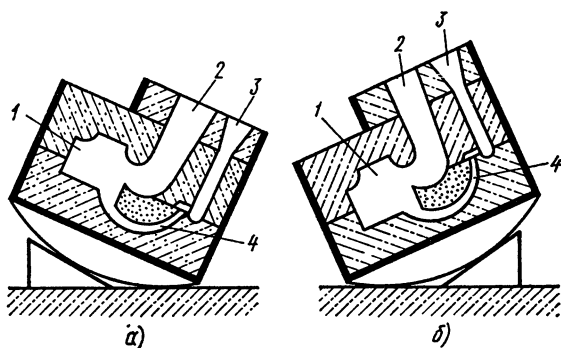


Рис. 9.9. Заливка расплава в наклонную форму: *а* — положение формы при заливке, *б* — после заливки; 1 — отливка, 2 — выпор, 3 — стояк, 4 — питатель

управления предусматривает два режима работы — наладочный и автоматический, которые задает оператор с пульта.

Специальные способы заливки форм. Необходимость их применения обуславливается стремлением повысить качество отливок и снизить их себестоимость. Заливка в наклонную форму и последующее изменение ее положения (рис. 9.9) позволяют получать отливки с высокой плотностью, так как в этом случае создается наиболее благоприятный перепад температур, обеспечивающий направленное затвердевание отливки при ее формировании в литейной форме. Заливку в поворотную форму применяют при отливке коленчатых валов двигателя тепловоза массой 1450 кг из высокопрочного (модифицированного магнием) чугуна на

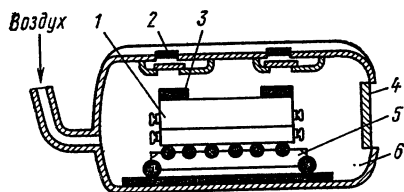


Рис. 9.10. Заливка литейных форм в автоклаве:

1 — форма, 2 — люк, 3 — литниковая чаша, 4 — дверца, 5 — тележка, 6 — автоклав

Коломенском тепловозостроительном заводе. Собранный форму для заливки устанавливают наклонно к горизонту на угол 7—8°, а после заливки поворачивают на 90°, с тем чтобы кристаллизация расплава протекала при вертикальном положении формы. Та-

кая заливка позволяет сократить число прибылей — сэкономить расплав на питание отливки.

В массовом и серийном производстве отливок ответственного назначения из алюминиевых сплавов массой до 500 кг применяют заливку литейных песчано-глинистых форм в автоклаве. Автоклавом (рис. 9.10) называют камеру, в которой может быть создано повышенное давление. Форма вводится в автоклав через дверцу таким образом, чтобы ее литниковые чаши оказались под люками автоклава. После заливки формы дверца и люки герметично закрываются, после чего в автоклаве создается давление 0,6 МПа за счет введения в него сжатого воздуха. Такое давление поддерживается до полного затвердевания отливки, после чего давление снижают до атмосферного, а установленную на тележке форму выкатывают через дверцу и заменяют новой. Заливка в автоклаве полностью устраняет брак отливок по газовой пористости, характерной при литье алюминиевых сплавов.

Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование и приспособления, применяемые при переливе расплавов и их заливке в литейные формы, укажите области их применения и назначения.

2. Назовите типы разливных ковшей, укажите особенности их устройства и области применения.

3. Укажите условия, соблюдение которых при заливке форм расплавом обеспечивает получение качественных отливок.

4. Укажите температуры расплавов при их заливке в литейные формы при получении отливок из чугуна, стали и сплавов цветных металлов. Какими приборами контролируется температура литейных расплавов?

5. Назовите специальные способы заливки форм расплавом, отметьте их преимущества и области применения.

6. Опишите устройство и принцип действия автоматической заливочной установки (по рис. 10.8).

10. ВЫБИВКА, ОЧИСТКА, ОБРУБКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК

10.1 ВЫБИВКА ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

В процессе выбивки необходимо разрушить разовую литейную форму с целью освобождения отливки. Во избежание искажения конфигурации, образования трещин и других дефектов отливок выбивка должна произво-

даться только после завершения процессов кристаллизации расплава и формирования отливок в форме. Практический опыт показывает, что чугунные отливки можно извлекать при температурах: мелкие — 700—800 °С, средние — 400—500 °С, крупные — 300—400 °С. Отливки из бронзы выбивают из форм при температуре 300—500 °С, алюминиевые — при 200—300 °С, магниевые — после охлаждения до 100—150 °С.

Продолжительность охлаждения отливок в разовых песчано-глинистых формах зависит от их массы, толщины стенок и составляет от 10—15 мин до 24 ч и более. С целью сокращения этого времени используют принудительное охлаждение отливок (водой, воздухом, их смесью).

В современных механизированных и автоматизированных литейных цехах охлаждение отливок осуществляется в специальной зоне охлаждения литейного конвейера, снабженной охладительным кожухом, длина которого в зависимости от размеров форм и массы отливок составляет 36—60 м.

Выбивка форм является одной из самых тяжелых и вредных операций в литейном производстве, так как сопровождается выделением большого количества пыли, теплоты и газов. Поэтому механизация и автоматизация работ по выбивке являются первоочередными задачами.

Основным видом оборудования для механизации выбивки отливок из форм являются механические выбивные решетки. Выбивная решетка представляет собой решетчатую раму, опирающуюся на амортизаторы и приводимую в колебательное движение механизмами различного типа.

Под действием вибрации формовочная смесь выбивается из опоки и проваливается сквозь щели решетки вниз на конвейер, а освободившаяся отливка и пустая опока остаются на решетке. Для выбивки мелких, средних и крупных форм используют соответственно эксцентриковые, инерционные (см. рис. 10.1,а) и ударные инерционные решетки, причем последние часто собирают в блоки из нескольких единичных решеток (см. рис. 10.1,в,г). Решетки снабжены системами укрытия, отсоса пыли и газа.

В современных литейных цехах широко используют автоматические выбивные устройства, которые осуществляют не только выбивку, но и распаровку верхних и нижних опок, установку их на конвейеры и возвращение

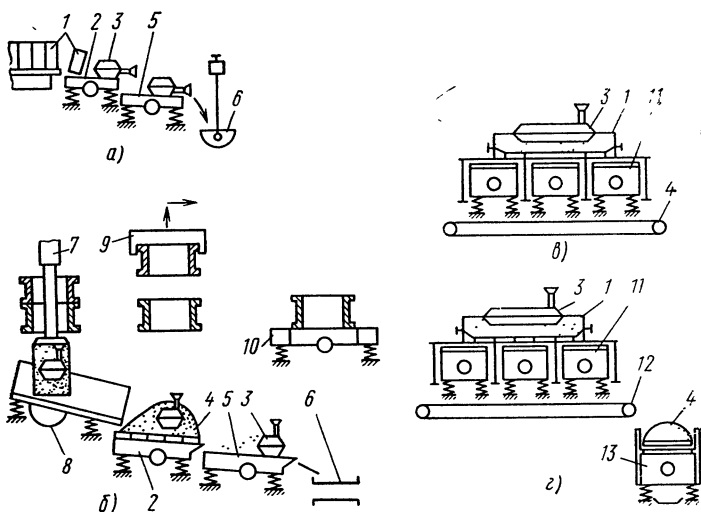


Рис. 10.1. Схемы автоматической выбивки форм:

а — выбивка отливок безопочных форм, *б* — выбивка отливок из опочных форм, *в* — выбивка крупных форм, *г* — выбивка форм из ЖСС; 1 — форма, 2, 5 — выбивные решетки, 3 — отливка, 4 — формовочная смесь, 6 — конвейер, 7 — прошивной пресс, 8 — передаточный механизм, 9 — распаровщик опок, 10 — выбивная рама, 11 — блок ударных выбивных решеток, 12 — передаточный механизм, 13 — инерционная выбивная решетка

к формовочным машинам, дальнейшую транспортировку отливок.

В зависимости от технологии изготовления литейной формы и ее свойств, а также массы отливки используют разновидности автоматической выбивки форм, схематически показанные на рис. 10.1. Выбивные устройства для безопочных форм являются продолжением линии автоматической безопочной формовки и заливки. Процесс выбивки на них складывается из операций разрушения формы, дробления смеси, извлечения и транспортирования отливок. Операция разрушения формы 1, дробления смеси 4 (рис. 10.1, *а*) начинается на выбивной решетке 2 и заканчивается на второй выбивной решетке 5. Транспортирование отливок 3 осуществляется в люльках подвешенного конвейера 6, куда отливки загружаются при открытии откидного борта выбивной решетки 5.

Выбивка пресованных опочных форм осуществляется с помощью прошивного пресса 7 (рис. 10.1, *б*). Пере-

даточным механизмом 8 ком смеси с отливкой поступает на инерционную выбивную решетку 2 для его дробления. Передача отливки на пластинчатый (или подвесной) конвейер 6 осуществляется через выбивную решетку 5, распаривание опок — распаровщиком 9. Каждая опока идет на формовку по своей линии, проходя операцию очистки на выбивной раме 10.

Крупные формы, изготовленные из смеси, прочность которой не превышает 50—100 кПа, выбивают по схеме, представленной на рис. 10.1,в. Каждую опоку устанавливают на опорные балки блока 11 ударных выбивных решеток, которые наносят снизу удары по опоке, производя одновременное разрушение формы и дробление смеси. Отливку вынимают из опоки с помощью мостового крана. При выбивке форм, изготовленных из прочных смесей, например ЖСС, каждую опоку (рис. 10.1,г) устанавливают на опорные балки блока 11 ударных выбивных решеток, которые отличаются от решеток схемы рис. 10.1,в тем, что имеют размеры ячеек в несколько раз больше, равные размерам крестовин опоки. Крупные куски смеси беспрепятственно проходят через ячейки ударных решеток и с помощью передаточного механизма 12 подаются на дробление в инерционную выбивную решетку 13.

Применение автоматических установок для выбивки отливок, снабженных системами отсоса пыли и газа, позволяет значительно улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

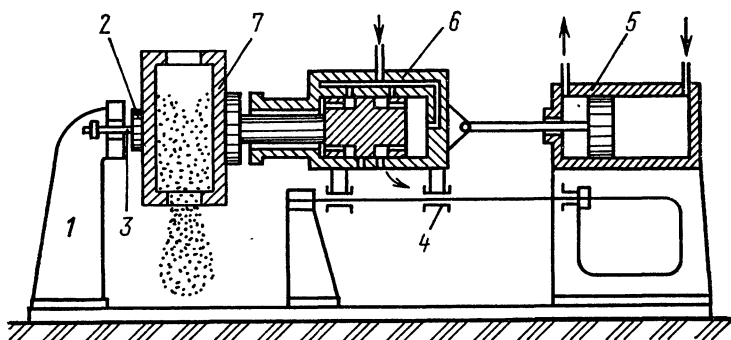


Рис. 10.2. Пневматический вибрационный станок для выбивки стержней:

1 — упор, 2 — прижимная планка, 3 — пружина, 4 — направляющие; 5 — толкатель, 6 — вибратор, 7 — отливка

Отливки, извлеченные из форм, в зависимости от температуры подвергают охлаждению или отправляют на выбивку стержней. Легче других удаляются стержни на основе органических связующих, труднее — песчано-глинистые стержни и стержни, изготовленные из смесей на жидком стекле.

Стержни из сложных мелких и средних по массе отливок удаляют на пневматических вибрационных машинах (рис. 10.2).

Выбивку стержней из средних и крупных отливок со сложными внутренними полостями осуществляют в гидрочистных камерах, преимущество которых является отсутствие пыли и резкое сокращение времени очистки. Промытый и разделенный по фракциям песок может быть вновь использован в производстве.

Удаление стержней и остатков формовочной смеси из отливки осуществляется под действием энергии водяной струи, выбрасываемой под давлением до 30 МПа из сопла небольшого (4—8 мм) диаметра (рис. 10.3). Для удобства всесторонней очистки крупных отливок выполняют камеры с поворотным столом.

Для выбивки из отливок стержней с высокой прочностью и для улучшения условий труда на этой операции применяют электрогидравлические установки периодического и непрерывного действия. Принцип действия их основан на создании в воде высоковольтного электрического разряда между отливками в контейнере и специальным электродом.

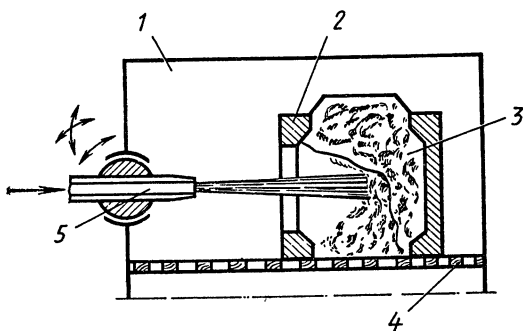


Рис. 10.3. Схема гидравлического способа удаления стержней

1 — гидравлическая очистная камера, 2 — отливка, 3 — стержень, 4 — дно камеры с отверстиями для стока размытой смеси (пульпы), 5 — сопло

Возникающие ударные волны вызывают интенсивную вибрацию отливок, разрушая стержни. Интенсивное перемещение жидкости в зоне разряда обеспечивает эффективное удаление остатков разрушенных стержней из отливок. Производительность электрогидравлических установок составляет от 3 до 12 т чугунных отливок в час.

10.2. ОБРУБКА И ОЧИСТКА ОТЛИВОК

После выбивки из форм и удаления стержней отливки подвергают предварительному контролю, выявляя имеющиеся явные дефекты, такие, как незаливки, нарушения геометрических форм, вызванные сдвигом стержней или одной опоки относительно другой. Годные отливки обрубают и очищают в очистном отделении цеха.

Процесс обрубки заключается в отделении от отливки прибылей, литников, выпоров, в удалении облоев (залитов) по месту разъема полуформ или в области стержневых знаков.

Прибыли и выпоры от чугунных и стальных отливок отрезают с помощью ленточных пил, ножовочных и дисковых станков, газовой резкой, скалыванием.

Для отделения литников применяют различные прессы — фрикционные, кривошипные, гидравлические. При рабочем ходе пресса пуансон срезает питатели и отливки отделяются от стояка.

Ленточные и дисковые пилы широко используют для обработки отливок из алюминиевых, магниевых и медных сплавов. Для этой цели используют и эксцентрикковые прессы-кусачки.

При литье по выплавляемым моделям отделение отливок от общего стояка производят на вибрационных установках, абразивными кругами и анодно-механической резкой, а также с помощью специальных гидравлических прессов. В этом случае стояк с отливками продавливается через отверстие матрицы, снабженной острой режущей кромкой.

Для удаления пригоревшей формовочной смеси и улучшения их поверхности обрубленные отливки подвергают очистке галтовкой, металлическим песком, дробью, электрохимической и ультразвуковой обработкой.

Очистку отливок галтовкой осуществляют в барабанах периодического и непрерывного действия. Отливки,

подлежащие очистке, загружают во вращающиеся металлические барабаны вместе с материалами, ускоряющими очистку и улучшающими ее качество: бой абразивных кругов, чугунная и стальная дробь, звездочки, отлитые из белого чугуна, в количестве, составляющем 30—35% от массы отливок. При вращении барабана отливки вместе с абразивным материалом перекатываются внутри барабана, трутся друг о друга, подвергаются сотрясениям, в результате чего очищаются от пригоревшей формовочной смеси.

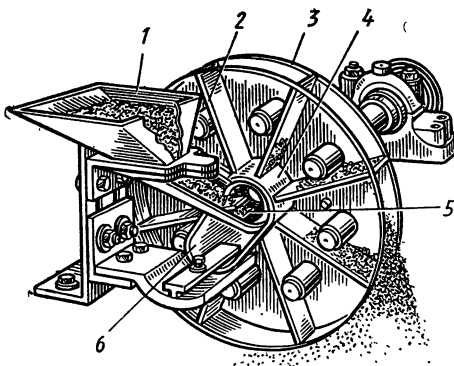


Рис. 10.4. Схема работы двухдискового дробеметного колеса:

1 — воронка с дробью, 2 — лопатки распределительного колеса, 3 — диски, 4 — распределительное колесо, 5 — лопатки рабочего колеса, 6 — окно для выхода дробы

Галтовочные барабаны используют для очистки мелких и средних несложных отливок. Наряду с очисткой в них одновременно осуществляется и выбивка стержней.

Для очистки труднодоступных полостей средних и крупных отливок используют гидropескоструйные и дробеструйные аппараты различной конструкции: барабаны, поворотные столы, специальные камеры. В них очищающим действием обладает направленная на отливку струя воды или воздуха с дробью или песком. Следует отметить, что дробеструйной очистке нельзя подвергать отливки из медных сплавов, так как это ухудшает качество их поверхности.

Основным способом очистки является дробеметная обработка, которой подвергаются более 80% производимых отливок. Она производится на специальном оборудовании, к которому относятся барабаны периодического и непрерывного действия, дробеметные столы, проходные камеры полуавтоматические и автоматические, комплексно-механизированные линии, на которых кроме очистки выполняются окраска и сушка отливок.

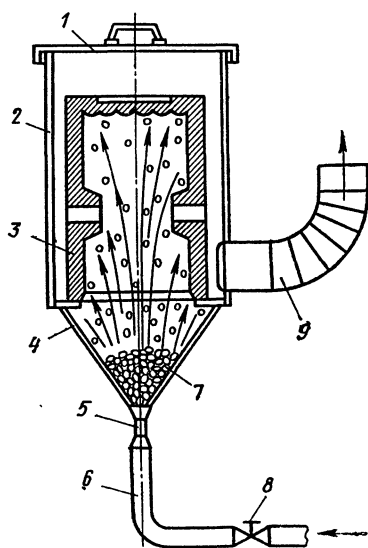
Действие дробеметных установок основано на использовании дробеметной головки, вращающейся со ско-

ростью до 3000 об/мин (рис. 10.4). Дробь из воронки 1 поступает на лопатки 5 распределительного колеса 4 и при его вращении выбрасывается через окна распределительного колеса на лопатки рабочего колеса 2. Под действием центробежных сил дробь скользит вдоль лопаток рабочего колеса и со скоростью 60—100 м/с веерообразным потоком выбрасывается на очищаемую отливку.

С учетом массы и характера очищаемых отливок выпускают дробеметные барабаны непрерывного (для условий серийного и массового производства отливок массой до 40 кг) и периодического действия (для единичного и мелкосерийного производства отливок массой 40—400 кг); дробеметные вращающиеся столы модели 353 для очистки тонкостенных отливок массой до 400 кг, а также дробеметные камеры для очистки средних и крупных стальных отливок в цехах с мелкосерийным и единичным характером производства.

Для очистки отливок с глубокими внутренними карманами и обширными полостями, в которые трудно направить струю дробы из дробеметного аппарата, применяют дробеструйную очистку. Она позволяет очищать не только наружные поверхности отливок, но и внутренние полости, недоступные при очистке иным способом.

Схема дробеструйной очистки приведена на рис. 10.5.



Отливку 3 устанавливают на упор в нижней цилиндрической части дробеструйного аппарата 2, закрываемого крышкой 1 с резиновой прокладкой. Нижняя часть аппарата имеет воронку 4, к которой через сопло 5 по резиновому шлангу 6 подводится сжатый воздух давлением 500—600 кПа. Остроугольная измельченная дробь 7 загружа-

Рис. 10.5. Схема дробеструйной очистки:

1 — крышка, 2 — дробеструйный аппарат, 3 — отливка, 4 — воронка, 5 — сопло, 6 — шланг, 7 — дробь, 8 — кран, 9 — вытяжная вентиляционная система

ется в аппараты до установки отливки. Краном 8 включается сжатый воздух, создающий непрерывный поток дробы на очищаемые поверхности отливки. Пыль удаляется вентиляционно-вытяжной системой 9.

Применительно к специальным способам литья, когда к чистоте поверхности отливок предъявляются повышенные требования, применяют вибрационный, химический, электрохимический и ультразвуковой способы очистки. Эти способы более дорогие; их применяют главным образом для очистки мелких отливок; они обеспечивают качественную очистку как наружных поверхностей, так и труднодоступных мест и внутренних полостей отливок.

Способы очистки постоянно совершенствуются и развиваются. В условиях массового и крупносерийного производства освоено автоматизированное очистное оборудование, встраиваемое в поточную систему финишных операций литейного цеха.

После очистки поверхностей отливок, обрубки заливов производят зачистку отливок для удаления с наружных поверхностей остатков прибылей и литников, мелких заливов, пригара и других неровностей. В зависимости от твердости отливок для зачистки применяют корундовые (для вязких сплавов—сталей, бронзы, алюминиевых) и карборундовые (для твердых сплавов) абразивные шлифовальные круги. Зачистку производят на стационарных, подвесных, переносных с гибким валом шлифовальных обдирочных станках, а также электроконтактным способом или газопламенной обработкой. В цехах массового производства операцию зачистки осуществляют на многшпиндельных автоматах и полуавтоматах.

Зачистка электроконтактным способом основана на оплавлении заусенцев и заливов при контакте поверхности отливок со стальным диском, вращающимся со скоростью около 40 м/с; к отливке и диску подведен электрический ток. Этот вид зачистки высокопроизводителен, легко механизуется и автоматизируется, улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

При зачистке газопламенными горелками происходит оплавление заливов, заусенцев, шлаковых включений и засоров. Широко используют и газоэлектрическую зачистку и резку на основе расплавления металла электрической дугой.

В настоящее время в производство широко внедряется высокомеханизированное и автоматизированное оборудование, а также поточные автоматические линии по зачистке отливок.

10.3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК

Термическую обработку применяют для снятия внутренних напряжений в отливках, выравнивания, измельчения и изменения их структуры в целях повышения прочности, пластичности, твердости, их эксплуатационной надежности. Термическая обработка основана на превращениях, происходящих в сплавах в твердом состоянии при изменении температуры.

Любая термическая обработка состоит из трех основных операций, следующих друг за другом: нагрева до определенной температуры, выдержки при заданной температуре и охлаждения с различной скоростью до комнатной температуры.

В зависимости от температуры, скорости охлаждения и продолжительности выдержки различают следующие виды термической обработки отливок: отжиг, нормализацию, закалку, отпуск. Выбор вида обработки определяется природой сплава, требованиями к свойствам отливок и возможностями каждого вида термической обработки.

Отжиг применяют для снятия внутренних литейных напряжений, повышения пластичности, уменьшения твердости, изменения структуры.

Нормализация отличается от отжига более высокой температурой нагрева и большей скоростью охлаждения. Этот вид термической обработки широко используют для измельчения структуры и повышения прочности и твердости.

Закалка характеризуется нагревом сплавов выше температуры фазовых превращений и быстрым охлаждением в воде, масле или в других жидкостях. При этом в сплавах фиксируются неравновесные структуры, повышающие механические свойства сплавов. После закалки для снятия внутренних напряжений выполняют рекристаллизационный отжиг.

Отпуск — это процесс длительной выдержки отливок при комнатной (естественное старение) или повышенной (искусственное старение) температуре с целью приближения их к равновесному состоянию. Отпуск при-

меняют, как правило, после закалки или нормализации. При этом повышаются пластические свойства отливок. Как самостоятельный процесс его используют для снятия внутренних термических напряжений.

Химико-термическая обработка характеризуется тем, что сплавы обрабатывают в средах, которые взаимодействуют с ними и насыщают их на определенную глубину, изменяя структуру, состав и свойства поверхностного слоя.

Контрольные вопросы

1. Какое оборудование применяют для выбивки форм и стержней?
2. Расскажите об автоматической выбивке форм.
3. Укажите методы и виды оборудования, применяемые для очистки отливок.
4. Какое оборудование применяют для отрезки литников и прибылей, обрубки и зачистки отливок?
5. Какие виды термической обработки применяют для улучшения свойств отливок из различных сплавов?

11. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ

11.1. КОКИЛЬНОЕ ЛИТЬЕ

Кокилем называют металлическую форму с естественным или принудительным охлаждением, используемую многократно и заполняемую расплавом под действием гравитационных сил.

Во многих случаях кокили имеют неметаллические части, обычно — песчаные стержни и вставки, однако большую часть поверхности отливки формируют металлические элементы кокиля, что существенно влияет на ее качество. К достоинствам кокильного литья относят:

1. Возможность многократного использования кокилей (до нескольких десятков тысяч заливок при литье алюминиевых сплавов и до нескольких сотен заливок — при литье чугуна).
2. Повышенная точность размеров (до 12—15-го классов СТ СЭВ 144—75) и малая шероховатость поверхности отливок (R_z 10—80 мкм), следствием чего является снижение объема обработки резанием и повышение коэффициента использования металла по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы.

3. Улучшение механических свойств металла отливок, особенно в поверхностном слое, вследствие быстрого охлаждения расплава при контакте с металлической формой и образованием при кристаллизации плотной, мелкозернистой структуры.

4. Высокая производительность труда и снижение стоимости изготовления отливок.

5. Сокращение потребности в производственных площадях и улучшение условий труда, связанное с уменьшением пыле- и газовыделений по сравнению с литьем в песчаные формы за счет полного или значительного исключения из производства песчаных формовочных и стержневых смесей.

6. Сокращение, а в ряде случаев практически полное исключение трудоемких и энергоемких операций очистки отливок, подготовки формовочных материалов и приготвления смесей, их транспортирования и регенерации.

7. Широкие возможности комплексной механизации и полной автоматизации процесса литья с использованием компактного, высокопроизводительного оборудования при одновременном обеспечении наиболее благоприятных условий труда.

К недостаткам кокильного литья следует отнести:

1. Трудоемкость и сравнительно высокую стоимость изготовления кокилей, резко возрастающую с увеличением размеров и конструктивной сложности получаемых отливок.

2. Быстрое охлаждение расплава при заполнении им металлической формы, что затрудняет получение тонкостенных отливок, особенно с протяженными стенками, а при литье чугуна вызывает опасность образования отбела — твердой и хрупкой структурной составляющей (цементита).

3. Неподатливость кокиля, могущая привести к образованию внутренних напряжений в отливках, а вследствие этого к возникновению коробления и даже трещин.

4. Ограниченные возможности отвода воздуха и газов из полости металлической формы.

5. Резкое снижение стойкости кокилей по мере увеличения массы отливок, особенно при литье сплавов с высокой температурой плавления, например сталей (табл. 11.1).

На стойкость кокилей помимо указанных выше факторов существенное влияние оказывают их устройство и

11.1. Стойкость литых кокилей из серого чугуна

Заливаемые сплавы	Температура заливки, °С ¹	Характеристика массы отливок	Стойкость кокилей (количество заливок)
Цинковые	420—480	Мелкие Крупные	Сотни тысяч Десятки тысяч
Алюминиевые	660—770	Мелкие Средние Крупные	Сотни тысяч Десятки тысяч Несколько тысяч
Магниевые	680—780	Мелкие Средние Крупные	Сотни тысяч Десятки тысяч Несколько тысяч
Медные	1000—1180	Мелкие Средние Крупные	1000—10 000 1000—8000 500—3000
Чугуны	1280—1400	Мелкие Средние Крупные	1000—5000 700—3000 200—1000
Стали	1420—1560	Мелкие Средние Крупные Очень крупные	400—700 100—300 40—100 10—50

¹ В зависимости от состава сплава, конфигурации и размеров отливки.

режимы работы (температура, наличие окраски рабочей поверхности, интенсивность охлаждения и др.).

Пооперационная схема изготовления отливки в механизированном кокиле показана на рис. 11.1. Кокиль с вертикальной плоскостью разъема состоит из поддона 1, двух симметричных раздвижных половин 2 и 3, а также металлического стержня 4. На позиции рис. 11.1,а показана подготовка кокиля к заливке. Половинки подогретого газовыми горелками до оптимальной температуры кокиля (147—180 °С) раздвигают и в зазор между ними опускают пульверизатор 5, с помощью которого на рабочую поверхность половинок кокиля и стержень наносят быстровысыхающую краску, образующую тонкий, равномерный слой огнеупорного защитного покрытия. Затем с помощью захвата манипулятора 6 проставляют

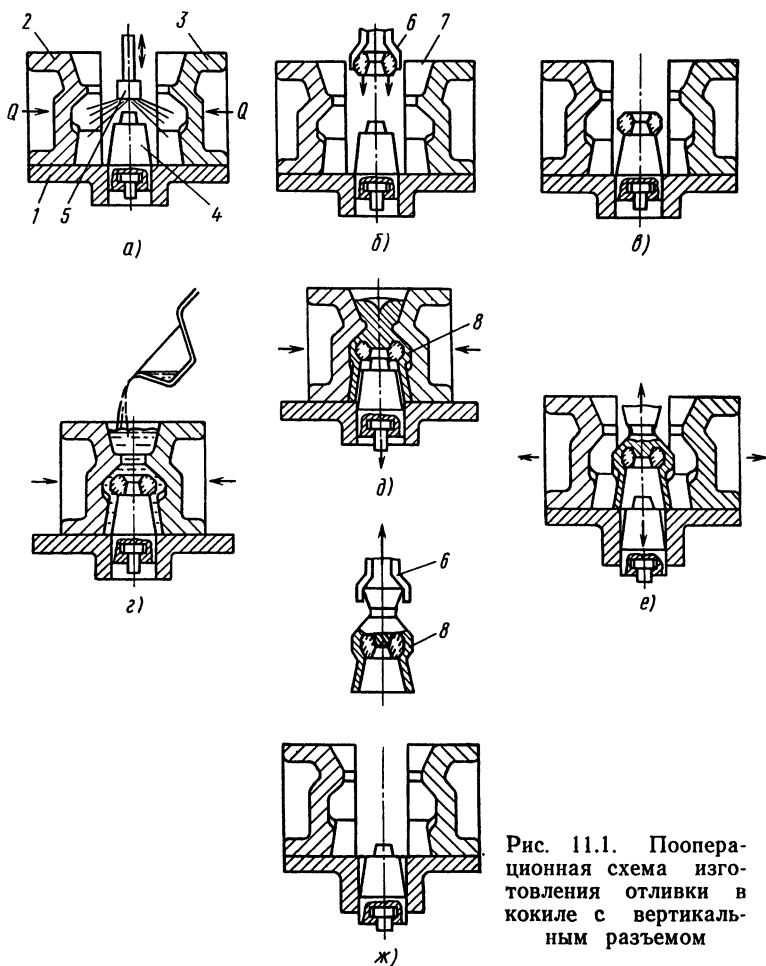
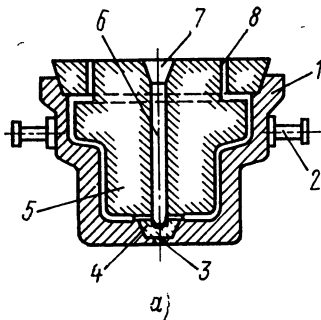


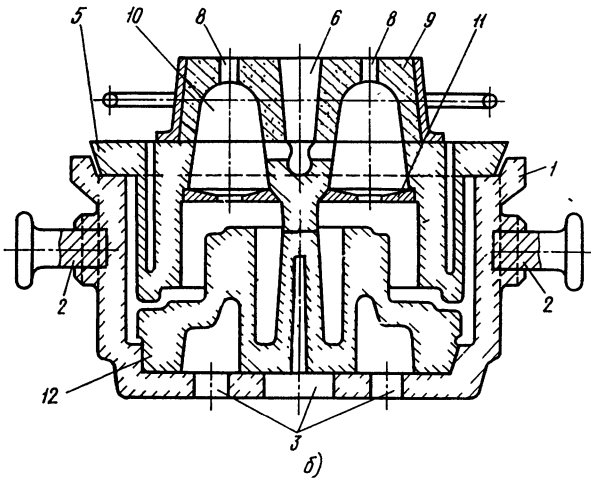
Рис. 11.1. Пооперационная схема изготовления отливки в кокиле с вертикальным разъемом

песчаный разовый стержень 7 (рис. 11.1, б, в). Он выполняет в отливке расширяющуюся полость, которую нельзя получить с помощью выемного металлического стержня 4. Далее половинки кокиля 2 и 3 сдвигают и производят заливку расплава (рис. 11.1, г). После застывания отливки 8 (рис. 11.1, д) и охлаждения ее в кокиле до оптимальной температуры происходит раскрытие половинок 2 и 3 (рис. 11.1, е), а также протяжка вниз стержня 4 (рис. 11.1, е). Отливка 8 захватом манипулятора 6 удаляется из кокиля (рис. 11.1, ж) и начи-

Рис. 11.2. Вытряхные
кокили для изготовле-
ния отливки:



a — алюминиевой, *б* —
стальной; *1* — корпус коки-
ля, *2* — цапфы для поворо-
та кокиля при выбивке
отливки, *3* — вентиляцион-
ные отверстия в кокиле,
4 — стержневая вставка
для оформления metallo-
приемника и питателей,
5 — стержень с верхним
грибовидным знаком, *6* —
стояк, *7* — литниковая воронка,
8 — выпоры, *9* —
надставка с экзотермиче-
ской смесью для обогрева
прибылей, *10* — легкоотде-
ляемая прибыль, *11* —
стержневая диафрагма,
оформляющая шейку при-
были, *12* — нижний стержень



нается подготовка кокиля к следующей операции заливки.

Кокили классифицируют по конструкции, материалу, из которых они изготовлены, степени механизации или автоматизации основных, а также вспомогательных операций при работе кокиля, методам их охлаждения и назначению.

По конструктивным признакам кокили разделяют на неразъемные — вытряхные (рис. 11.2, *a, б*), а также разъемные — с вертикальным, горизонтальным и комбинированным разъемом (рис. 11.1, 11.3, 11.4 соответственно). Разъемы кокиля могут быть плоскими и криво-

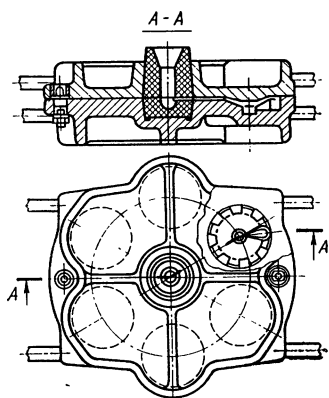


Рис. 11.3. Шестиместный кокиль с горизонтальным разъемом

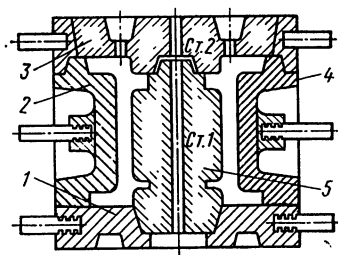


Рис. 11.4. Кокиль с комбинированным разъемом (двумя горизонтальными и вертикальным):

1 — нижняя часть кокиля; 2 — левая часть кокиля, 3 — подставка с песчаным стержнем, оформляющим верхнюю часть отливки в литниковую систему, 4 — правая часть кокиля, 5 — центральный песчаный стержень

линейными (рис. 11.5). Если при раскрытии кокиля одна из его половин либо обе поворачиваются вокруг общей оси, разъем называют створчатым (рис. 11.6). Различают также цельнометаллические кокили со стержнями (рис. 11.7) и без стержней (рис. 11.8), комбинированные — с песчаными стержнями и вставками (см. рис. 11.2; 11.4). В ряде случаев, когда к качеству поверхности и размерной точности внутренних полостей отливок предъявляются повышенные требования, стержни изготавливают оболочковыми (полыми) из песчано-смоляных смесей (рис. 11.9) либо керамическими.

При малой серийности выпускаемых отливок вне зависимости от их размеров кокили обычно выполняют одноместными, а в условиях крупносерийного и массового производства мелких (массой до 1—2 кг) отливок в большинстве случаев используют многоместные кокили (рис. 11.3; 11.10). Крупные (до 500—1000 кг) и очень крупные (до 12—15 т) отливки изготавливают только в одноместных кокилях. Имеется опыт применения податливых и газопроницаемых кокилей, собираемых из стальных пластин или проволочных элементов (рис. 11.11). Кокили, предназначенные для работы на кокильных машинах, автоматах и автоматических линиях, снабжаются специальными охлаждающими или нагревательными устройствами, с помощью которых поддерживается оптимальная температура кокиля.

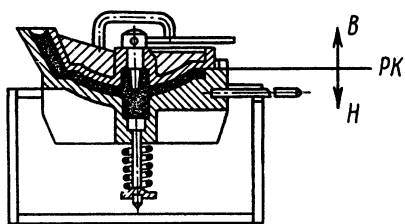


Рис. 11.5. Кокиль с криволинейным разъемом

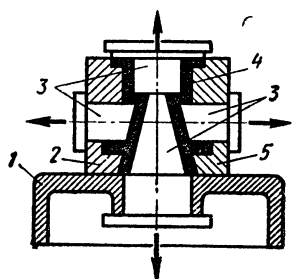


Рис. 11.7. Целнометаллический кокиль со стержнями:

1 — плита основания кокиля, 2 — левая полуформа, 3 — металлические стержни, 4 — отливка, 5 — правая полуформа

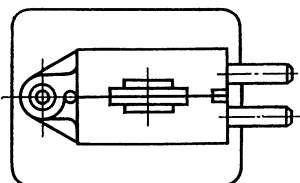
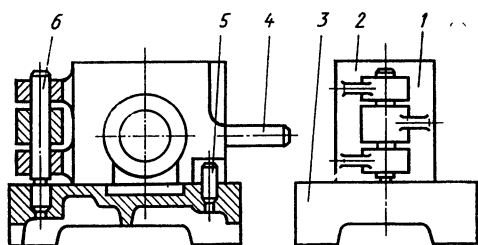


Рис. 11.6. Кокиль со створчатым разъемом:

1 — полуформа левая, 2 — полуформа правая, 3 — плита, 4 — ручка ввертная, 5 — штифт цилиндрический, 6 — колонка

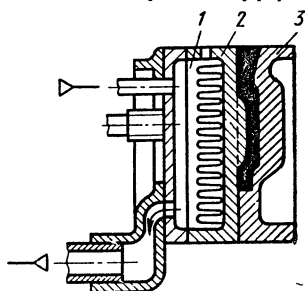


Рис. 11.8. Целнометаллический кокиль без стержней с принудительным охлаждением левой полуформы:

1 — полость в левой полуформе для подачи в нее охлаждающей воды, 2 — левая полуформа, 3 — правая полуформа

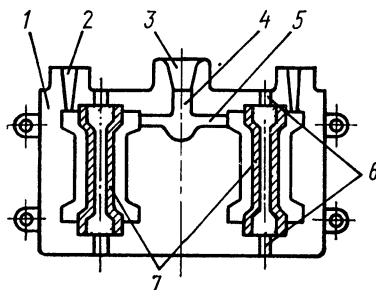


Рис. 11.9. Двухместный кокиль с полыми (оболочковыми) стержнями из песчано-смоляной смеси:

1 — кокильная полуформа, 2 — выпор, 3 — литниковая воронка, 4 — стояк, 5 — питатель, 6 — отверстия в кокиле для удаления газов из полости формы, 7 — оболочковые стержни

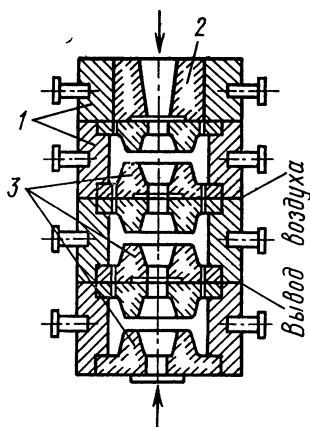


Рис. 11.10. Трехместный кокиль для стопочной заливки:
 1 — части сборного кокиля,
 2 — стержень, оформляющий
 литниковую воронку, 3 —
 стержни, оформляющие вну-
 тренние контуры отливки и
 часть стояка

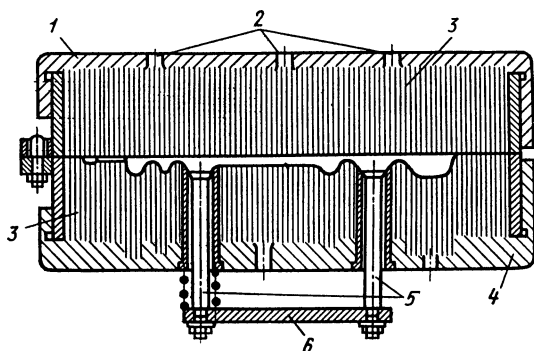


Рис. 11.11. Податливый и газопроницаемый кокиль, собран-
 ный из стальных пластин:

1 — обойма верхней части формы, 2 — вентиляционные отверстия в обойме, 3 — стальные пластины, образующие тело кокиля, 4 — обойма нижней части формы, 5 — выталкиватели, 6 — плита выталкивателей

Специальные механизмы кокильных машин обеспечивают закрытие и раскрытие кокиля, извлечение из отливки стержней, выталкивание ее, съем с машины и передачу на операцию охлаждения и обрезки литников.

Материалы для изготовления кокилей должны быть термостойкими, т. е. хорошо выдерживать, не деформируясь и не разрушаясь, многократно повторяющиеся изменения температур, обладать высокими механическими свойствами, окалинотойкостью, не претерпевать разрушительных структурных изменений при длительном пре-

бывании в нагретом состоянии, что особенно важно для частей кокиля, непосредственно соприкасающихся с расплавом. Основные наиболее сложные части кокилей изготавливают литьем, поэтому материалы для кокилей должны обладать хорошими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, малой усадкой, повышенной стойкостью против образования трещин). Необходима также хорошая обрабатываемость резанием, так как детали кокилей подвергаются механической обработке. Наиболее часто кокили изготавливают из серого чугуна марок СЧ20 и СЧ25, высокопрочного — марок ВЧ42—12 и ВЧ45—5, а также из конструкционных низко- и среднеуглеродистых сталей марок 15Л, 20Л, 25Л, низколегированных сталей, например 15ХМЛ. Для простых по форме деталей, например плит, применяют деформированные стали марок 10, 20, Ст. 3.

Находят применение и водоохлаждаемые алюминиевые кокили с анодированной поверхностью. Для изготовления таких кокилей обычно используют сплавы АЛ9 и АЛ11. Медь и ее сплавы применяют для выполнения в кокилях вставок, обеспечивающих интенсивное охлаждение отдельных частей отливки. Стержни, оформляющие глубокие полости отливок и испытывающие значительное тепловое воздействие расплава, часто выполняют из легированных сталей (например, 30ХГС, 35ХГСА, 4Х5МФС), а выталкиватели, испытывающие ударные нагрузки, — из углеродистых инструментальных сталей марок У8А и У10А.

Для нанесения огнеупорных покрытий на рабочие поверхности кокилей, соприкасающиеся с расплавом, используют обычно водные суспензии, содержащие порошок огнеупорной основы и связующее. Например, для литья алюминиевых сплавов применяют состав (% мас.) из порошка оксида цинка — 15, пылевидного прокаленного асбеста — 5, жидкого стекла — 3, воды — 77; для чугунного литья — из пылевидного кварца — 10—15, жидкого стекла — 3—5 и воды — 87—80; для стального литья — из порошков циркона, муллита, оксида хрома, корунда — 30—40, жидкого стекла — 5—9, борной кислоты — 0,7—0,8 и воды, добавляемой до получения краски плотностью 1,1—1,22 г/см³.

Слой огнеупорного покрытия защищает рабочую поверхность кокиля от непосредственного воздействия заливаемого расплава, уменьшает скорость ее нагрева и перепад температур по толщине кокиля, что приводит к

снижению внутренних напряжений в нем. В результате стойкость кокилей значительно повышается. Изменяя толщину слоя покрытия и состав огнеупорной основы краски, можно в широких пределах регулировать интенсивность теплового взаимодействия между расплавом или отливкой и кокилем, улучшать заполняемость полости кокиля, обеспечивать направленное затвердевание отливки. Толщина слоя покрытия может составлять от 0,01—0,05 мм (на рабочих поверхностях и металлических стержнях кокиля) до нескольких миллиметров на частях его, оформляющих литниково-питающую систему (литниковых воронках, стояках, коллекторах, питателях, выпорах, прибылях). В крупных кокилях эти части иногда вместо окраски оклеиваются листовым асбестом. Большое термическое сопротивление толстослойного огнеупорного покрытия в литниково-питающих системах приводит к значительному снижению интенсивности отвода теплоты от расплава к стенкам кокиля, в результате чего заливаемый металл сохраняет текучесть и хорошо заполняет полость формы, а утепленные прибыли являются надежным резервом питания массивных частей отливки, охлаждение которых за счет более активного теплового взаимодействия со стенками кокиля происходит быстрее.

Заполняемость кокиля зависит также от литейных свойств сплава и степени его перегрева, температуры кокиля при заливке и конструкции литниковой системы. При литье алюминиевых и магниевых сплавов, легко окисляющихся на воздухе, необходимо обеспечить спокойное (ламинарное) течение расплава, без перемешивания струй, образования завихрений в потоке и замешивания в него воздуха. Это обеспечивается сифонным (снизу) подводом расплава, чем и объясняется значительное число таких конструкций в приведенных на рис. 11.12 схемах. Для снижения скорости потока расплава от стояка к питателю и спокойного заполнения полости формы при литье алюминиевых и магниевых сплавов применяют расширяющиеся литниковые системы, наиболее часто с соотношением сечений: $F_c : F_k : F_{\Pi} = 1 : 2 : 3$, где $F_c : F_k : F_{\Pi}$ — площади поперечных сечений стояка, коллектора и питателя соответственно.

