

Г.Б. Некрасов И.Б. Одарченко

# ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА. Плавка, заливка металла, кокильное литье

*Допущено  
Министерством образования  
Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия  
для учащихся учреждений образования,  
реализующих образовательные программы  
профессионально-технического образования  
по специальности «Технология металлургического  
производства и материалообработки»  
(квалификации «Плавильщик