При кокильном литье чугуна используют обычно суживающиеся (запертые) литниковые системы, например с соотношением сечений $F_c : F_k : F_{\Pi} = 1,25 : 1,15 : 1$. В зависимости от конфигурации, размеров отливки и поло-

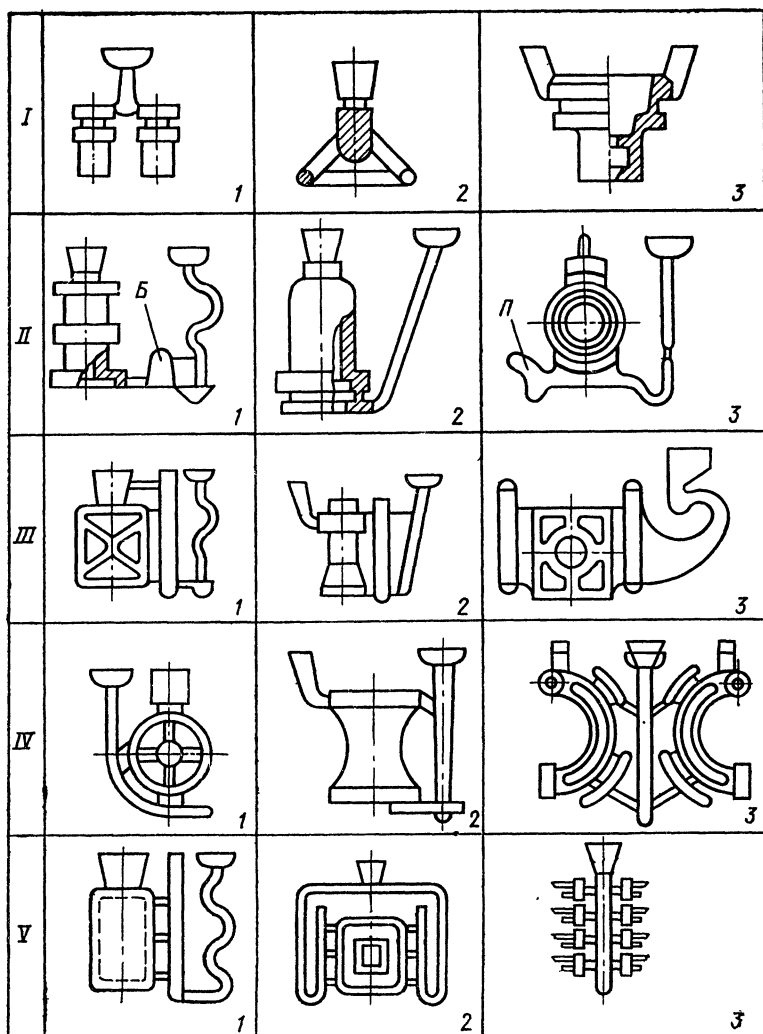


Рис. 11.12. Разновидности (1, 2, 3) конструкций литниково-питающих систем для кокильного литья алюминиевых и магниевых сплавов с подводом расплава:

I — сверху, II — снизу (сифоном), III — через вертикально-щелевой питатель, IV — комбинированным способом, V — через питатели, расположенные в несколько ярусов

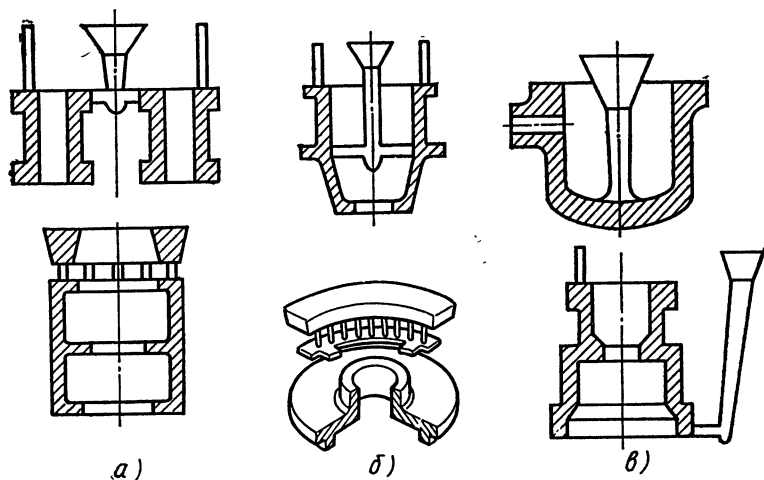


Рис. 11.13. Разновидности конструкций литниковых систем при литье в кокиль чугунных деталей с подводом расплава: *а* — сверху (через боковые питатели и «дождевые» литники), *б* — в среднюю часть отливки, *в* — в нижнюю часть отливки (сифоном)

жения ее в кокиле используют верхний, нижний, боковой (рис. 11.13) или комбинированный подвод расплава. Как видно из приведенных на этом рисунке схем, прибыли при кокильном литье чугунных отливок (особенно равностенных) обычно не применяют ввиду малой усадки серых чугунов.

Отличием литниковых систем для отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, линейная усадка которого (до 2%) значительно превышает усад-

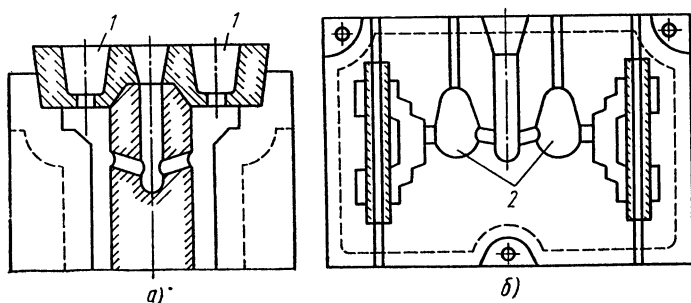


Рис. 11.14. Питание массивных узлов отливок: *а* — с помощью верхних открытых прибылей 1, выполненных в стержне, *б* — с помощью закрытых отводных прибылей (питающих бобышек 2)

ку серого чугуна (1—1,5%), является наличие бобышек и прибылей, обеспечивающих питание массивных узлов (рис. 11.14, *а, б*). Наиболее характерное соотношение сечений элементов литниковой системы: $F_c : F_k : F_n = 1 : (1,2—1,4) : 1,1$ обеспечивает спокойное заполнение полости формы расплавом и хорошее отделение неметаллических включений в коллекторе, где скорость движения металла невелика.

Плохие литейные свойства сталей: малая жидкотекучесть, значительная усадка, вызывающая опасность образования в отливках усадочных раковин, рыхлот, трещин, высокая температура заливки (до 1580 °С) во многом определяют конструкцию и способы выполнения литниковых систем. Минимальные тепловые потери расплава обеспечиваются выполнением их в песчаных стержнях (рис. 11.14, *а*), в отдельных случаях — заливкой форм непосредственно через прибыли (см. рис. 11.2, *б*). Наиболее часто в кокилях изготавливают отливки из конструкционных углеродистых сталей (марок от 20Л до 45Л), реже из легированных (110Г13Л).

Схема кокильного литья (см. рис. 11.1) показывает, что это малооперационный процесс, а каждая его операция кратковременна и сопоставима по продолжительности с другими. Вследствие этого упрощаются комплексная механизация и полная автоматизация процесса.

Кокильные машины разделяют на универсальные, пригодные для получения отливок различной конфигурации и из разных сплавов, и на специальные, предназначенные для массового производства однотипных отливок. Как универсальные, так и специальные машины могут быть одно-, двух- и трехпозиционными, а также многопозиционными. Многопозиционные машины обычно карусельные с числом позиций от 4 до 14—16. В массовом производстве имеется также опыт применения конвейерных кокильных линий.

Показанная на рис. 11.15 типовая машина для изготовления простых по форме отливок имеет кокиль с вертикальным разъемом, без стержней, направление выема которых не совпадает с направлением раскрытия кокиля. Машина состоит из станины 1, неподвижной 2 и подвижной 3 плит для крепления половин кокиля, направляющих колонок 4, по которым перемещается плита 3 с закрепленной на ней подвижной частью кокиля, гидропривода, размещенного за панелью 5, и пульта кнопочного управления работой машины 6.

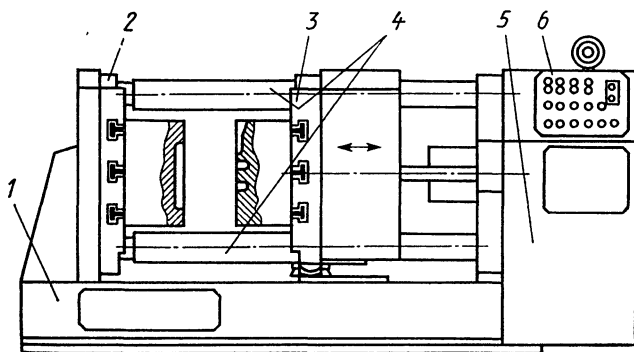


Рис. 11.15. Кокильная машина для изготовления отливок простой формы

Кокильная машина для отливки сложных по конфигурации деталей представлена на рис. 11.16. На станине 1 машины смонтированы левая 2 и правая 3 вертикальные плиты для крепления половин кокиля, опускающийся поддон 4 для установки стержня, протягиваемого вниз специальным механизмом 5, плита 6 с механизмом извле-

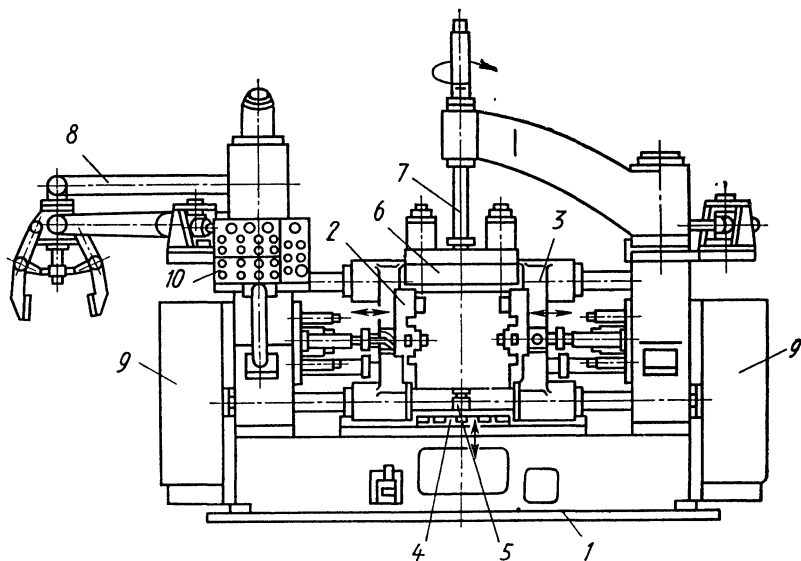


Рис. 11.16. Кокильная машина для отливки сложных по форме деталей

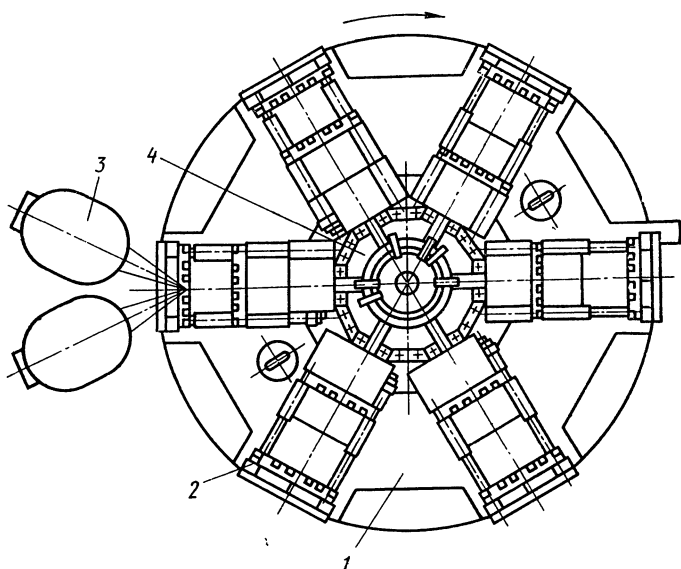


Рис. 11.17. Шестипозиционная карусельная кокильная машина модели 59К613:

1 — поворотный стол (карусель), 2 — кокильная секция, 3 — дозатор расплава, 4 — распределительная колонка гидропривода кокилей

чения верхнего стержня 7, поворотный съемник отливок 8, гидрпанели 9 приводов левой и правой половин кокиля, а также пульт управления 10.

Серия универсальных однопозиционных кокильных машин (восемь различных моделей) выпускается Тираспольским заводом литейного машиностроения имени С. М. Кирова. Машины предназначены для изготовления отливок из черных и цветных сплавов в цехах серийного и массового производства с использованием кокилей, имеющих вертикальную плоскость разъема. Количество подвижных плит — от 2 до 5, размер кокилей в плоскости разъема на различных моделях машин составляет от 500×400 до 800×630 мм, количество заливаемого расплава (по алюминиевым сплавам) — от 16 до 40 кг, усилие выталкивания отливки — от 50 до 120 кН.

Тем же заводом выпускается шестипозиционная карусельная машина модели 59К613 (рис. 11.17) для изготовления мелких отливок из черных и цветных сплавов (массой по алюминиевому сплаву до 10 кг), предназначенная для работы в автоматическом, полуавтоматическом

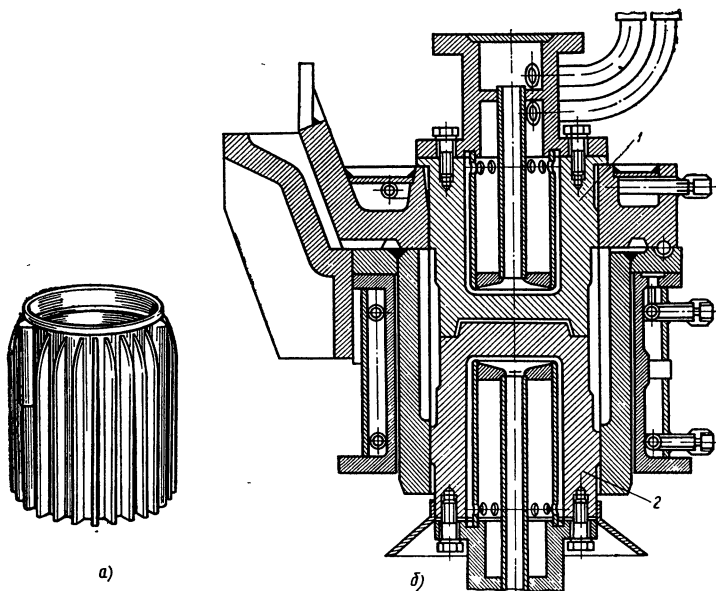


Рис. 11.18. Станина электродвигателя (а) и водоохлаждаемый кокиль для ее изготовления (б)

ком и пооперационном режимах. Усилия раскрытия кокиля и выталкивания отливки составляют 49 кН, максимальные размеры кокиля в плоскости разъема 500×400 мм, производительность до 180 заливок в час. Карусельные кокильные машины, в которых совмещается выполнение основных операций, отличаются высокой производительностью, в связи с чем их наиболее часто используют в поточно-массовом производстве и выполняют специализированными, предназначенными для изготовления отливок одного типа, например поршней автомобильных двигателей из алюминиевого сплава, корпусов чугунных кранов, крышек электродвигателей, отопительных радиаторов.

На рис. 11.18,а показана чугунная станина электродвигателя массой около 30 кг, отлитая в водоохлаждаемом кокиле (рис. 11.18,б), а на рис. 11.19 — общая схема основных агрегатов комплексно-автоматизированной линии, предназначенной для отливки указанной детали. В составе линии два раздаточных миксера для подачи дозированной порции расплава в двухпозиционные заливочные уста-

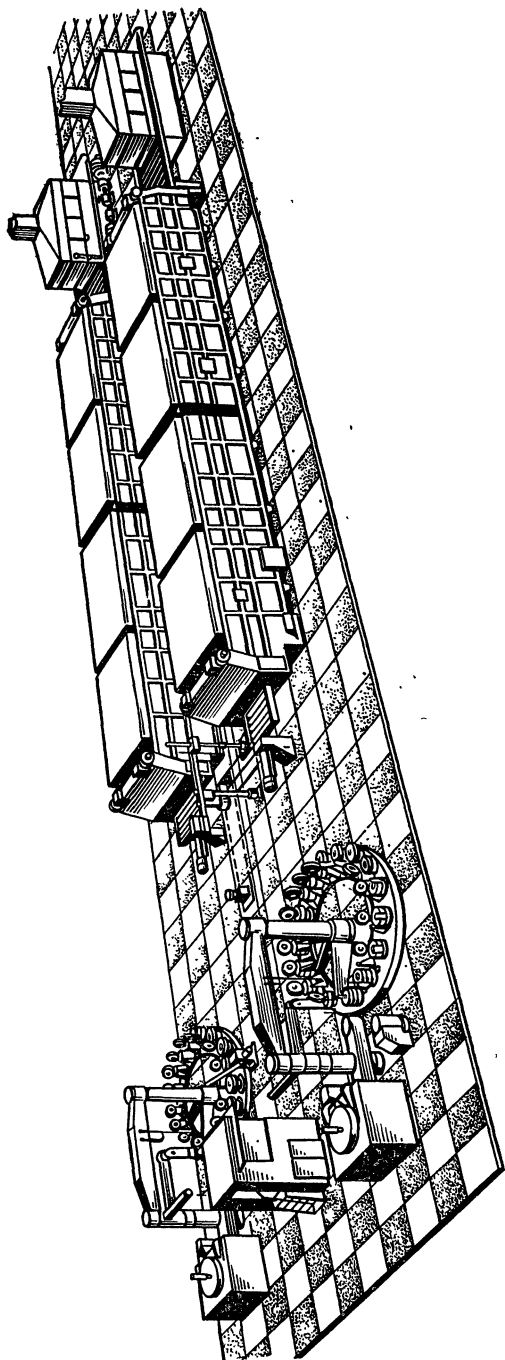


Рис. 11.19. Общий вид комплексно-автоматизированной линии для отливки станин электродвигателя

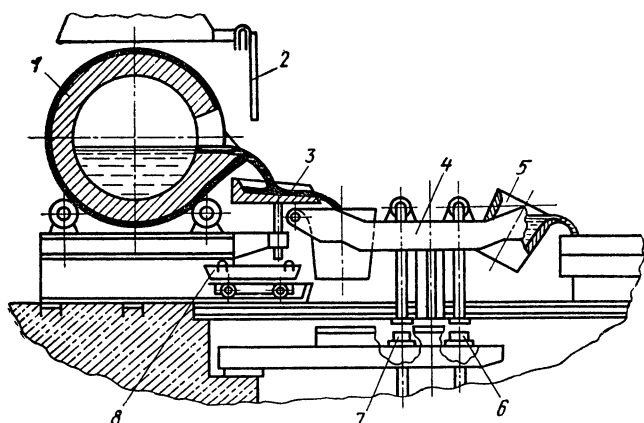


Рис. 11.20. Двухковшовая заливочная установка:

1 — миксер с газовым обогревом, 2 — экран для защиты работающих от теплового излучения, 3 — желоб, 4 — рама с ковшами, 5 — заливочный ковш, 6, 7 — гидроцилиндры поворота ковша, привода поворотной рамы, 8 — изложница для слива остатков чугуна из ковша после возвращения его с позиции заливки

новки, состоящие из поворотной консоли и двух закрепленных на противоположных концах ее заливочных ковшей; две 16-позиционные карусельные машины; два агрегата отжига и охлаждения отливок (вспомогательные и транспортные устройства на схеме не показаны). Производительность линии 100 отливок массой 27—32 кг в час. Мерная доза расплава подается из миксера в ковш, после чего поворотом консоли на 180° он перемещается на позицию заливки; одновременно находившийся на этой позиции опорожненный ковш поступает к миксеру за следующей порцией расплава. Общий вид двухковшовой заливочной установки показан на рис. 11.20. Карусель кокильной установки периодически поворачивается на одну позицию и к заливочному устройству подходит собранный кокиль. После заливки последовательно извлекаются (см. рис. 11.18, б) нижний 2 и верхний 1 стержни, происходит раскрытие кокиля, извлечение отливки и отделение от них литников. Отливки передаются к термическим агрегатам, проходят отжиг и охлаждаются. После удаления отливок кокиль обдувается сжатым воздухом, а рабочая поверхность его частей защищается от воздействия расплава нанесением как краски на основе пылевидного кварца, так и слоя копоти (образующейся при

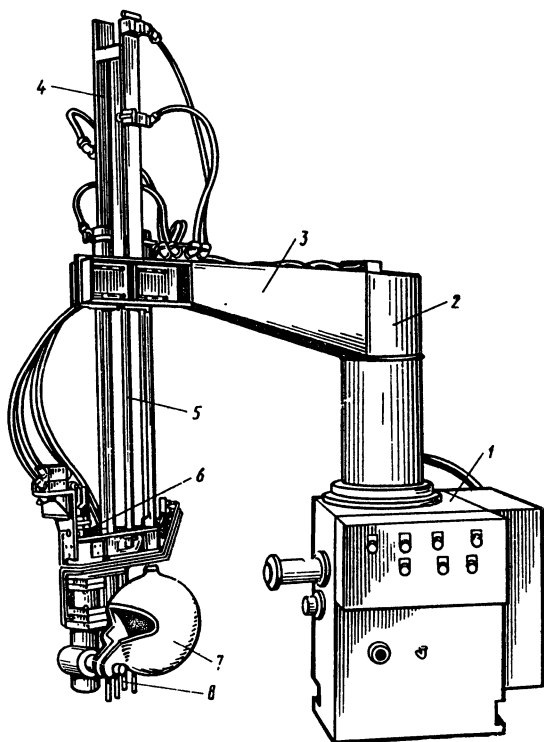


Рис. 11.21. Автоматический ковшовый дозатор расплава:

1 — станина установки со шкафом приборов автоматического управления, 2 — ось консоли, 3 — консоль, несущая ковш дозатора и устройства для его вертикального перемещения и поворота, 4 — рама гидропривода, 5 — направляющие вертикального перемещения ковша, 6 — механизм поворотного устройства ковша, 7 — ковш-дозатор, 8 — датчики уровня металла

сжигании ацетилена). Оптимальная температура стенок кокиля в процессе его работы составляет 200—250°C. Расплав в миксеры-дозаторы 1 поступает от плавильных печей, например вагранок, в ковшах по монорельсу.

В наиболее современных автоматических комплексах кокильного литья используют ЭВМ, осуществляющие по заданной программе управление всеми основными и вспомогательными операциями процесса получения отливок и обеспечивающие протекание его по оптимальным режимам. При различных способах литья, в том числе и ко-

кильном, наибольшую сложность представляет автоматизация процесса заливки форм. Дозирование и заливка расплава производится с помощью мерных черпаковых, пневматических и поршневых (с вытеснением порции расплава из печи сжатым воздухом, газом или погружаемым поршнем) либо магнитодинамических дозаторов. Работа дозаторов последнего типа основана на использовании взаимодействия тока, протекающего в расплаве, с внешним магнитным полем. Электромагнитные силы действуют на расплав, по которому проходит ток, так, что вызывают течение металла в направлении, определяемом правилом левой руки.

При литье в кокиль алюминиевых сплавов наиболее распространены черпаковые дозаторы (рис. 11.21), простые по устройству, надежные в работе и обеспечивающие достаточно высокую точность дозировки расплава: до $\pm 1\%$ по массе.

Дозатор этого типа используют для обслуживания до трех однопозиционных кокилей. Устройство черпака 7 таково, что заполнение его расплавом из тигля печи происходит при погружении, когда служащее для этого специальное отверстие находится в нижнем положении, что обеспечивает спокойное затекание металла в черпак и исключает попадание в него оксидных плёнок. Дозировка регулируется с помощью электродов 8 (рис. 11.21), устанавливаемых на требуемом уровне. После окончания заполнения черпак плавным поворотом переводится в положение, при котором отверстие для заполнения его оказывается вверху, а заливочный носок располагается горизонтально. В таком положении черпак поворачивается к кокилю и вращением вокруг оси приводится в положение заливки расплава, показанное на рис. 11.21. Вращение черпака при заливке вокруг оси, расположенной у сливного носка, обеспечивает точное попадание струи расплава в литниковую воронку кокиля.

Форма черпаков, кинематика их движения и метод заполнения расплавом могут быть различными.

На рис. 11.22 показан общий вид пневматического дозатора Д63М, предназначенного для заливки алюминиевых сплавов как при кокильном литье, так и при литье под давлением. Герметичный сварной кожух 1 дозатора имеет цилиндрическую форму. Внутренняя огнеупорная футеровка 2 образует в нижней части ванну для расплава, подаваемого периодически через герметично закрытое загрузочное окно 3. В верхней части дозатора

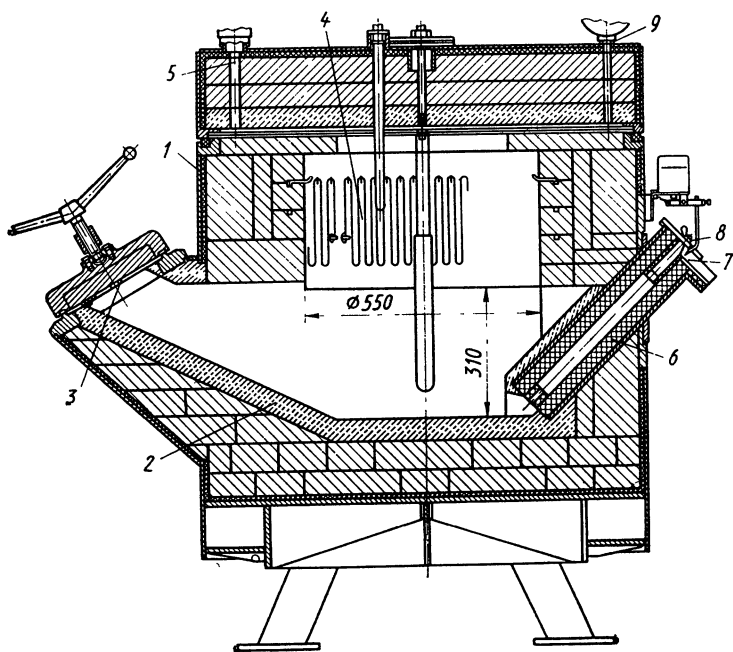


Рис. 11.22. Общий вид пневматического дозатора ДБЗМ

смонтированы нагреватели сопротивления 4. Температура нагрева расплава автоматически контролируется термомпарой и регулируется. Для заливки порции расплава внутрь дозатора через клапан 5 подается сжатый воздух, давление которого обеспечивает подъем расплава по обогреваемому металлопроводу 6 до сливного насадка 7. При этом замыкается электроконтакт 8, подающий сигнал на открытие клапана 9, через который поступает дополнительно сжатый воздух и расплав в течение определенного времени вытекает через отверстие насадка 7, заполняя кокиль. Емкость ванны составляет до 75 кг, наименьшая доза расплава 0,3 кг, а наибольшая 2 кг, время выдачи дозы от 2 до 6 с, точность дозирования $\pm 5\%$. Рабочее давление воздуха в дозаторе составляет не более 0,035 МПа, наивысшая температура нагрева сплава в печи 800°C. Достоинствами пневмодозаторов являются простота регулирования порции расплава, малые потери его теплоты и спокойная сифонная подача металла при отсутствии каких-либо подвижных частей, соприкасаю-

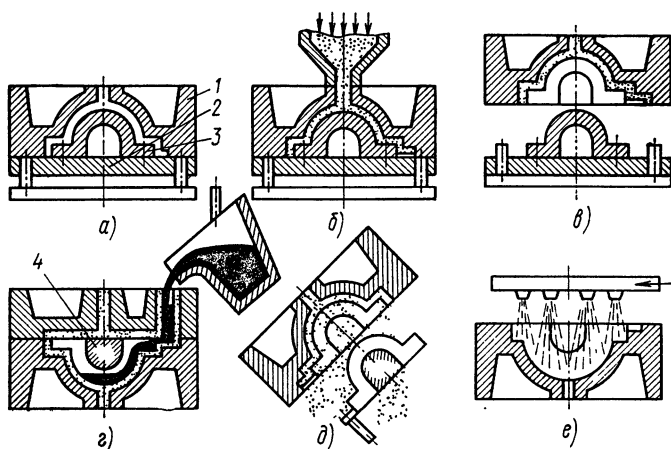


Рис 11.23. Схема процесса литья в облицованные кокили:

a — подготовленный к работе комплект оснастки, *б* — надув песчано-смоляной плакированной смеси в зазор между полукокилем 1 и модельной плитой 2 с моделью 3, *в* — съем с модельной плиты половины кокиля с нанесенным облицовочным слоем, *г* — заливка расплавом собранного облицованного кокиля с песчаным стержнем 4; *д* — выбивка готовой отливки, *е* — дробеструйная очистка поверхности кокиля от остатков песчано-смоляной облицовки

щихся с ним. К недостаткам пневмодозаторов относится сравнительно невысокая точность дозирования, особенно при подаче малых порций расплава, значительная площадь поверхности его в ванне, контактующая со сжатым воздухом, малая стойкость чугунного металлопровода.

Для съема с кокиля готовой отливки могут быть использованы роботы или манипуляторы, они захватывают ее и переносят в ванну для охлаждения, а затем подают на установку для отделения литниковой системы (см. рис. 11.2).

В настоящее время широко применяют в крупносерийном и массовом производстве разработанные в СССР автоматизированные линии для литья в облицованные кокили, например, при изготовлении из высокопрочного чугуна коленчатых валов дизельных двигателей. Особенностью процесса является то, что кокиль выполняет роль упрочняющей, опорной части формы, а ее рабочая поверхность образуется сравнительно тонким (6—8 мм) слоем песчано-смоляной смеси, наносимым перед каждой заливкой. Схема процесса показана на рис. 11.23, а общий вид

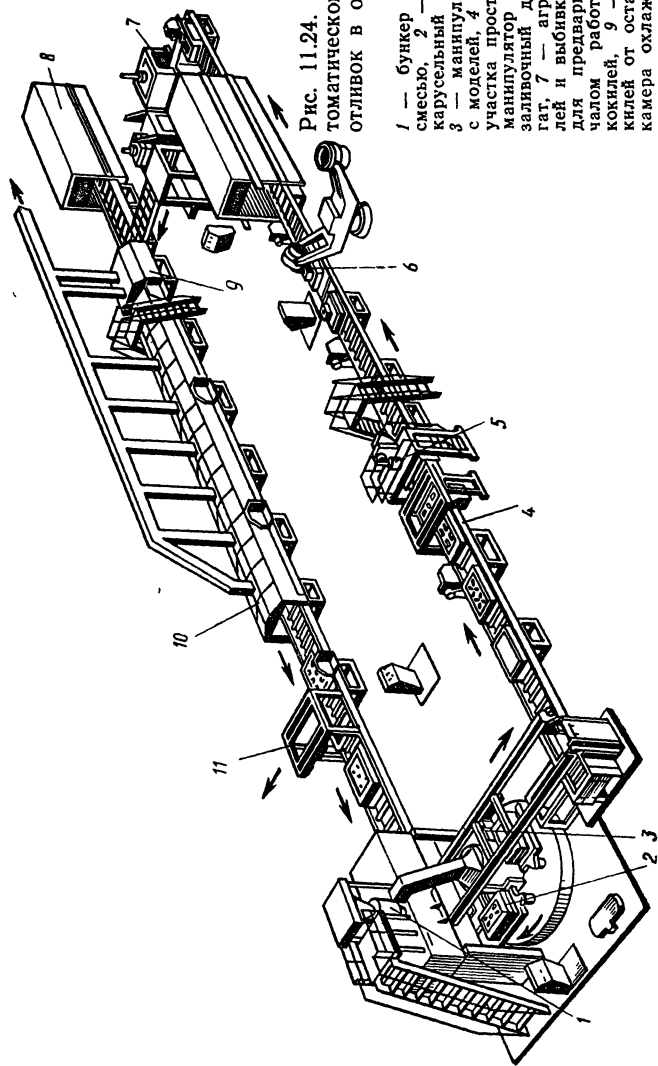
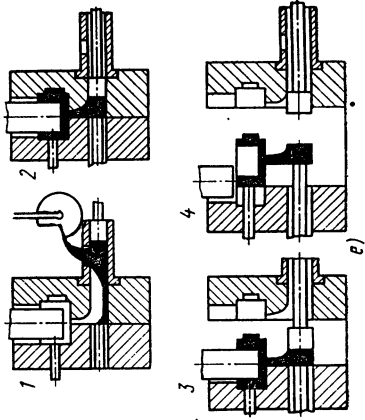
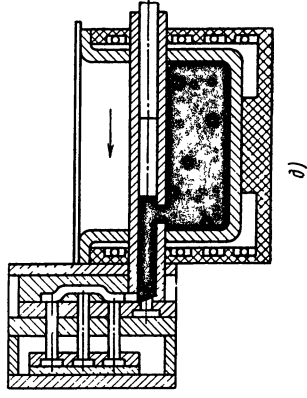
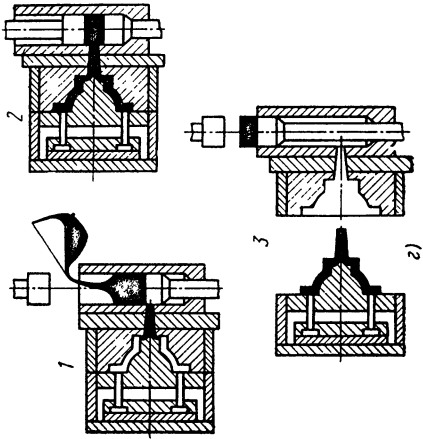
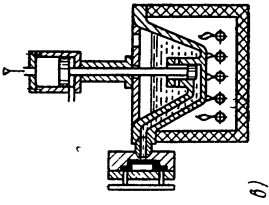
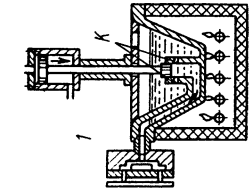
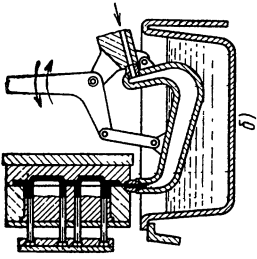
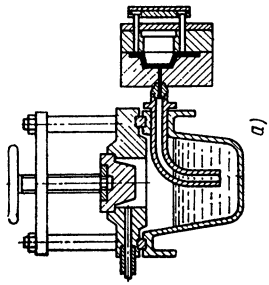


Рис. 11.24. Схема типовой автоматической линии получения отливок в облицованных кокшлях:

1 — бункер с песчано-смоляной смесью, 2 — четырехпозиционный карусельный формовочный агрегат, 3 — манипулятор съема полуформ с моделей, 4 — приводной ролик участка простановки стержней, 5 — манипулятор сборки полуформ, 6 — заливочный двухпозиционный агрегат, 7 — агрегат раскрытия кокшей и выбивки отливок, 8 — печь для предварительного (перед началом работы линии) подогрева кокшей, 9 — камера очистки кокшей от остатков облицовки, 10 — камера охлаждения кокшей, 11 — кантователь.



линии — на рис. 11.24. Размеры применяемых кокилей (в собранном виде) до $1400 \times 1200 \times 500$ мм, а масса заливаемого в них металла — до 300 кг. В облицованном кокиле улучшается заполняемость полости формы, исключается опасность быстрого охлаждения металла и образования вследствие этого в чугунной отливке твердого отбеленного слоя, содержащего цементит (Fe_3C). Кроме того, выгорание связующего в облицовочном слое разупрочняет его, делает податливым, в результате чего снижается опасность образования значительных усадочных напряжений и трещин в отливках. Для облицовки используется обычно кварцевый песок, покрытый тонким слоем фенолоформальдегидной смолы (плакированный). При вдувании песка в зазор между горячими ($200\text{—}300^\circ\text{C}$) кокилем и металлической моделью смола плавится, а затем в результате полимеризации отверждается и прочно связывает зерна песка. Приготовление плакированных смесей и процесс их горячего отверждения подробно описаны в § 11.4.

11.2. ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Сущность процесса литья под давлением заключается в том, что металл в расплавленном или, значительно реже, в полужидком состоянии под высоким давлением запрессовывается через систему литниковых каналов в полость металлической пресс-формы и затвердевает в ней. Пресс-формы устанавливаются на специальные машины литья под давлением, принцип действия основных разновидностей которых схематически показан на рис. 11.25.

В компрессионных тигельных машинах (рис. 11.25, а) под сравнительно невысоким давлением сжатого воздуха (до 20 МПа) расплав поступает через металлопровод и мундштук 4 заполняет разъемную пресс-форму, состоящую из неподвижной и подвижной частей. После затвердевания металла в пресс-форме давление на поверхность расплава прекращается, незатвердевшая часть его, находящаяся в обогреваемом металлопроводе, стекает в ти-

Рис. 11.25. Основные разновидности машин литья под давлением: а — компрессионная тигельная, б — компрессионная черпаковая, в — поршневая с горячей вертикальной камерой прессования, г — поршневая с горячей горизонтальной камерой прессования, д — поршневая с холодной вертикальной камерой прессования, е — поршневая с холодной горизонтальной камерой прессования; 1 — заполнение расплавом камеры прессования, 2 — заполнение пресс-формы расплавом, 3 — раскрытие пресс-формы, 4 — удаление отливки из подвижной части пресс-формы

гель, а подвижная часть пресс-формы перемещается влево вместе с отливкой и литником, которые удаляются из нее толкателями. Тигельные компрессионные машины высокопроизводительны, просты по конструкции и удобны в обслуживании, но малопригодны для литья легко окисляющихся алюминиевых и магниевых сплавов, а также сплавов с высокой температурой плавления. На этих машинах производят обычно отливки из свинцово-оловянных и цинковых сплавов.

На черпаковых (гузнековых) машинах (рис. 11.25, б) давление воздуха оказывается только на ограниченную поверхность зачерпнутой порции металла, поэтому расплав в тигле меньше окисляется, охлаждается и насыщается газами. Однако эти машины более сложны, чем тигельные, менее надежны в работе; их применяют в настоящее время редко также для литья свинцово-оловянных и цинковых сплавов. Наиболее универсальными и широко используемыми в производстве отливок под давлением являются поршневые машины (рис. 11.25, в, г, д, е).

Машины с горячей камерой прессования (рис. 11.25, в, г) высокопроизводительны, так как при их применении не требуется дозировать расплав и подавать его в камеру прессования, куда он поступает через отверстие, сообщающее эту камеру с окружающим ее расплавом. Особые условия заливки (перемещение расплава снизу, под уровень, в изолированном замкнутом объеме, без открытой падающей струи) весьма благоприятны для получения качественных отливок из легко окисляющихся магниевых сплавов. Долговечность и надежность работы цилиндра и поршня, находящегося в длительном контакте с расплавом, обеспечиваются использованием для изготовления деталей узла прессования специальных жаростойких, химически инертных сплавов. Для получения таких деталей в ряде случаев используют метод спекания тугоплавких, износостойких порошков.

В последние годы выпускаются и применяются в различных отраслях машиностроения преимущественно машины с холодной камерой прессования (рис. 1.25, д, е). Особенно широко используют машины с горизонтальной холодной камерой прессования. Они наиболее универсальны в отношении выбора литейного сплава (алюминиевые, магниевые, медные, стали, чугуны, титановые), а также размеров и конфигурации получаемых отливок. На таких машинах изготавливают самые крупные и сложные отливки, например блок цилиндров двигателя автомоби-

ля «Чайка» массой около 30 кг из алюминиевого сплава. К недостаткам машин с холодной камерой прессования относится необходимость дозирования и порционной заливки расплава, следствием чего является меньшая, чем у горячекамерных машин, производительность.

Использование точных, с высоким качеством рабочей поверхности преимущественно стальных пресс-форм, применение значительных давлений прессования (до 200—300 МПа на поршневых машинах с холодной камерой), высоких скоростей движения расплава на входе в пресс-форму (до 60—100 м/с), кратковременность заполнения полости формы (в среднем 0,04—0,08 с для небольших отливок) определяют высокую производительность литья под давлением — до нескольких сотен мелких отливок в час при использовании многоместных пресс-форм, высокую размерную точность получаемых деталей (8—14-й квалитеты по СТ СЭВ 144—75) и малую шероховатость поверхностей от R_z 20 мкм до R_a 1,0 мкм), а также возможность получать весьма тонкостенные, сложные отливки, например корпуса фотоаппаратов из алюминиевых сплавов с преимущественной толщиной стенок 1,0—1,5 мм. В результате применения литья под давлением можно существенно сократить, а в ряде случаев полностью исключить обработку отливок резанием, повысив коэффициент использования металла (КИМ) в среднем до 0,93, резко снизить потребность в станочном оборудовании, инструменте и приспособлениях для механической обработки. Литьем под давлением могут быть получены отливки с готовой резьбой и отверстиями малого диаметра, а также армированные биметаллические и полиметаллические детали, например легкие корпуса из алюминиевых или магниевых сплавов со стальными или латунными втулками, штырями, трубчатыми вставками (рис. 11.26).

Наиболее широко литье под давлением используют при изготовлении тонкостенных, в том числе сложных по конфигурации отливок из алюминиевых сплавов массой от нескольких граммов до 8—10 кг. С увеличением размеров и массы отливок возрастают давление и скорость прессования, необходимые для получения качественных отливок, следовательно, увеличивается и усилие запыра-ния пресс-форм. Это вызывает усложнение конструкции и повышение мощности машин, приводит к возрастанию их стоимости. Кроме того, усложняется конструкция пресс-форм и снижается их стойкость, увеличивается пот-

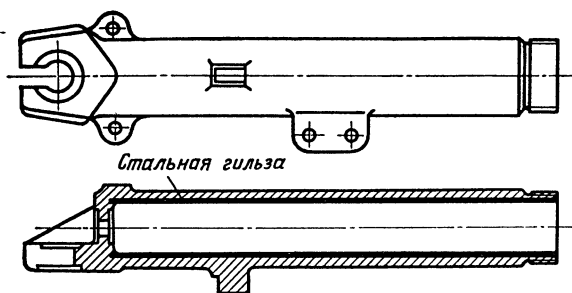


Рис. 11.26. Труба телескопической вилки мотоцикла из алюминиевого сплава с армирующей стальной гильзой

ребность в применении для их изготовления дорогостоящих сложнелегированных сталей. Так, сравнительно небольшая машина с холодной горизонтальной камерой прессования модели 711A06, предназначенная для заливки порции алюминиевого сплава массой до 1,2 кг, имеет наибольшее усилие прессования 132 кН и усилие запираания пресс-формы 1000 кН. Машина того же типа модели 7115, пригодная для отливки таких крупных деталей, как блок цилиндров двигателя легкового автомобиля (наибольшая порция заливаемого алюминиевого сплава 42 кг), имеет уже усилие прессования 1900 кН и запираания — 20 000 кН. С увеличением размеров и конструктивной сложности отливок значительно возрастают трудоемкость изготовления пресс-форм и их стоимость. К недостаткам литья под давлением помимо ограничений в выборе литейных сплавов, сложности изготовления и высокой стоимости пресс-форм, а также машин относят:

1. Возможность замешивания воздуха и газов в поток расплава, а также образования раковин и пор в отливках, что связано как с высокими скоростями его движения и кратковременностью заполнения пресс-формы, так и с весьма затрудненным отводом воздуха из металлической формы.

2. Возможность образования усадочных раковин и пор в массовых частях отливок, особенно в удаленных от места подвода металла, в связи с трудностью или невозможностью подпитки этих частей подпрессовкой.

3. Неподатливость литейной формы, приводящая к образованию внутренних напряжений, а иногда и трещин в отливках, что также ограничивает выбор сплавов для литья под давлением.

4. Невозможность применения упрочняющей термообработки в случае, если в отливке образуются подкорковые воздушно-газовые раковины, так как при нагреве отливок расширяющийся в раковине газ деформирует наружный слой металла с образованием характерной бугристости на его поверхности.

5. Ограниченность в выборе конфигурации отливок в связи с применением извлекаемых металлических стержней, непригодных для формирования различных криволинейных и расширяющихся полостей, изогнутых отверстий.

Отмеченные выше недостатки можно частично или полностью устранить, применяя вакуумирование пресс-формы и камеры прессования, используя эффективные методы допрессовки, разовые (растворяемые, выплавливаемые) стержни.

Дальнейшее расширение областей рационального применения литья под давлением во многом определяется как совершенствованием этой технологии в целях получения более качественных, прежде всего — плотных и прочных отливок, так и снижением стоимости пресс-форм.

Качество отливок во многом зависит от выбора режима заполнения пресс-форм, характера движения расплава в их полости, зависящего от соотношения толщин питателя и отливки $\delta_{пит}/\delta_{отл}$ в месте подвода, скорости потока расплава на впуске в оформляющую полость ($v_{вп}$), вязкости и поверхностного натяжения заливаемого спла-

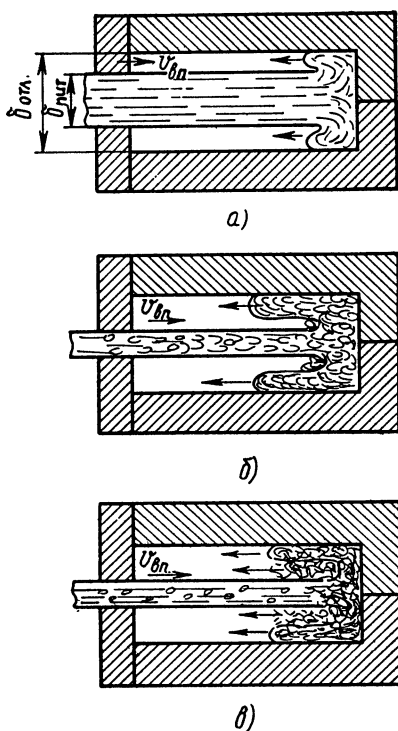


Рис. 11.27. Схемы наиболее характерных режимов заполнения полости формы расплавом при литье под давлением

ва, температуры его и стенок пресс-формы. Существенно влияют на качество отливок место подвода расплава к отливке и направление его потока, отвод воздуха и газов из полости пресс-формы, смазка ее рабочих поверхностей.

На рис. 11.27 приведены схемы трех наиболее характерных режимов заполнения. С помощью скоростной кино съемки заполнения прозрачных пресс-форм установлено, что при малых скоростях впуска ($v_{вп}$ менее 0,3 м/с) и отношении $\delta_{пит}/\delta_{отл} > 1/2 \div 2/3$ обеспечивается спокойное, без перемешивания струй и образования завихрений заполнение пресс-форм (рис. 11.27, а). Это способствует получению плотных, без газовых раковин и пор отливок с хорошим качеством поверхности. Однако при столь малых скоростях впуска невозможно заполнить тонкие, сложные полости пресс-форм. Поэтому рассмотренный режим заполнения может быть осуществлен только при изготовлении простых по конфигурации, сравнительно небольших и толстостенных отливок.

При более высоких скоростях впуска (до 15—25 м/с) и отношении площади $f_{п}$ поперечного сечения питателя к площади $F_{п}$ поперечного сечения отливки $f_{п}/F_{п} < 1/4 - 1/2$ струя расплава, сохраняющая вначале форму сечения питателя, после удара о преграду растекается по стенкам пресс-формы сплошным перемешивающимся, завихренным (турбулентным) потоком, захватывающим часть воздуха и газов, находящихся в полости пресс-формы (рис. 11.27, б). В результате воздух и газы, образующиеся при сгорании смазки или выделяющиеся из самого расплава, остаются в затвердевшей отливке в виде пор и раковин размерами до 1—2 мм и более. При тех же скоростях, но соотношениях $f_{п}/F_{отл} > 1/3 - 1/2$ турбулизация потока проявляется меньше, следовательно опасность получения отливок с газовыми раковинами уменьшается.

При высоких скоростях впуска ($v_{вп}$ выше 25—30 м/с) наблюдается дисперсионное заполнение формы (рис. 11.27, в). Особенность этого режима заполнения состоит в том, что при ударе о стенку движущегося с высокой скоростью расплава значительная часть его превращается в брызги, образующие смесь с воздухом (дисперсную систему), а остальная часть растекается по стенкам сплошным турбулентным потоком. Фронт диспергированного расплава, непрерывно уплотняющийся в месте удара струи, перемещается в том же направлении, что и растекающийся турбулентный поток, в результате чего зна-

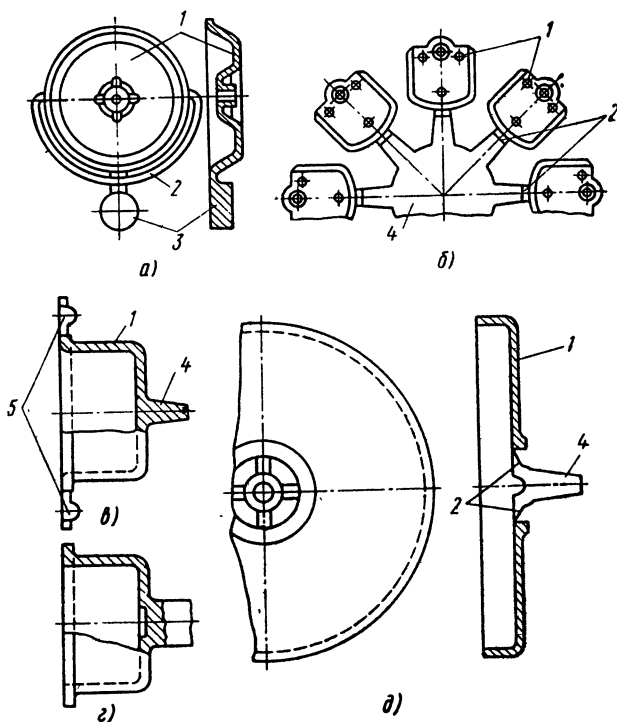


Рис. 11.28. Литниковые системы для литья под давлением:

а — боковая (внешняя) для одностенной пресс-формы, *б* — боковая для многостенной пресс-формы, *в*, *г* — прямая соответственно для машины с вертикальной и горизонтальной камерами прессования, *д* — внутренняя; 1 — отливка, 2 — питатели, 3 — пресс-остаток, 4 — литниковый ход, 5 — промывники

чительно снижается опасность образования крупных воздушно-газовых раковин, а равномерно распределяющиеся в расплаве газовые поры становятся тем мельче, чем выше $v_{вп}$. Дисперсионный режим заполнения наиболее характерен для случаев изготовления крупных тонкостенных отливок, когда высокие скорости впуска ($v_{вп}$ до 40—70 м/с) обеспечивают получение отливок без недоливов и неспаев. Мелкая пористость отливок, образующаяся при дисперсионном режиме литья, может быть исправлена пропиткой, например в горячей фенолоформальдегидной смоле. Недостаток режима заполнения пресс-форм с высокими скоростями впуска заключается в том, что воспринимающие удар струи расплава части формы быстро

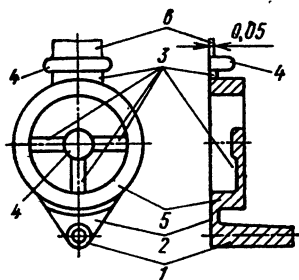


Рис. 11.29. Промывники для цилиндрической отливки с внешней литниковой системой:

1 — литниковый ход, 2 — питатель, 3 — соединительные каналы промывников, 4 — промывники, 5 — отливка, 6 — вентиляционный канал в пресс-форме для удаления воздуха и газов через промывник

Разрушаются, а при литье алюминиевых и медных сплавов (при $v_{\text{вл}} > 40$ м/с) наблюдается привар отливок к этим частям. Кроме того, в момент удара струи расплава о стенку подвижной части пресс-формы возникает опасность мгновенного раскрытия ее и выплеска расплава.

Различают три типа литниковых систем для литья под давлением: внешнюю, внутреннюю и прямую. Внешняя (боковая) литниковая система подводится к внешнему контуру проекции отливки на плоскость разъема пресс-формы (рис. 11.28); она является универсальной, применимой как в одноместных (рис. 11.29, а), так и в многоместных (рис. 11.29, б) пресс-формах. Прямая (рис. 11.29, в, г) и внутренняя (рис. 11.29, д) литниковые системы пригодны только для одноместных пресс-форм. Они размещаются внутри контура проекции отливки на плоскость разъема пресс-формы, компактны, в результате чего (по сравнению с внешней литниковой системой) уменьшаются размеры пресс-формы и усилие, стремящееся ее раскрыть.

Получению качественных отливок во многом способствуют промывники—специальные полости в пресс-форме, в которые вытесняется головная часть потока расплава, несущая в себе замешанный воздух и газы, оксидные включения, продукты сгорания смазки. Промывники (рис. 11.29) устанавливаются в местах, наиболее удаленных от питателя, и соединяют с полостью формы каналом, толщина которого равна обычно 0,8—0,9 толщины питателя. Непосредственно из промывника к краю пресс-формы выводят щелевой вентиляционный канал, толщина которого должна быть такой (обычно 0,1—0,05 мм), чтобы расплав не проник в него.

В пресс-формах выполняют и специальные вентиляционные каналы — щелевые или полукруглого сечения, располагающиеся в специальных вентах (рис. 11.30, а), в знаках стержней (рис. 11.30, б) и на поверхности разъе-

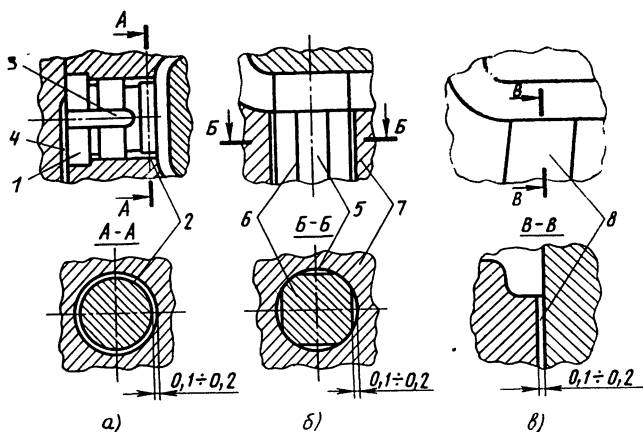


Рис. 11.30. Вентиляционные каналы в пресс-формах: *а* — в виде специальных установленных в пресс-форме вент *1* с газоотводящими каналами *2, 3, 4, 5* — в виде щелевых зазоров *5* между знаком стержня *6* и частью пресс-формы *7*, в которую он установлен, *в* — в виде щелевых каналов *8* на поверхности разреза пресс-формы

ма половин пресс-формы (рис. 11.30, *в*). Необходимое для удаления воздуха из полости пресс-формы суммарное сечение вентиляционных каналов рассчитывают. Однако даже при наличии вентиляционных каналов не исключается возможность замешивания воздуха и газов в расплав, как в камере прессования, так и в полости пресс-формы, вследствие турбулентного движения потока расплава. Поэтому при необходимости получения полностью свободной от газовых раковин и пор отливки применяют вакуумирование полости пресс-формы, а иногда и камеры прессования. На рис. 12.31 показана пресс-форма, помещенная в герметизированный кожух с каналами для отвода воздуха при вакуумировании. Следует отметить, что применение вакуума при литье под давлением повышает заполняемость пресс-форм, приводит к улучшению качества поверхности отливок, позволяет использовать менее мощные машины, в результате чего не только уменьшается энергоемкость процесса, но и увеличивается срок службы пресс-форм. Одновременно усложняются их конструкция и техническое обслуживание машин, снижается производительность труда. Кроме того, вакуумирование не устраняет возможность образования усадочных раковин и пор в отливках. Эти дефекты устраняются при использова-

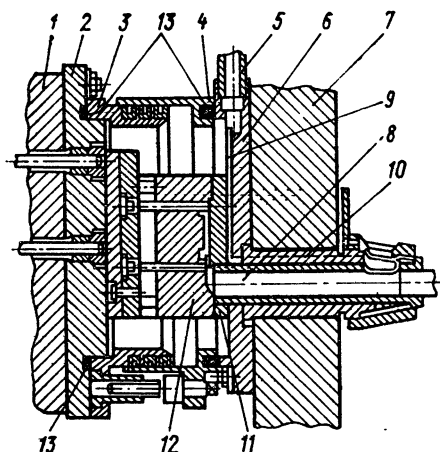


Рис. 11.31. Пресс-форма для литья под давлением с применением вакуума:

1 — подвижная плита машины, 2 — передняя (подвижная) плита герметизирующих пресс-форму кожухов 3 и 4, 5 — патрубок, соединяющий полость кожуха с вакуумным баллоном, 6 — задняя (неподвижная) плита кожуха, 7 — неподвижная плита машины, 8 — камера прессования, соединенная каналами 9 и 10 с вакуум-насосом, 11 — неподвижная и 12 — подвижная части пресс-формы, 13 — уплотнители, обеспечивающие герметизацию кожухов, а следовательно, и пресс-формы

нии способов эффективной подпрессовки в процессе затвердевания отливки. Обычно подпрессовку производят через камеру прессования машины, однако при получении сложных деталей ответственного назначения применяют и местную подпрессовку массивных частей отливки, наиболее удаленных от камеры прессования. При изготовлении высоконагруженных, герметичных отливок из алюминиевых сплавов эффективную допрессовку сочетают с вакуумным литьем.

Недостаточная эффективность подпрессовки, осуществляемой с помощью обычного прессующего механизма (рис. 11.32, а), в котором усилие подпрессовки $P_{\text{под}}$ равно усилию прессования $P_{\text{пр}}$, определяется тем, что к моменту окончания заливки и начала подпрессовки в камере прессования образуется корка затвердевшего на стенках металла (нерабочая часть пресс-остатка). Поэтому часть $P_{\text{пр}}$ расходуется на преодоление сопротивления (смятие) этой корки и реальное усилие, передаваемое на незатвердевшую (рабочую) часть пресс-остатка, часто оказывается недостаточным для подпитки отливки, устранения в ней усадочных дефектов и уменьшения внутренних (усадочных) напряжений.

В современных машинах литья под давлением применяют устройства, повышающие эффективность подпрессовки: мультипликаторы давления (рис. 11.32, б) или двойные плунжеры (рис. 11.32, в). Мультипликатор давления, включающийся сразу после окончания заполнения

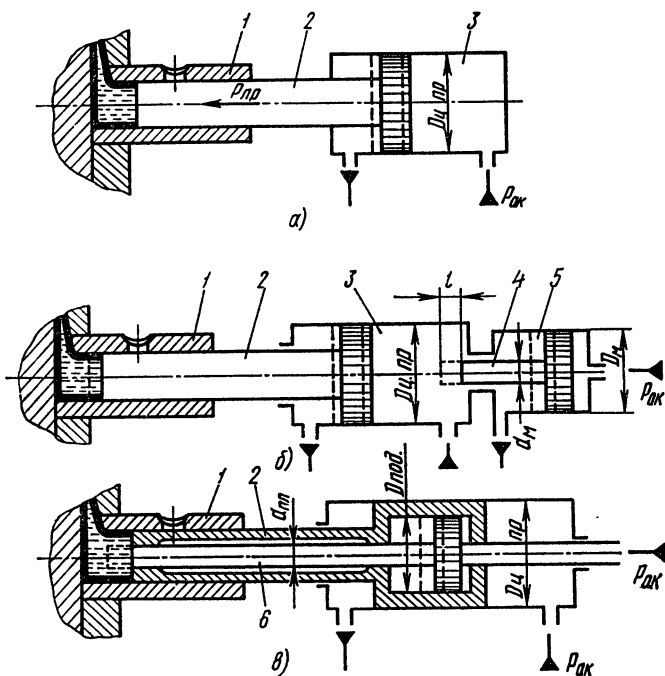


Рис. 11.32. Допрессовка при литье под давлением на машинах с горизонтальной холодной камерой прессования: *а* — при использовании обычного прессующего устройства, *б* — при использовании мультипликатора давления, *в* — при использовании двойного плунжера (аккурад-процесс); 1 — камера прессования, 2 — прессующий плунжер, 3 — основной цилиндр механизма прессования, 4 — плунжер мультипликатора, 5 — цилиндр мультипликатора, 6 — подпрессовочный (встроенный) плунжер

формы расплавом и остановки плунжера 2, передает на него с помощью плунжера 4 дополнительное давление. В результате усиление, действующее на пресс-остаток, возрастает с $P_{пр} = p_{ак} (\pi D_{ц.пр}^2 / 4)$ до $P_{пр} = p_{ак} [\pi D_{ц.пр}^2 / 4 \times (D_m / d_m)^2]$, где $P_{ак}$ — давление рабочей жидкости в аккумуляторе, обеспечивающем работу прессующего механизма машины; $D_{ц.пр}$ — диаметр цилиндра прессующего устройства машины; D_m — диаметр цилиндра мультипликатора; d_m — диаметр плунжера мультипликатора.

Подпрессовка на машинах с двойным плунжером (аккурад-процесс) состоит в том, что в момент окончания заполнения пресс-формы из основного плунжера 2 выдвигается встроенный в него подпрессовочный 6, не входящий в соприкосновение с затвердевшей частью пресс-ос-

татка, а оказывающий давление непосредственно на жидкую его часть, чем и обеспечивается эффективность подпрессовки. В рассматриваемом случае усилие подпрессовки равно $P_{\text{под}} = p_{\text{ак}} (D_{\text{под}}/d_{\text{под}})^2$.

Повышению качества отливок и расширению возможностей литья под давлением способствует применение некоторых специальных технологических вариантов этого процесса. Так, при получении отливок из алюминиевых сплавов непосредственно перед заливкой в пресс-форму подается кислород («кислородный процесс литья под давлением»), вытесняющий воздух. Как показали предварительные эксперименты, замешанный в алюминиевый расплав воздух образует в отливках раковины, заполненные в основном нейтральным азотом, а кислород полностью взаимодействует с расплавом, образуя в нем мелкие оксидные включения. Замена воздуха в пресс-форме кислородом позволяет избежать образования газовых раковин в отливке при одновременном увеличении в ней содержания оксидных включений, однако размеры их столь малы, что они не оказывают существенного влияния на механические свойства металла отливки.

Для получения деталей со сложными внутренними полостями, которые невозможно выполнить обычными металлическими (извлекаемыми из отливки) стержнями, применяют разовые стержни, преимущественно на основе хорошо растворимых в воде солей, температура плавления которых превышает температуру заливаемого сплава. Стержни предварительно изготавливают в специальных металлических формах прессованием расплава солей или порошкообразных смесей. Из готовых отливок стержни удаляют растворением в горячей воде.

Смазка пресс-форм позволяет продлить срок их эксплуатации, а также предотвращает приваривание отливок в наиболее разогретых частях пресс-форм, облегчает удаление отливок из полости пресс-формы. Смазка охлаждает поверхность пресс-формы, защищает ее от химического, теплового и механического воздействия потока расплава. Смазки должны создавать на поверхности пресс-формы равномерный разделительный слой, обладать малой газотворностью при контакте с расплавом, уменьшать трение между отливкой и оформляющими ее частями пресс-формы, особенно стержнями при их извлечении, способствовать улучшению качества поверхности отливок, не оказывать вредного влияния на качество металла отливки (плотность, механические свойства, стой-

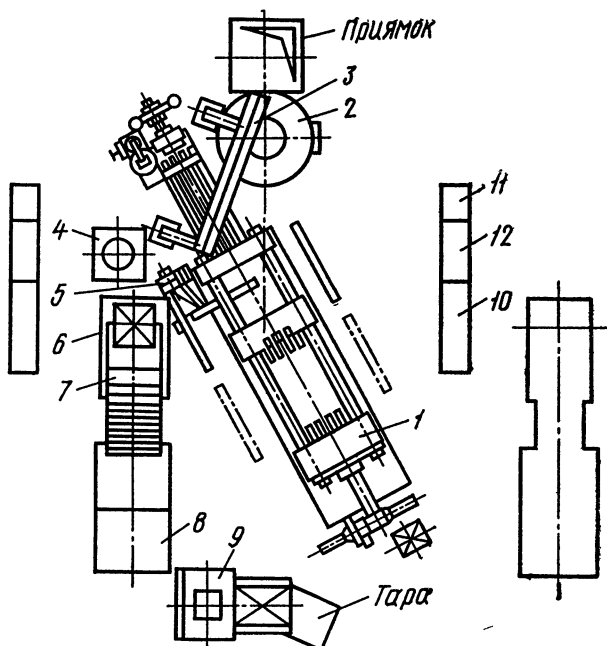


Рис. 11.33. Схема расположения оборудования автоматизированного комплекса литья под давлением: 1 — машина литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования, 2 — раздаточная печь с расплавом, 3 — заливочно-дозировочное устройство, 4 — автоматическое устройство для смазки пресс-форм, 5 — манипулятор для съема отливки с машины и переноса ее в ванну 6 с охлаждающей водой, 7 — пластинчатый конвейер для перемещения охлажденной отливки на приемный стол 8 контролера, 9 — пресс для обрезки литников, 10 — система управления комплексом, 11 — аппаратура управления системой охлаждения пресс-форм, 12 — система управления температурой расплава в раздаточной печи

кость против коррозии), не взаимодействовать с поверхностью пресс-формы и не оставлять на ней трудно удаляемых остатков. Смазочный материал должен быть безвредным для здоровья окружающих как в исходном состоянии, так и после взаимодействия с расплавом, простым в приготовлении, не менять состава и свойств при хранении, не содержать дорогих и дефицитных компонентов, быть пригодным для быстрого и равномерного нанесения на поверхность пресс-форм различными способами, в том числе с помощью автоматизированных устройств, обладать пожаро- и взрывобезопасностью.

Используют смазочные водно-эмульсионные составы с добавками графита, алюминиевого порошка и других твердых наполнителей, смазки на масляной основе с графитом, растворы солей. Отличным смазочным материалом, в том числе при вакуумном литье под давлением, является пчелиный воск, который ввиду дефицитности и дороговизны используют в весьма ограниченном количестве при изготовлении отливок ответственного назначения из магниевых и алюминиевых сплавов.

Автоматизация процесса литья под давлением является в настоящее время одним из основных направлений совершенствования и развития этого процесса. Создаются автоматические комплексы (рис. 11.33), в которых объединены машины литья под давлением с механизмами и устройствами, например роботами или манипуляторами, автоматизирующими операции смазки пресс-форм, дозирования и подачу в камеру прессования расплава, съема отливка с машины, их охлаждения и подачи на обрезные прессы, для отделения литниковой системы и промывников, транспортирования отливок на контроль и дальнейшую обработку, а отходов — на переплав.

11.3. ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Литьем по выплавляемым моделям называется способ получения литых деталей по разовым (выплавляемым, выжигаемым или растворяемым) моделям в многослойных неразъемных огнеупорных формах, подвергнутых прокаливанию и заливаемых в горячем или охлажденном состоянии.

Последовательность подготовительных и основных производственных операций при различных вариантах современного промышленного процесса литья по выплавляемым моделям представлена на схеме рис. 11.34. Сущность наиболее распространенного варианта процесса состоит в следующем.

В специальной, преимущественно металлической пресс-форме изготавливают модели будущих отливок. Для изготовления моделей используют воскообразные сплавы, в состав которых могут входить парафин, церезин, синтетические полиэтиленовые воски, торфяной, бурого угольный воск и другие воскоподобные материалы; реже применяют модели из компактного или вспененного полистирола (выжигаемые) или из карбамида с добавкой поливинилового спирта, калийной селитры и других солей (растворяемые в воде). Воскообразные модельные соста-

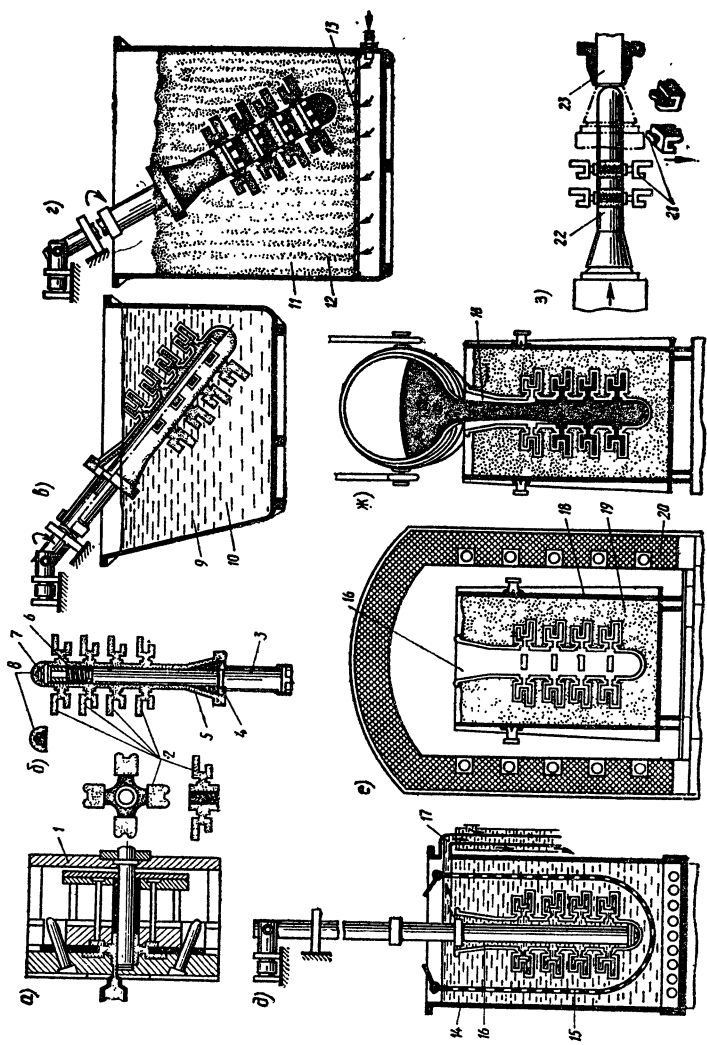


Рис. 11.34. Схема технологического процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям в условиях крупносерийного и массового производства

вы запрессовывают в полость пресс-формы в жидком или полужидком (пастообразном) состоянии; модели из полистирола или пенополистирола изготавливают на специальных машинах запрессовкой размягченного нагретом материала под высоким давлением; модели из составов на основе карбамида ввиду небольшой усадки этого материала можно получать свободной заливкой расплава.

Размеры рабочих полостей пресс-форм выполняют с учетом литейной усадки, в которой учитывают усадку модельного состава, расширение керамики формы при прокаливании и усадку самого литейного сплава. В зависимости от масштабов производства и размеров получаемых моделей их изготавливают в многоместных или одноместных пресс-формах заодно с питателями или другими элементами литниковых систем. На рис. 11.34, *a*, показана запрессовка модельного состава в четырехместную пресс-форму 1. Полученное в ней звено 2 состоит из четырех моделей, объединенных общим элементом литниковой системы, представляющим собой часть цилиндрического стояка.

Модели отливок собирают в блок, соединяя их с моделью литниковой системы, сделанной также из модельного состава. В условиях массового производства обычно применяют высокопроизводительный метод механического соединения звеньев в блок (рис. 11.34, *б*) нанизыванием на металлический стояк-каркас и скреплением их пружинным прижимным устройством в верхней части стояка. На стояк с рукояткой 3 и опорным фланцем 4 сначала надевают модель литниковой воронки 5, затем нанизывают звенья 2 моделей 4 и скрепляют пружинным прижимным устройством 6 с гайкой 7, после чего на нее навинчивают или напаивают колпачок 8 из модельного состава. Широко используют в различных условиях производства сборки моделей в блоки припаиванием. В ряде случаев, при сборке сложных блоков применяют специальные кондукторы, в которых модели деталей и литниковой системы соединяют заливкой расплавленного модельного состава.

На модельные блоки последовательно наносят несколько слоев суспензии, содержащей раствор специального связующего (обычно гидролизованного кремнийорганического продукта — этилсиликата) и порошок огнеупорной основы (пылевидных кварца, корунда, алюмосиликатов, циркона или др.). Каждый слой суспензии присыпают упрочняющими его огнеупорными материалами,

например кварцевым песком, шамотом или корундом, после чего просушивают (иногда используя также химическое отверждение связующего, например парами влажного аммиака). Обычно для получения оболочки необходимой прочности наносят от 3—4 до 7—8 слоев суспензии. При изготовлении крупных отливок наносят до 18—20 слоев суспензии для получения оболочки толщиной около 20 мм. Погружение блоков моделей в бак с суспензией и обсыпку слоя ее в специальном пескосыпе при небольших масштабах производства часто выполняют вручную либо с использованием манипулятора (механической руки). В массовом производстве (на применяемых в СССР типовых автоматических конвейеризированных линиях) подвешенный на цепном конвейере модельный блок с помощью специальных копиров и поворотных устройств (рис. 11.34, *в*) при погружении в бак 9 с суспензией 10 переводится в наклонное положение и медленно вращается для обеспечения равномерного смачивания всех поверхностей моделей. Затем блок погружается в пескосып 11 с псевдокипящим слоем 12 (рис. 11.34, *г*). Перевод песка в «кипящее» (взвешенное в потоке воздуха) состояние обеспечивается подачей снизу через мелкопористый фильтр 13 сжатого воздуха.

Сушка слоев оболочки состоит из двух процессов: собственно сушки, т. е. испарения органических растворителей или воды, введенных в состав связующего, и из отверждения пленки связующего в результате огеливания, полимеризации или других процессов. В зависимости от состава связующего и условий производства применяют различные методы сушки оболочек: от естественного, в помещении цеха или в вентилируемых шкафах с контролируемой атмосферой до вакуумно-аммиачного в специальных камерах либо в конвейеризированных автоматических воздушно-аммиачных установках непрерывного действия.

Удаление моделей после формирования оболочки производят различными способами с учетом свойств модельного состава. Так, легкоплавкие воскообразные составы на основе парафина удаляют из оболочек форм в горячей воде, горячим воздухом, в перегретом расплаве модельного состава, перегретым паром (в автоклавах), диэлектрическим нагревом в специальных установках током сверхвысокой частоты (СВЧ). Карбамидно-солевые модели вымывают, растворяя в теплой воде, полистирольные выжигают при прокаливании форм, создавая окисли-

тельную атмосферу в рабочем пространстве печи (подачей кислорода, воздуха, влаги). На рис. 11.34, *д* показано выплавление моделей в горячей воде на конвейерной установке. Здесь 14 — бак с горячей водой, 15 — сетка для приема оболочки формы 16. После расплавления модельного состава оболочка формы сползает с металлического стояка в приемную сетку 15 и извлекается в ней из ванны 14. Расплав модельного состава всплывает вверх и сливается через патрубок 17 для очистки и повторного использования. После сушки и контроля оболочек производят их прокаливание.

Оболочки прокаливают для удаления из них остатков модельного состава и органических компонентов связующего обычно при 850—1000°C. Наиболее рациональным, кратковременным (25—40 мин) и энергосберегающим является процесс прокаливания оболочек без заформовывания их в опорный формовочный наполнитель. Однако это возможно, если оболочки обладают достаточной прочностью и высокой термостойкостью (несклонностью к образованию трещин при быстром нагреве и охлаждении). Обычные кварцевые оболочки не обладают этим свойством из-за значительных объемных изменений зерен SiO₂ при 575°C в результате быстро протекающего полиморфного превращения $\beta_{\text{кв}} \rightleftharpoons \alpha_{\text{кв}}$. Поэтому кварцевые оболочки 16 часто заформовывают перед прокаливанием в опоке 18 формовочным опорным наполнителем 19 (песок, шамотная крошка), как это показано на рис. 11.34, *е*, следствием чего является увеличение времени прокаливания до 2,5—3 ч и более (20—электрическая прокалочная печь). В настоящее время разработаны ускоренные методы прокаливания оболочек в вакууме и в псевдокипящем горячем песке.

Заливку форм производят непосредственно после прокаливания их в горячем состоянии при температуре 600—900°C, что обеспечивает хорошее заполнение форм и возможность получения тонкостенных сложных отливок, а также благоприятные условия формирования структуры и свойств некоторых отливок. Однако в ряде случаев оптимальная температура заливки форм существенно отличается от указанной. Так, во избежание образования специфичных дефектов отливок алюминиевые сплавы заливают в формы, охлажденные до 300—20°C, а при литье с направленной кристаллизацией лопаток из жаропрочных сплавов на никелевой основе оболочки нагревают до 1600—1650°C.

Заливка может производиться как в заформованные оболочки (рис. 11.34, *ж*), так и без опорного наполнителя. Помимо заливки под действием гравитационных сил формы по выплавляемым моделям в целях улучшения заполняемости их и повышения механических свойств отливок заливают также центробежным способом. При литье специальных сплавов (титановых, некоторых жаропрочных и др.) применяют плавку и заливку в вакууме. Используют также заливку оболочек под низким регулируемым давлением, методом вакуумного всасывания, вакуумно-компрессионное литье. Литые с направленной кристаллизацией применяют при изготовлении лопаток авиационных двигателей, энергетических газовых турбин.

После заливки форм и охлаждения отливок оболочка обычно растрескивается на поверхности литого блока ввиду меньшего ее сжатия при охлаждении по сравнению с усадкой металла. Так как пригар при литье по выплавляемым моделям не образуется, куски растрескавшейся оболочки легко отделяются от наружных поверхностей отливок, например при вибрации и ударе. В отверстиях и различных углублениях оболочка прочно зажимается претерпевающим усадку металлом, поэтому очистка от остатков оболочки в этих местах отливок представляет определенные трудности. Используют химические методы растворения или размягчения остатков оболочки, удаление ее обдувкой дробью или металлическим песком, а в некоторых случаях применяют электрогидравлический удар либо сочетание химического размягчения с вымыванием направленной струей воды высокого давления (до 20 МПа). Отливки 21 отделяются от литниковой системы 22 механически, например специальным инструментом — трубчатой фильерой 23 (рис. 11.34, *з*).

При термической обработке отливки защищают от образования окалины, обезуглероживания поверхностного слоя и прочих недопустимых изменений состава и свойств металла отливок. Обычно термообработку ведут в печах с защитной атмосферой. Термообработка стальных отливок может быть совмещена с химической очисткой от остатков оболочки в расплавах солей. В целях устранения обезуглероженного слоя, образующегося на стальных отливках при медленном охлаждении их в форме и имеющего толщину до 0,5 мм, применяют отжиг в карбюризаторе.

Широкое распространение литья по выплавляемым моделям во всех отраслях машиностроения и приборо-

строения, высокие темпы роста выпуска отливок этим способом определяются рядом его достоинств, прежде всего — возможностью получать практически из любых литейных сплавов отливки, в том числе тонкостенные и сложные, с повышенной точностью размеров, высокими механическими свойствами и качеством поверхности металла (шероховатость от R_z 40 до R_a 1,25 мкм). Следствием этого является значительная экономия металла и сокращение объема обработки резанием либо полное исключение ее, экономия электроэнергии и топлива, снижение расхода дорогого и дефицитного сортового проката металлов, уменьшение потребности в производственных площадях и дорогостоящем оборудовании.

На точность получаемых отливок значительное влияние оказывают свойства используемых модельных и формовочных материалов, точность пресс-форм для изготовления моделей, конфигурация и размеры отливок, свойства литейного сплава, выбранный вариант технологического процесса и тщательность его соблюдения. Обычно точность соответствует 12—14-му квалитетам СТ СЭВ 144—75, а на отдельных небольших (до 30—40 мм) размерах может быть обеспечена в пределах 8—10-го квалитетов.

11.4. ЛИТЬЕ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

Особенностью литья в оболочковые формы является применение тонкостенных (толщиной 8—12 мм) форм и стержней, изготавливаемых по горячей металлической модельной оснастке из смеси песка и синтетической, полимеризующейся при нагреве смолы, обычно — фенолоформальдегидной.

Предварительное формирование оболочки наиболее часто производят, используя поворотный бункер (рис. 11.35) либо пескодувную установку. По первому способу в поворотный металлический бункер 1 (рис. 11.35, а) засыпают песчано-смоляную смесь или плакированный песок 2. На верхнюю часть (горловину) бункера, снабженную кольцевым каналом 3 для подачи охлаждающей воды, устанавливают моделями вниз и закрепляют нагретую до 200—240°C металлическую модельную плиту 4. На ней закреплена с помощью четырех направляющих колонок 5 плита 6 толкателей. Толкатели 7, равномерно распределенные по всей плите, выходят на рабочую поверхность как модели, так и мо-

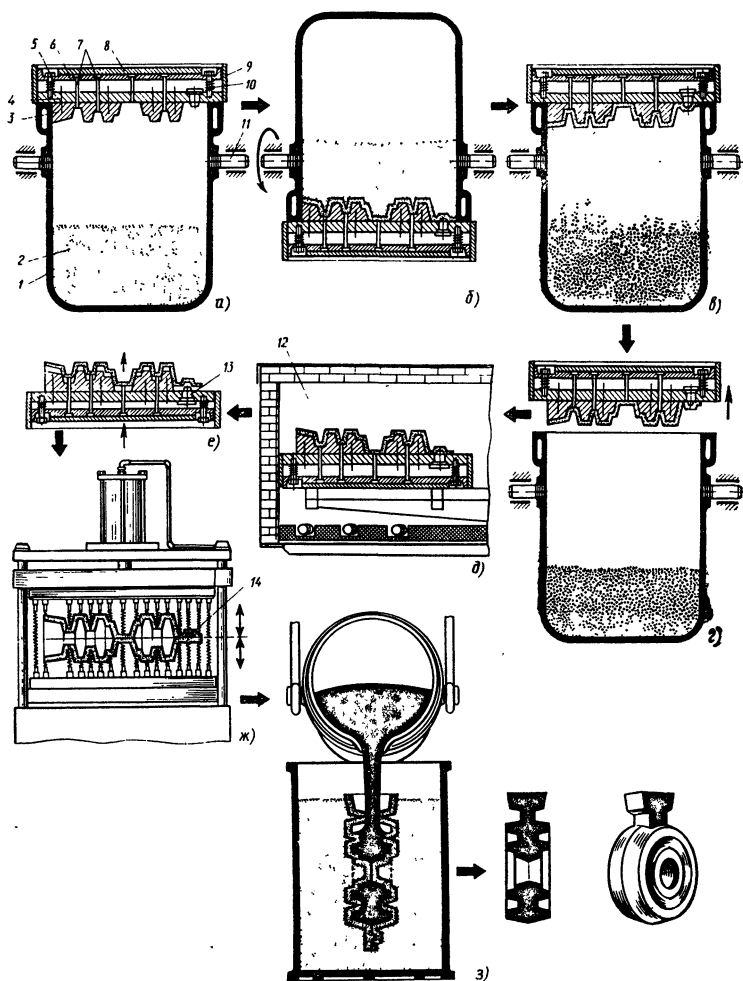


Рис. 11.35. Схема технологического процесса литья в оболочковую форму

дельной плиты; их фиксируют хвостовиками в гнездах плиты *б* и закрепляют в ней прижимной плитой *в*. Модельная плита с выталкивающим устройством помещена в корпус *г*. Для фиксации плиты толкателей в исходном положении на направляющих колоннах *д* установлены пружины *е*.

Для предварительного формирования оболочки бункер 1, снабженный цапфами 11 и поворотным механизмом (на схеме не показан), поворачивают на 180° и формовочный материал падает на горячую модельную плиту (рис. 11.35, б), уплотняясь под действием гравитационных сил. В прилегающем к плите слое смеси смола плавится (при 95—115°C), смачивая зерна песка, а затем начинает полимеризоваться, загустевая и отверждаясь по мере прогрева до более высокой температуры. За 30—40 с выдержки смола успевает оплавиться в слое толщиной около 10 мм, который и остается на модельной плите после поворота бункера в исходное положение (рис. 11.35, в) и сброса на дно бункера непрореагировавшей, сохранившей свои начальные свойства и пригодной для последующего использования части смеси.

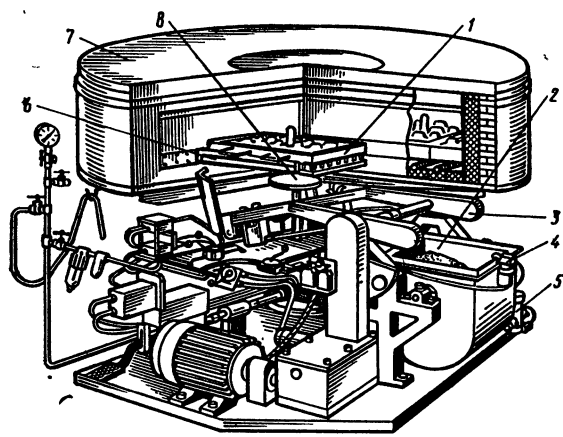
Модельную плиту с предварительно сформированной оболочковой полуформой снимают с бункера (рис. 11.35, г) и подают в печь 12 (рис. 11.35, д), где при 300—340°C за 1,5—2 мин заканчивается полимеризация смолы и оболочка приобретает высокую прочность. Затем перемещением толкательной плиты вместе с толкателями вверх готовую оболочковую полуформу снимают с модельной плиты (рис. 11.35, е) и соединяют с другой полуформой, например, склеиванием в горячем состоянии на специальном пневмопрессе с пружинными прижимными устройствами (рис. 11.35, ж). Для центрирования полуформ при сборке в них, с помощью специальных вставок 13 в модельных плитах, выполняют гнезда и выступы 14 (см. рис. 11.35, ж). Формы с вертикальным разъемом перед заливкой обычно заформовывают (рис. 11.35, з) в опорный наполнитель — песок или дробь в целях исключения прорыва расплава по разряду полуформ. Формы небольшой высоты с горизонтальным разъемом в большинстве случаев не заформовывают и заливают на поддонах с песчаной постелью.

В зависимости от масштабов производства, размеров отливок и других факторов оболочковые формы изготавливают на одно- или многопозиционных машинах. На рис. 11.36 показаны общий вид и схема в плане четырехпозиционной бункерной машины карусельного типа. На позиции 1 (рис. 11.36) модельную плиту 1 готовят к работе (очищают, смазывают) и накладывают на бункер 2, после чего специальным рычажным уст-

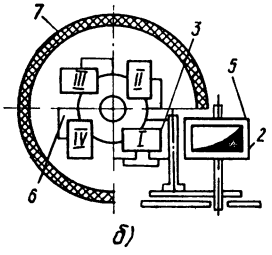
ройством 3 закрепляют ее пневмозажимом 4 на бункере (рис. 11.36,а). Поворот бункера и возвращение его в исходное положение производятся с помощью пневмоцилиндра 5. После нанесения на горячую модельную плиту слоя смеси, образующего оболочку необходимой толщины, и поворота бункера в исходное положение плита снимается с поворотом на 180° специальным устройством и вновь ставится на позицию I. В результате поворота крестовины карусельной установки с кронштейном 6 на 90° модельная плита с оболочкой поступает в печь 7, где при последовательном прохождении позиций II, III и IV происходит прогрев оболочки до полного ее отверждения. После возвращения модельной плиты на позицию I срабатывает устройство 8 для подъема плиты выталкивателями и снятая ими оболочковая полуформа направляется на операцию сборки форм, а модельная плита готовится к повторению технологического цикла. Чтобы избежать налипания оболочки на модель, поверхность ее покрывают различными разделительными составами, лучшим из которых является эмульсия силиконовой жидкости — термостойкого полимерного продукта. Пленка его защищает модель в течение 15—20 технологических циклов изготовления оболочковых полуформ.

Для изготовления оболочковых форм и стержней следует применять обогащенные пески с минимальным содержанием глинистых составляющих. Зерновой состав выбирают с учетом свойств литейного сплава, массы отливок и требований к шероховатости их поверхностей. Применение мелкозернистых песков позволяет получать отливки с малой шероховатостью поверхности, однако при этом снижается газопроницаемость оболочек.

Для изготовления оболочковых форм выпускают специальное связующее, представляющее собой смеси фенолоформальдегидной смолы с катализатором отверждения смолы — уротропином, вводимым в смолу в количестве 7,4—8%. Так как фенолоформальдегидные смолы дороги, содержание их в формовочной смеси ограничивается и обычно не превышает 5—6% (по массе). Для наиболее эффективного использования смолы, исключения ее потерь приготавливают плакированные пески. Широко распространен холодный метод плакирования, при котором в смесь песка и порошка связующего вводят органический растворитель (ацетон, спирт



а)



б)

Рис. 11.36. Общий вид (а) и схема работы четырехпозиционной карусельной машины СКФ-2М для изготовления оболочковых полуформ (б)

и др.). При непрерывном перемешивании происходит растворение связующего и смачивание его раствором поверхности зерен. При продолжающемся перемешивании через смесь продувают воздух (иногда подогретый), растворитель быстро испаряется и на поверхности зерен песка остается твердая пленка связующего. Такой песок представляет собой готовый формовочный материал, хорошо переносящий транспортировку и длительное хранение, пригодный для различных способов изготовления форм и стержней, в том числе пескоструйного.

На рис. 11.37 показана схема изготовления оболочек ускоренным методом на двухпозиционной пескоструйной машине с двусторонним нагревом и подпрессовкой оболочковой полуформы. На первой позиции (рис. 11.37,а) происходит надув плакированного песка в зазор между горячей модельной 1 и холодной контурной плитой 2, закрепленной на пескоструйной головке машины 3 и слу-

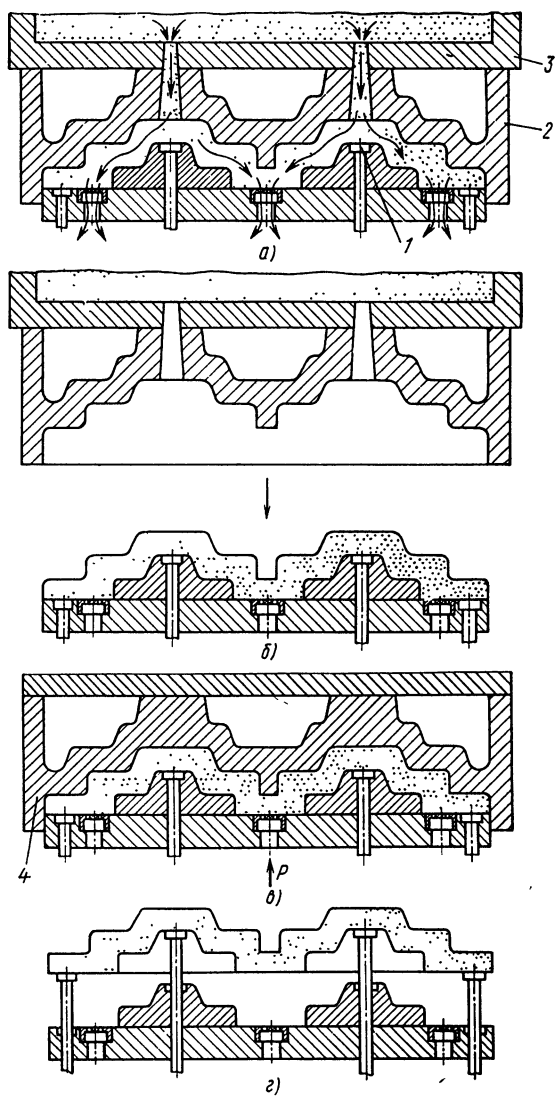


Рис. 11.37. Схема пескоструйно-прессового метода изготовления оболочковых полуформ

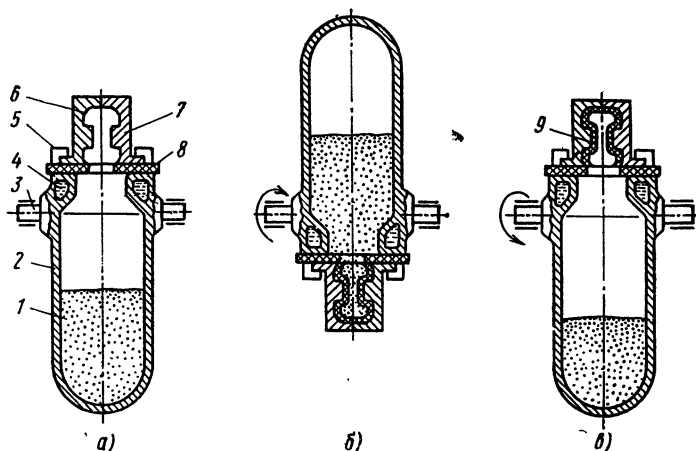


Рис. 11.38 Изготовление оболочкового стержня на установке с поворотным бункером:

а — исходное положение, *б* — поворот бункера с закрепленным стержневым ящиком на 180° и заполнение ящика песчано-смоляной смесью; *в* — возвращение бункера в исходное положение, сброс в него из ящика избытка смеси и формирование в горячем ящике полою стержня; 1 — песчано-смоляная смесь, 2 — бункер, 3 — цапфы, 4 — горловина бункера с кольцевым каналом для подачи охлаждающей воды, 5 — крепление ящика к крышке 8 бункера; 6, 7 — половинки ящика, 9 — готовый оболочковый стержень

жащей для предварительного формирования внешней (нерабочей) поверхности полуформы. После предварительного формирования оболочки модельная плита вместе с оболочкой опускается вниз (рис. 11.37,б) и перемещается на вторую позицию (рис. 11.37,в), где находится горячая контурная плита 4. Здесь за счет двустороннего нагрева с допрессовкой снизу завершается изготовление оболочковой полуформы, после чего она снимается толкателями с модельной плиты (рис. 11.37,г) и подается на сборку форм.

Для изготовления оболочковых стержней могут быть использованы также поворотные бункера (рис. 11.38), пескодувные (рис. 11.39), центробежные (рис. 11.40) и другие устройства.

К достоинствам метода литья в оболочковые формы относятся повышенная размерная точность и высокое качество поверхности получаемых отливок как из цветных, так и черных сплавов. В направлениях, не пересекающих разъем формы, достигается точность, соответствующая 11—16-му квалитетам СТ СЭВ 144—75, а ше-

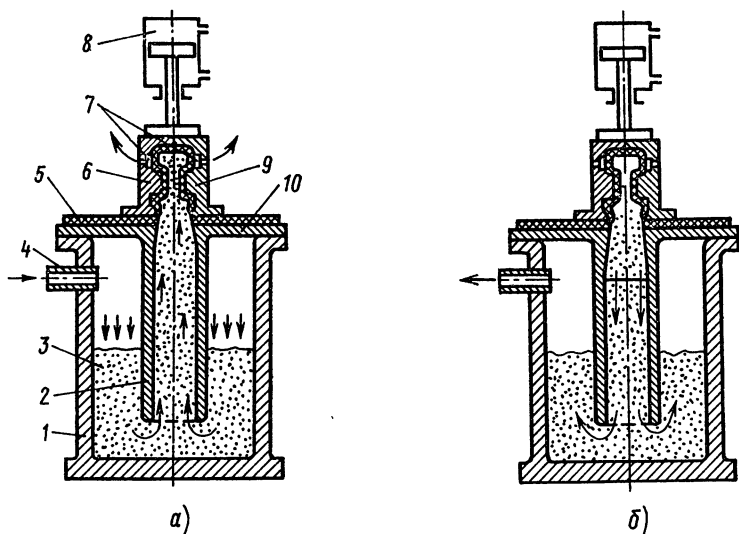


Рис. 11.39. Пескодудная установка для изготовления оболочковых стержней с надувом плакированной песчано-смоляной смеси снизу: *a* — надув смеси в горячий ящик и начало формирования стержня, *б* — сброс в бункер излишка смеси и завершение процесса формирования стержня в горячем ящике; 1 — бункер, 2 — патрубок для подачи песчано-смоляной смеси в ящик, 3 — песчано-смоляная плакированная смесь, 4 — патрубок для подвода в бункер сжатого воздуха, 5 — теплоизоляционная прокладка, 6, 9 — половинки стержневого ящика, 7 — венты для отвода воздуха из ящика, 8 — пневматическое устройство для закрепления ящика на бункере, 10 — крышка бункера

роховатость поверхности отливок в пределах R_a 1,6—12,5 мкм при высоком качестве оснастки, оптимальных составах формочной смеси и режимах изготовления форм. Отличная заполняемость оболочковых форм расплавом позволяет получать сложные отливки с толщиной стенок в отдельных случаях 1,5—2 мм.

Непродолжительность цикла изготовления оболочковых форм и стержней создает наиболее благоприятные условия для комплексной механизации и автоматизации процесса. Масса оболочковых форм в среднем равна массе получаемых в них отливок, т. е. в 5—10 раз меньше, чем масса песчано-глинистых форм. Вследствие этого замена песчано-глинистых форм оболочковыми приводит не только к повышению качества отливок, но и к сокращению потребности в производственных площадях, оборудовании, транспортных операциях, а также улучшает условия труда. Особенно эффективно

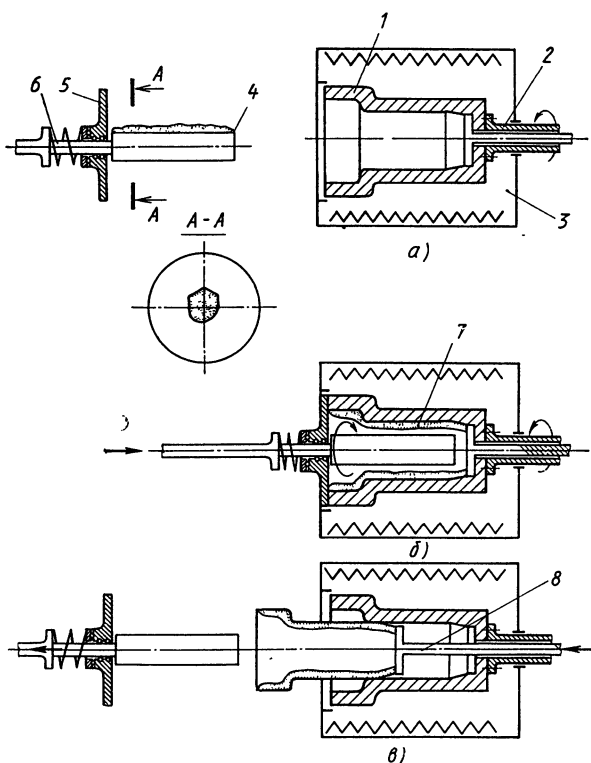


Рис. 11.40. Центробежный метод изготовления оболочковых стержней:

а — исходная позиция (горячий) стержневой ящик 1, *б* — позиция изготовления стержня (ввод в ящик, поворот лотка, распределение смеси под действием центробежных сил по стенкам ящика и формирование стержня 7), *в* — позиция удаления из ящика готового стержня с помощью пневматического выталкивателя 8; 2 — ось вращения ящика, 3 — нагревательная печь, 4 — поворотный лоток с мерной дозой песчано-смоляной смеси, 5 — диск, закрывающий вращающийся ящик 1 при засыпке в него смеси, 6 — ось поворота лотка 4

использование оболочковых стержней, которые применяют при литье в кокиль, в песчано-глинистые, песчано-жидкостекольные и другие формы. По сравнению с обычным песчаным стержнем оболочковый стержень легче и прочнее, причем приобретает высокую прочность до извлечения из стержневого ящика, поэтому имеет точные размеры и не нуждается в дополнительном упрочнении металлическими каркасами и сушкой.

Малая шероховатость рабочей поверхности оболочковых стержней, высокая поверхностная прочность их и несклонность к образованию пригара позволяют получать сложные полости в отливках с чистой поверхностью без дополнительной обработки резанием. После заливки расплава оболочковый стержень вследствие деструкции и выгорания смолы разупрочняется и не препятствует усадке охлаждающейся отливки, а при выбивке легко удаляется из ее полости, тогда как сплошные песчаные стержни разупрочняются не полностью, что вызывает затрудненную усадку в отливках и усложняет их очистку от остатков стержневой массы, особенно при наличии металлических каркасов.

Существенным преимуществом оболочковых стержней по сравнению с песчаными на основе водорастворимых связующих является их негигроскопичность и пригодность для длительного хранения без снижения прочности и других эксплуатационных свойств, а также исключительно высокая способность отводить через тонкую стенку и внутреннюю полость образующиеся в форме газа.

Область применения литья в оболочковые формы ограничивается дороговизной и сложностью изготовления модельной оснастки, а также высокой стоимостью формовочных материалов (обогащенных кварцевых, цирконовых песков) и особенно связующих (фенолоформальдегидных смол). Поэтому метод литья в оболочковые формы широко применяют в крупносерийном и массовом производстве преимущественно мелких (до 10—15 кг) сложных по форме и тонкостенных деталей, например ребристых цилиндров для мотоциклов и малолитражных автомобилей, коленчатых валов для автомобилей и тракторов, зубчатых колес, стальных звездочек для сельскохозяйственных машин.

11.5. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ

Центробежным литьем называют способ изготовления отливок, при котором залитый в форму расплав подвергается воздействию центробежных сил. Центробежные силы возникают в расплаве при заливке его во вращающуюся форму или в результате приведения во вращательное движение уже заполненной металлом формы (метод центрифугирования). Обычно расплав подвергается воздействию центробежных сил как в

период заполнения формы, так и кристаллизации вплоть до полного затвердевания отливки.

При центробежном литье каждая частица залитого во вращающуюся форму расплава испытывает действие силы тяжести $P_T = mg$ и центробежной силы $P_{ц.б} = m\omega^2 r$, где m — масса частицы; g — ускорение свободного падения; ω — угловая скорость вращения формы; r — радиус вращения частицы (расстояние ее от оси вращения). Центробежная сила, действующая со стороны частицы m на соседние, направлена радиально от оси вращения и представляет собой дополнительную силу тяжести, возникающей во вращаемой материальной частице. При центробежном литье эта сила в несколько раз больше силы тяжести. Отношение $P_{ц.б}/P_T = m\omega^2 r/mg = K$, показывающее, во сколько раз центробежная сила превышает силу тяжести, называется гравитационным коэффициентом K (коэффициентом утяжеления), характеризующим изменение физических условий при центробежном литье по сравнению с литьем под действием гравитационных сил.

Под действием центробежной силы возникают гидродинамические и гидростатические явления, определяющие особые условия заполнения формы, охлаждения и кристаллизации металла: изменяются движение конвекционных потоков, геометрия свободной поверхности расплава, величина и распределение давления в нем и на стенки литейной формы, скорость течения расплава в каналах литниковой системы. Возрастают силы, действующие на содержащиеся в расплаве шлаковые, газовые и другие включения, изменяются скорость и траектория их всплывания, а также условия охлаждения отливок, их кристаллизации, фильтрации жидкой фазы в затвердевающем слое и питания отливок. В результате проявляются следующие основные достоинства процесса центробежного литья: улучшение заполняемости форм расплавом, возможность получения тонкостенных отливок с четкой проработкой их контуров; улучшение питания отливок, измельчение их структуры, интенсивное очищение расплава от неметаллических включений, следовательно, возрастание механических свойств отливок, их герметичности; возможность литья деталей, имеющих форму тел вращения (труб, втулок и др.), без применения литниковых систем и стержней, а также двухслойных и многослойных деталей типа прокатных валков, труб с сочтанием в одной отливке сплавов с

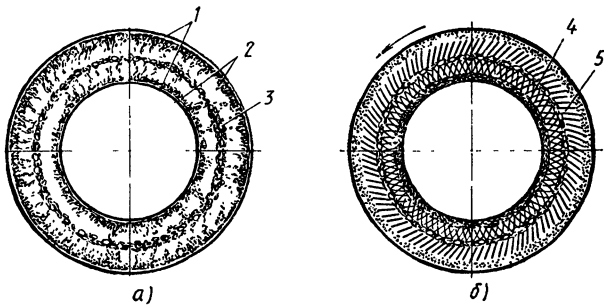


Рис. 11.41. Схемы структур отливок, изготовленных в неподвижной (а) и во вращающейся (б) формах

различными свойствами; повышение точности и стабилизация размеров отливок и, следовательно, увеличение коэффициентов использования металла, весовой точности, необрабатываемых поверхностей. Центробежное литье является высокопроизводительным, легко автоматизируемым процессом, обеспечивающим высокие технико-экономические показатели производства (съем с квадратного метра площади цеха, низкий брак отливок и т. д.), благоприятные условия труда.

Различают ряд разновидностей процесса, классифицируемых по положению оси вращения (вертикальное, горизонтальное, наклонное, изменяющееся во время заливки); материалу и методу изготовления формы (металлические, керамические, песчаные, комбинированные); положению полости формы по отношению к оси вращения (ось формы совпадает с осью вращения либо форма находится вне оси вращения); конфигурации отливки (труба, втулка, кольцо, асимметричная деталь); материалу отливки.

Большинство отливок трубчатой формы изготавливают на машинах с горизонтальной или наклонной осью вращения. При этом можно получить без применения стержней полые цилиндрические равностенные детали повышенной плотности. На рис. 11.41 схематически показана в поперечном разрезе макроструктура цилиндрических отливок, изготовленных в неподвижной (а) и во вращающейся (б) формах. В случае рис. 11.41,а кристаллизация металла начинается на наружной (образаемой формой) и внутренней (образуемой стержнем) поверхностях отливки с формирования плотного

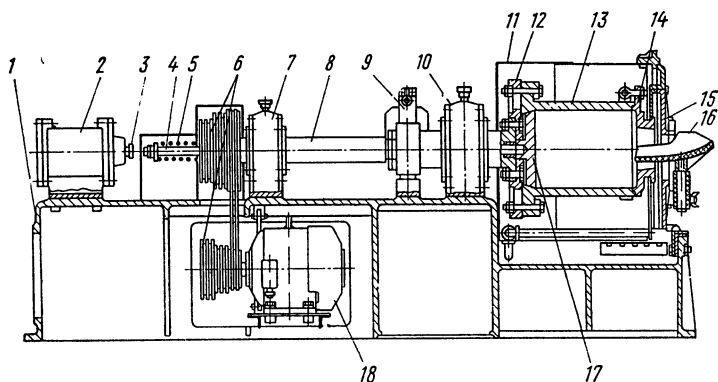


Рис. 11.42. Центробежная машина для отливки цилиндрических заготовок

мелкозернистого слоя металла *1* (литейной корочки). Затем по мере прогрева формы и стержня, а также образования зазора между кристаллизующей отливкой и формой интенсивность и направленность отвода теплоты резко снижаются, образуются более крупные кристаллы *2*, а находящиеся в расплаве неметаллические включения, выделяющиеся при охлаждении его газы (ранее бывшие в растворенном состоянии), легкоплавкие компоненты оттесняются в среднюю часть *3* стенки отливки, где при недостаточном питании образуется также усадочная пористость. Таким образом, средняя часть стенки отливки оказывается наименее качественной.

При центробежном литье (рис. 11.41,б) протекает направленная кристаллизация от стенки формы с подпиткой затвердевающих слоев расплавом под центробежным давлением. Постоянное перемещение частиц металла под действием центробежных сил способствует измельчению структуры отливки. Неметаллические включения, имеющие меньшую плотность, чем расплав (шлак, газы), оттесняются в сторону оси вращения к внутренней поверхности отливки. Этот недоброкачественный слой *4* металла может быть удален механической обработкой, а основная масса металла отливки *5* оказывается плотной, с высокими механическими свойствами. Процесс литья осуществляется на специальных машинах с вертикальной, горизонтальной или наклонной осью вращения.

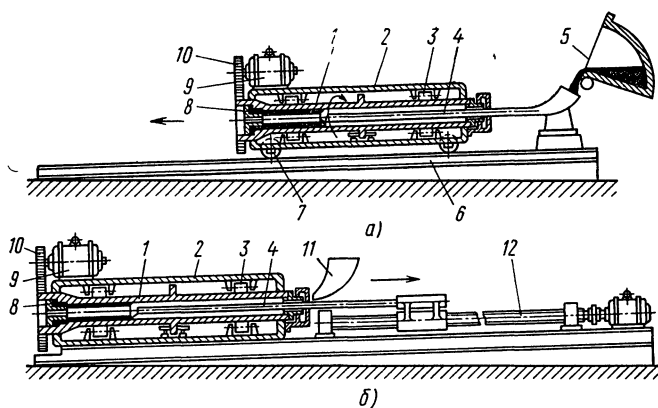


Рис. 11.43. Схемы центробежных труболитейных машин: *a* — с перемещающейся изложницей, *б* — с перемещающимся желобом; 1 — изложница, установленная в корпусе 2 на роликовых опорах 3, 4 — неподвижный желоб, 5 — заливочный ковш, 6 — рельсовый путь для тележки 7, перемещающей корпус с изложницей в направлении *B*, 8 — песчаный стержень для формирования фланца и раструба, 9 — электродвигатель, приводящий во вращение изложницу через систему шестерен 10 (либо клиноременную передачу), 11 — заливочное устройство, 12 — винтовой привод перемещения желоба

На рис. 11.42 представлен общий вид центробежной машины с горизонтальной осью вращения для отливки в металлической форме (изложнице) втулок. На станине 1 машины смонтированы пневмоцилиндр 2 выталкивателя 3 отливок, полая ось 8 вращения (шпиндель) машины с фланцем 12, на котором консольно закреплена изложница 13. Полая ось установлена на подшипниках опор 7, 9 и 10. Шпиндель приводится во вращение от электродвигателя 18 через шкивы 6 с помощью клиноременной передачи. Изложница находится внутри неподвижного защитного кожуха 11, в нижней части которого имеется ванна, заполняемая водой для интенсификации охлаждения изложницы. Кожух 11 с торца закрывается дверцей 15, на которой закреплен желоб 16. Сама изложница имеет съемную боковую стенку 14, препятствующую выплеску металла при заливке и оформляющую передний торец отливки. Перед началом работы машины дверца кожуха 15 открыта, желоб отведен в сторону, боковая стенка 14 изложницы открыта или снята. После подготовки изложницы к работе (подогрева, смазки или нанесения теплоизоляционного

слоя) на ней закрепляют стенку 14, закрывают дверцу 15 кожуха, а желоб 16 при этом вводят своим носком в полость изложницы (как показано на схеме). Включается привод и во вращающуюся изложницу по желобу заливается мерная доза расплава, необходимая для получения отливки с требуемой толщиной стенки. После затвердевания металла во вращающейся изложнице она останавливается, открывается дверца 15, снимается стенка 14 и готовая отливка удаляется с помощью подвижной задней торцевой стенки 17 изложницы в результате давления на нее, передаваемого с помощью пневмоцилиндра 2 толкателем 3 через шток 4, на котором стенка 17 жестко закреплена. После выталкивания отливки и возвращения в исходное положение выталкивателя 3 пружина 5 смещает влево шток 4, расположенный внутри полого шпинделя 8, и подвижная стенка 17 занимает исходное положение.

При отливке протяженных труб (водопроводных, канализационных и др.) для равномерного распределения расплава по всей длине изложницы необходимо (рис. 11.43) либо перемещать ее на специальной тележке в направлении вдоль желоба (а), либо выдвигать в направлении *H* желоб, введенный на полную глубину в полость изложницы (б). Установка машины с уклоном 3—5° в сторону раструба отливки способствует лучшему стеканию металла с желоба и распределению его по длине изложницы. Для интенсификации охлаждения изложницы в зазор между ней и корпусом подается вода.

Контрольные вопросы

1. Какими достоинствами обладает способ кокильного литья?
2. Как производится дозирование расплава при литье в кокиль?
3. Для изготовления отливок из каких сплавов наиболее широко используются процессы литья под давлением и в кокили?
4. В чем сущность процесса изготовления оболочковых форм и стержней?
5. Из чего изготавливают выплавляемые, растворяемые и выжигаемые модели?
6. Как изготавливают многослойную оболочковую форму по выплавляемым моделям?
7. В чем сущность и достоинства центробежного метода литья?
8. В производстве каких отливок проявляются в наибольшей степени достоинства центробежного метода литья?
9. По каким основным признакам классифицируются машины для литья под давлением?

12. КОНТРОЛЬ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

12.1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Контроль исходных формовочных материалов (см. гл. 4), как правило, проводит лаборатория формовочных материалов, входящая в систему центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ). Кварцевые пески проверяют на содержание глинистой составляющей, определяют их зерновой состав, что дает возможность установить класс песка, группу его зернистости и категорию по ГОСТ 2138—85. Формовочные глины контролируют в основном на содержание двуокиси кремния, глинистой составляющей и серы, на прочность при сжатии в сухом и влажном состояниях.

Контроль шихтовых материалов проводят руководители групп входного контроля (ГВК) на основе сертификата и паспорта на поступающие на склад завода основные и вспомогательные материалы по приведенным ниже нормам (табл. 12.1).

12.1. Нормы контроля шихтовых материалов

Материалы	Марка партии, т	Число контролируемых проб от партии	Контролируемая партия
Ферромарганец доменный	62	6	Каждая
Марганец металлический	0,1	6	Каждая третья
Медь фосфористая	0,05	5	То же
Литейный и передельный чугун	62	6	Каждая
Стальной и чугунный лом	20	5	Каждая десятая
Огнеупорный кирпич	62	1	Каждая третья

При разгрузке и укладке в штабеля металлических чушек проводят визуальный контроль их на наличие (отсутствие) дефектов и соответствие размеров. На проверенную партию вешают бирку со штампом ОТК, в которой указывают марку металла, номер сертификата и дату приемки. По усмотрению ОТК (лаборатории) завода проводят выборочный или 100%-ный контроль материалов. С этой целью по требованию и под контролем ОТК работники склада шихтовых материалов отбира-

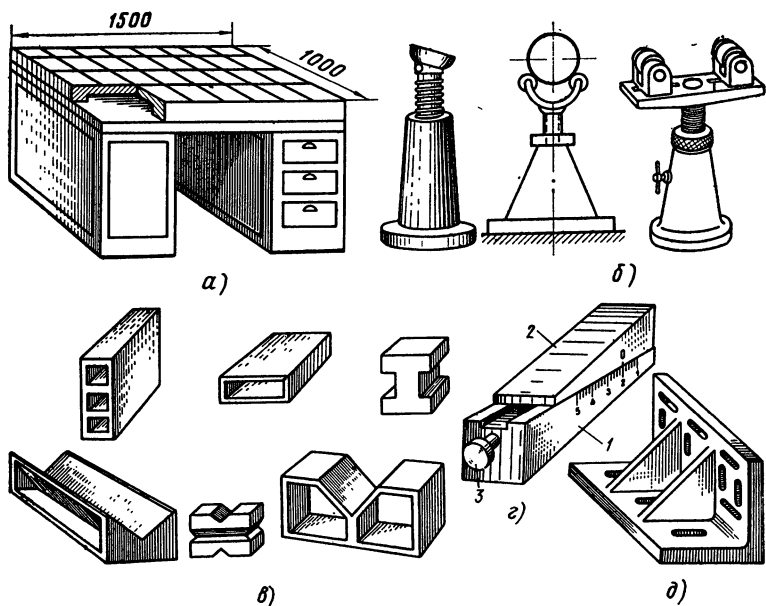


Рис. 12.1. Приспособления разметочного пункта:

а — разметочная плита, *б* — домкраты, *в* — опоры, *г* — регулирующие клинья, *д* — установочный угольник

ют пробы металлов, которые доставляют в центральную заводскую лабораторию (ЦЗЛ) для установления химического состава. Отбор проб металлических материалов производят отрезкой кусков газопламенными горелками или отбивкой (хрупких), а сыпучих — специальными пробоотборниками. Одновременно с этим работники ОТК контролируют условия складирования и хранения шихтовых материалов, флюсов и раскислителей с учетом сертификатов, а также принятой на заводе классификации, что обеспечивает благоприятные условия для шихтовки и получения расплавов с точно заданным химическим составом. Одновременно контролируют степень подготовки шихтовых материалов к плавке (размеры и массу кусков чугунного и стального лома, величину кусков кокса и др.).

Контроль кокса проводят на содержание серы (не выше 10%), зольность и влажность (не более 4%). Размер кусков должен быть 50—100 мм в поперечнике, пористость — не более 30%, а число трещин — минимальным. Содержание летучих веществ в коксе не

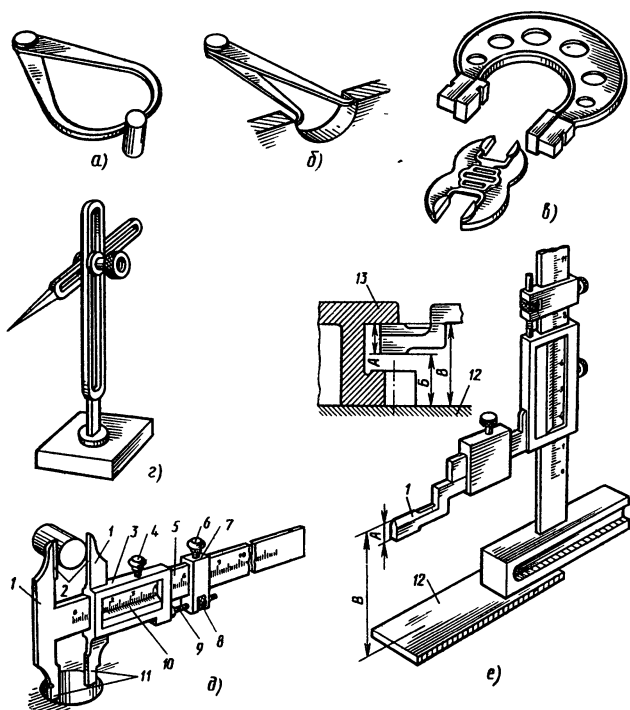


Рис. 12.2. Разметочные и измерительные инструменты:
а — кронциркуль, *б* — нутромер, *в* — калибры, *г* — рейсмус,
д — штангенциркуль, *е* — штангенрейсмус; *1* — губки, *2* —
 измерительные плоскости, *3* — рамка нониуса, *4, 6, 9* — винты,
5 — штанга, *7* — хомутик, *8* — гайка, *10* — нониус,
11 — измерительные поверхности для контроля внутренних
 размеров, *12* — разметочная плита, *13* — отливка; *A* — высота
 губки; *B* — показание по шкале штангенрейсмуса; *B* — контро-
 лируемый размер отливки

должно превышать 1,2%. Важным показателем качества кокса является его прочность, которая определяется разрушением кусков во вращающемся барабане.

12.2. ПООПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

Этот вид контроля называют также скользящим, так как его проводят непосредственно на рабочих местах литейного цеха после завершения операций.

Контроль модельного комплекса (см. гл. 2) проводят работники бюро технического контроля модельного цеха. К основным показателям, определя-

ющим качество модельного комплекта, относят точность конфигурации и размеров, а также шероховатость рабочих поверхностей.

Контроль размеров осуществляют на разметочном пункте, где объект контроля фиксируют в заданном положении на чугунной контрольной плите с помощью специальных установочных приспособлений (рис. 12.1). Разметку ведут с помощью специальных инструментов (рис. 12.2). Особое внимание уделяют разметке при изготовлении модельных плит, разъемных моделей и стержневых ящиков, так как в этих случаях необходимо обеспечить строгую соосность и совпадение контуров рабочих поверхностей. При изготовлении модельной оснастки из металла или пластмассы размечают их литые заготовки, которые затем обрабатывают резанием на металлорежущих станках (фрезерных, копировально-фрезерных, токарных и др.) и подвергают слесарной доводке.

Правильность изготовления элементов модельного комплекса устанавливают внешним осмотром рабочих поверхностей с целью выявления подлежащих заделке дефектов (для деревянной оснастки — сучки, трещины и т. п.), проверки надежности фиксации и свободной посадки отъемных частей в гнезда корпуса вытряхных ящиков, конфигурации и крепления галтелей (см. рис. 2.18) и т. п.

После приемки модельный комплект направляют в литейный цех для получения контрольной отливки. Одобрение ее качества, отвечающего требованиям чертежа (см. рис. 2.21, в) и ТУ, является основанием для дачи положительного заключения и составления акта об окончательной приемке модельного комплекта.

Контроль формовочных и стержневых смесей проводят цеховые лаборатории формовочных материалов, как указано в гл. 3. Некоторые особенности контроля предусмотрены для самотвердеющих смесей. Так, жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) контролируют на подвижность, прочность и газопроницаемость при затвердевании (в упрочненном состоянии). Смесей, твердеющих в холодном состоянии (ХТС), дополнительно контролируют на сжатие.

Контроль песчано-глинистых форм проводят на основе технологических инструкций технологи и мастера на рабочих местах формовочного отделения литейного цеха. При ручной формовке контрольными

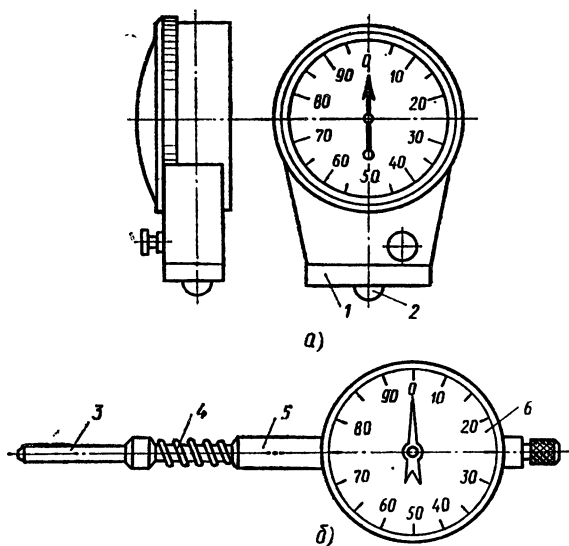


Рис. 12.3. Твердомеры:

a — шариковый для сырых форм, *б* — с иглой для химически затвердевших форм; *1* — опорная поверхность, *2* — шарик, *3* — стальная игла, *4* — пружина, *5* — неподвижный шток, *6* — индикатор

показателями являются степень уплотнения смеси в форме, определяемая с помощью твердомеров (рис. 12.3,*a*), надежность укрепления выступающих частей формы стальными крючками и «солдатиками» (при набивке формы) или шпильками, гвоздями (при отделке формы), число и расположение вентиляционных каналов, правильность установки холодильников, а также оформления в форме каналов элементов литниковой системы, надежность установки и фиксации стержней при сборке формы. При этом особое внимание обращают на качество жеребеек (отсутствие ржавчины, сохранность поверхностного слоя олова).

При машинной формовке объем контрольных операций резко снижается за счет отсутствия проверки качества уплотнения смеси в форме, которое обеспечивается наладкой механизмов формовочной машины или приборами автоматического регулирования, а также правильности оформления в форме элементов литнико-

во-питающих систем, модели которых монтируют на модельных плитах (см. рис. 2.5). Учитывая возможный износ штырей и втулок, технолог и мастер формовочного отделения контролируют состояние и качество опочной оснастки.

Контроль песчано-глинистых стержней проводят технолог и мастер стержневого отделения литейного цеха непосредственно на рабочих местах на основе технологических инструкций. В процессе формовки стержней визуально контролируют правильность установки каркасов и наличие вентиляционных систем, а на готовом стержне — прочность твердомером с иглой (рис. 12.3,б), точность конфигурации и размеров, качество сушки и окраски (ровный слой, отсутствие подтеков). Заключительной контрольной операцией является разбраковка стержней с целью предупреждения брака на последующих операциях. Учитывая износ стержневых ящиков, технолог и мастер систематически контролируют их состояние и правильность сборки (наличие и четкость фиксации отъемных частей, надежность крепления подъемов, повреждения рабочей поверхности и др.).

Контроль процессов плавки проводят технолог и мастер плавильного отделения, которые работают в тесном контакте с сотрудниками цеховой контрольно-измерительной лаборатории. Контроль процесса плавки начинается с проверки правильности взвешивания исходных шихтовых материалов (см. рис. 6.6) и составления шихты (см. гл. 6). Контроль за работой плавильных печей ведется на основе технологической инструкции и включает периодическое наблюдение за сходом-опусканием в шахту загружаемых колош (порций) шихты; замер температур расплава в ванне специальными термопарами (см. рис. 9.5,б) при плавке стали в дуговых электрических печах (см. рис. 7.1); замер термопарами температур поступающего в вагранку дутья и отходящих из нее газов; анализ шлака (химический состав, вязкость, кислотность); замер выпускаемого из вагранки чугуна расплава термопарой погружения (см. рис. 6.1); замер количества поступающего в вагранку воздуха или кислорода с помощью приборов расходомеров. В современных конструкциях вагранок автоматическая подача колош шихтовых материалов и их планомерное опускание в шахту обеспечивается электроконтактным указа-

телем уровня шихты, смонтированным около загрузочного окна (см. рис. 6.10).

Контроль литейных расплавов проводят работники контрольно-измерительной лаборатории литейного цеха: определяют химический состав выпускаемого из плавильной печи литейного расплава (см. 12.4); замеряют его температуру специальной аппаратурой (см. рис. 9.5); определяют жидкотекучесть литейного расплава (см. рис. 5.1); устанавливают склонность сплава к усадке, отбелу, образованию трещин, способность к раскислению (характерно для стали и сплавов цветных металлов) отбором технологических проб расплава и последующим анализом.

Контроль заливки литейных форм осуществляют мастера плавильного и формовочного отделений и рабочие — формовщики и заливщики. Контроль включает проверку готовности разливочных ковшей (степень просушки футеровки, надежность элементов подвески ковша к грузоподъемному механизму) и формы к заливке (правильность и прочность установки литниковых и выпорных надставок, надежность скрепления полуформ (см. рис. 2.26), проверку температуры заливаемого в форму расплава оптическим пирометром или термопарой погружения в ковш (см. рис. 9.5). При заливке форм особое внимание обращают на соблюдение условий поступления расплава в форму (минимальная высота падения струи и ее непрерывность), прекращение заливки после выхода расплава в выпорную надставку.

Контроль финишных операций проводят мастера участков выбивки форм, обрубки и зачистки отливок. Контрольным показателем выбивки форм является длительность охлаждения — формирования отливки, которая устанавливается опытным путем. В табл. 12.2 приводятся рекомендации по выбору этого показателя для стальных и чугунных отливок. При нарушении этих норм возможно образование горячих трещин, искажение геометрии — коробление и др. (см. 12.3). После очистки, когда отливки освобождены от приставшей к их поверхности формовочной смеси, их осматривают мастера цеха с целью изъятия явно бракованных отливок.

Прооперационный контроль называют также профилактическим, так как в результате его проведения удается снизить брак литейного цеха, который мог об-

12.2. Режимы охлаждения отливок в форме

Характеристика отливок		Длительность охлаждения сплавов, ч	
масса, кг	средняя толщина стенок, мм	стальных	чугунных
До 10	5—15	0,2—0,5	0,2—0,4
10—50	15—20	0,5—0,8	0,4—0,6
50—100	15—30	2—5	0,8—2,0
100—500	20—50	6—8	4,0—6,0
500—2000	30—80	18—24	18—20
2000—10 000	50—120	36—50	24—36

разоваться за счет нарушения технологической дисциплины при выполнении описанных выше операций.

12.3. ДЕФЕКТЫ ОТЛИВОК И МЕТОДЫ ИХ ИСПРАВЛЕНИЯ

Дефекты. Среди основной массы доброкачественных отливок оказывается некоторое их количество с дефектами, образующимися из-за нарушения технологической дисциплины. Согласно ГОСТ 19200—80, различают дефекты отливок по несоответствию геометрии (недолив, перекося, разностенность, коробление и др.) или несплошности металла отливки (горячие трещины, холодные трещины, газовая пористость, усадочная раковина, усадочная пористость, песчаные раковины и др.), по несоответствию металла отливки требуемой структуре (отбел, ликвация и др.) и наличию включений (металлических, неметаллических и др.).

Дефекты делят на две группы — неисправимые и исправимые. Неисправимые дефекты (обычно крупные) исправить невозможно или невыгодно, поэтому отливку с такими дефектами считают негодной для использования (бракованной) и направляют на переплавку. Исправимые (обычно мелкие) дефекты устраняют с целью сделать отливку пригодной для дальнейшей обработки и использования.

Как показал опыт работы многих литейных цехов, производящих фасонные отливки в разовых песчаноглинистых формах, наиболее распространенными дефектами отливок являются раковины и трещины (рис. 12.4).

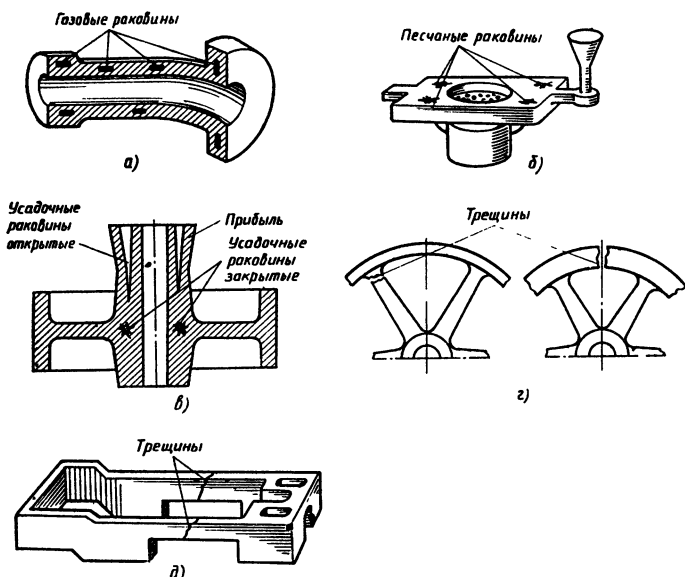


Рис. 12.4. Основные виды дефектов отливок:

а — закрытые газовые раковины, *б* — раковины, образованные песчано-глинистой смесью, *в* — усадочные раковины, *г* — холодные трещины, *д* — горячие трещины

Газовые раковины (рис. 12.4, *а*) — пузыри воздуха или газов, которые остались в теле отливки после ее формирования в литейной форме. Они имеют чистую, гладкую поверхность и округлую форму, могут быть открытыми и закрытыми (внутренними), одиночными и в виде мелких пор. Газовые раковины образуются из-за недостаточной газопроницаемости и повышенной влажности формовочных смесей, чрезмерно плотной набивки смеси в форме, низкой температуры заливаемого в форму расплава, из-за использования ржавых жеробок, а также неправильного выбора конструкции литниковой системы.

Песчаные раковины (рис. 12.4, *б*) — чаще всего открытые, различной формы пустоты в теле отливки, частично или целиком заполненные формовочной смесью.

Они образуются из-за разрушения или обвала отдельных частей формы при заливке в нее расплава, что является следствием неравномерной набивки смеси или недостаточного упрочнения выступающих частей формы,

а также неправильного выбора конструкции литниковой системы.

Усадочные раковины (рис. 12.4, в) — открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие неровную внутреннюю поверхность. Они обычно образуются во время формирования отливки в утолщенных ее местах и являются следствием нетехнологичности конструкции детали, в которой допущено сочетание массивных мест с тонкими стенками или имеются очень массивные узлы. Усадочные раковины могут также образовываться при неправильном подводе расплава в полость формы, вследствие недостаточного размера прибыли (см. рис. 12.4, в), из-за слишком высокой температуры расплава при заливке и по другим причинам.

Усадочные трещины (рис. 12.4, г) — разрывы тела отливки, характеризующиеся небольшой шириной и значительной длиной, образующиеся в местах сочленения стенок с резким перепадом их толщин. Холодные трещины образуются в процессе формирования отливок в форме вследствие внутренних напряжений в металле; имеют светлую (неокисленную) поверхность. Основной причиной образования холодных трещин является неодинаковая скорость охлаждения толстых и тонких мест отливок, приводящая к резким перепадам температур и образованию внутренних напряжений в отливке.

Горячие трещины (рис. 12.4, д) — разрывы тела отливки со значительной шириной и небольшой протяженностью. Они образуются в процессе формирования отливки в форме при высоких температурах, а потому имеют темную окисленную поверхность. Причинами образования горячих трещин могут быть плохо выполненное раскисление расплава, недостаточная податливость стержней и выступающих частей формы во время формирования в ней отливки, а также ранняя выбивка отливок из формы.

Методы исправления дефектов отливок. В настоящее время наиболее распространенными методами исправления дефектов отливок являются заделка замазками или мастиками, пропитка различными растворами, газовая и электрическая заварка.

Заделка дефектов замазками или мастиками является декоративным исправлением и допускается только для мелких поверхностных раковин на отливках неответственного назначения. Перед за-

полнением замазкой дефектные места очищают от грязи и обезжиривают бензином, а после заделки раковины мастикой исправленное место заглаживают гладилкой, высушивают и затирают куском пемзы, графита или кокса. Хорошие результаты декоративного исправления достигаются при использовании замазки на основе измельченной чугушной стружки, в которой связующим веществом является эпоксидная смола.

Пропитывание растворами применяют с целью устранения пористости отливок, подвергающихся гидравлическому испытанию. Оно проводится погружением на 8—12 ч отливок (канализационные трубы и др.) в ванну водного раствора хлористого аммония (нашатыря). Проникая в промежутки между зернами структуры литейного сплава, раствор образует оксиды, которые закупоривают поры и, таким образом, устраняют течь — просачивание влаги через стенки отливки.

Заварку обычно применяют для исправления дефектов (раковин значительных размеров и трещин) в местах отливок, испытывающих большие нагрузки. Она заключается в сильном разогреве (до оплавления) места расположения дефекта с последующей его заделкой расплавленным присадочным материалом. В качестве присадочного материала используют литейный сплав или электроды, которые по своим свойствам не отличаются от свойств металла отливки. Разогрев места дефекта и расплавление присадочного материала производится пламенем кислородно-ацетиленовой горелки (газовая заварка) или с помощью специальных сварочных аппаратов (электрическая заварка). Во избежание появления трещин отливки перед заваркой нагревают до 350—600°C, а после заварки медленно охлаждают до температуры цеха. Для улучшения обрабатываемости отливки после заварки подвергают отжигу.

Исправленные любым методом отливки подвергают контролю и приемке работниками ОТК.

12.4. ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ОТЛИВОК

Этот комплексный метод контроля ставит задачей проверку качества отливок, ранее прошедших визуальный контроль, исследованием их свойств. Основанием для контроля служат ГОСТы, ТУ и технологические ин-

струкции. Контроль осуществляют сотрудники лабораторий.

Химический состав. Для его определения применяется два метода — химический и спектральный анализы. Для определения химического состава по ГОСТ 7565—81 применяется стружка, полученная сверлением литого (из исследуемого сплава) образца в виде конусного цилиндра массой не более 1 кг — для химического анализа и менее 0,05 кг — для спектрального анализа.

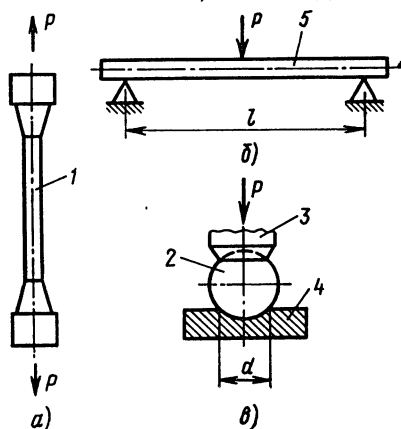


Рис. 12.5. Схема контроля основных механических свойств чугунных сплавов:

a — прочности при растяжении, *б* — прочности при изгибе, *б* — твердости отливки

Механические свойства. Основными показателями механических свойств являются прочность, твердость, упругость, пластичность и др.

Прочность сплава определяется величиной усилия, приложенного для разрушения стандартного образца. При этом стальные, алюминиевые и другие образцы испытывают на растяжение (разрыв) и относительное удлинение, а чугунные — на изгиб. Кроме того, все литейные сплавы испытывают на твердость.

Схема проверки прочности чугунных сплавов на растяжение по ГОСТ 24806—81 показана на рис. 12.5, *a*. Выточенный на токарном станке круглый образец 1 закрепляют в зажимах машины и растягивают путем приложения усилия P . Величина разрушающего усилия, приходящаяся на 1 мм^2 поперечного сечения образца, определяет прочность при растяжении $\sigma_{\text{вр}}$ МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$), а величина удлинения образца по сравнению с его первоначальными размерами характеризует относительное удлинение δ .

При проверке на изгиб по ГОСТ 24804—81 специально отлитый из серого чугуна круглый образец 5 диаметром 30 мм и длиной 300 и 600 мм подвергают действию нагрузки P по схеме, показанной на рис. 12.5, *б*.

При этом определяют наибольшее разрушающее усилие P , предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ и величину прогиба средней части образца.

Твердость чугунного сплава определяют по ГОСТ 24805—81 обычно на приборе Бринелля непосредственно на отливке. На поверхность, зачищенную наждаком или напильником, надавливают через обойму 3 очень твердым стальным шариком 2 диаметром 10 мм (рис. 12.5, *в*). Шарик, вдавливаясь под действием нагрузки P (для стали и чугуна 30 000 Н), оставляет на поверхности отливки 4 отпечаток в виде лунки диаметром d . Величина, полученная от деления приложенного усилия на площадь отпечатка, оставленного шариком, характеризует твердость сплава и обозначается НВ.

Упругость — способность сплава принимать первоначальную форму и размеры после прекращения действия нагрузки.

Пластичность (вязкость) — способность сплава изменять первоначальную форму и размеры под действием нагрузки и сохранять новую форму и размеры после прекращения ее действия.

Структура сплавов. Она определяется в металлографической лаборатории. Для этого из отливки готовят шлиф (вырезают из нее кусочек, одну из поверхностей которого отшлифовывают до зеркального блеска) и обрабатывают (травят) его растворами кислот. Неодинаковое окрашивание при травлении различных составляющих сплава дает возможность с помощью микроскопа рассмотреть структуру — внутреннее строение сплава, которое называется микроструктурой в отличие от структуры или излома отливки, рассматриваемых невооруженным глазом, которые называют макроструктурой.

Структуру отливок из серого чугуна с различной формой графита согласно ГОСТ 3443—77 определяют по двум показателям:

1. Форма, распределение, размеры и количество включений графита.

2. Металлическая основа: ее вид, форма перлита, количество перлита, феррита и др.

На рис. 5.3 показаны схемы микроструктур серого чугуна.

Классы точности отливок. Согласно ГОСТ 26645—85, который введен взамен ГОСТ 1855—55 и ГОСТ 2009—55, отливки подразделяют на 16 классов точно-

сти, для которых устанавливаются предельные отклонения смещения от номинального положения элементов отливки по плоскости разъема (табл. 12.3), а также допуски на размеры массы и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья.

12.3. Классы точности отливок

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Предельные отклонения смещения, мм, не более, для классов точности размеров отливок									
	2—3	4—5г	5—6	7г—7	8—9г	9—10	11г—11	12—13г	13—14	15—16
До 630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
Св. 630—1600	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
» 1600—4000	0,40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0
» 4000	0,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0

Контрольные вопросы

1. Каковы задачи предварительного контроля в литейном производстве? Укажите его роль в получении качественных отливок.
2. Перечислите функции пооперационного контроля в литейном производстве. Каковы его задачи?
3. Перечислите основные виды дефектов отливок.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамов Г. Г. Справочник молодого литейщика. М., 1983.
 Беккер М. Б. Литье под давлением. М., 1985.
 Жебин М. И., Сосненко М. Н. Изготовление форм и приготовление литейных расплавов. М., 1982.
 Матюхов В. Г. Техника безопасности в литейном производстве. М., 1980.
 Просяник Г. В. Изготовление оболочковых форм и стержней. М., 1978.
 Святкин Б. К. Литье в кокили. М., 1979.
 Серебряков В. В., Фишкин Ю. Е. Механизированное изготовление стержней в литейном производстве. М., 1980.
 Сухарчук Ю. С., Юдкин А. К. Плавка чугуна в вагранках. М., 1981.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общие сведения о процессах получения отливок	7
1.1. Особенности и разновидности литейных форм	7
1.2. Понятие о процессе получения отливок в разовых песчаных формах	12
1.3. Литниковые системы	16
2. Модельно-опочная литейная оснастка	36
2.1. Модельный комплект	36
2.2. Материалы для модельных комплектов	47
2.3. Краткие сведения о технологических особенностях изготовления модельных комплектов	49
2.4. Понятие о чертеже модельно-литейной технологической разработки	53
2.5. Опочная оснастка	58
2.6. Модельно-опочные комплекты	61
3. Формовочные материалы и смеси	62
3.1. Назначение и свойства формовочных материалов и смесей	62
3.2. Исходные основные и вспомогательные формовочные материалы	64
3.3. Формовочные и стержневые смеси	71
3.4. Вспомогательные составы	77
3.5. Приготовление формовочных и стержневых смесей	78
3.6. Контроль исходных формовочных материалов и смесей	85
4. Технология изготовления разовых песчаных форм и стержней	<u>91</u>
4.1. Ручная формовка	91
4.2. Машинная формовка	105
4.3. Изготовление стержней	121
4.4. Сборка форм	132
5. Литейные сплавы и их свойства	134
5.1. Классификация литейных сплавов	134
5.2. Требования к литейным сплавам	136
5.3. Литейные свойства сплавов	137
5.4. Литейные чугуны	141
5.5. Литейные стали	154
5.6. Медные сплавы	158
5.7. Алюминиевые сплавы	159
5.8. Магниеые сплавы	161
5.9. Титановые сплавы	163
6. Плавка чугуна	164
6.1. Плавка чугуна в вагранках	164
6.2. Плавка чугуна в электрических печах	183
6.3. Плавка белого чугуна	185
7. Плавка стали	186
7.1. Общая характеристика процесса плавки стали	186
7.2. Плавка стали в электрических дуговых печах	190
7.3. Плавка стали в электрических индукционных печах	192
7.4. Плавка стали в мартеновских печах	193
7.5. Плавка стали в конверторе	194
7.6. Методы внепечной обработки стали	195
7.7. Специальные методы электрометаллургии стали	196
8. Плавка и литье сплавов цветных металлов	200

8.1. Особенности плавки и литья медных сплавов . . .	200
8.2. Особенности плавки и литья алюминиевых сплавов	202
8.3. Особенности плавки и литья магниевых сплавов . . .	206
8.4. Особенности плавки и литья титановых сплавов . . .	208
9. Заливка литейных форм	210
9.1. Оборудование и приспособления для заливки форм . . .	210
9.2. Условия заливки форм расплавом	215
9.3. Способы заливки форм	217
10. Выбивка, очистка, обрубка и термическая обработка отливок	221
10.1. Выбивка форм и стержней	221
10.2. Обрубка и очистка отливок	226
10.3. Термическая обработка отливок	230
11. Специальные способы литья	231
11.1. Кокильное литье	231
11.2. Литье под давлением	255
11.3. Литье по выплавляемым моделям	268
11.4. Литье в оболочковые формы	274
11.5. Центробежное литье	283
12. Контроль в литейном производстве	289
12.1. Предварительный контроль	289
12.2. Пооперационный контроль	291
12.3. Дефекты отливок и методы их исправления	296
12.4. Окончательный контроль отливок	299
Список рекомендуемой литературы	302

Учебное издание

Владимир Александрович Озеров

Алла Семеновна Муркина

Михаил Николаевич Сосненко

Основы литейного производства

Заведующий редакцией Г. П. Стадниченко. Научный редактор В. С. Шуляк. Редактор Г. В. Садыков. Младшие редакторы: А. Н. Шахбанова, А. Л. Сидоров. Художественный редактор М. И. Чуринов. Технический редактор А. К. Нестерова. Корректор В. В. Кожуткина

ИБ № 6301

Изд. № М-308. Сдано в набор 15.12.86. Подп. в печать 10.03.87. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 15,96 усл. печ. л. 15,96 усл. кр.-отт. 16,80 уч.-изд. л. Тираж 19 000 экз. Зак. № 2280. Цена 70 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129041, Москва, Б. Переяславская ул., д. 46.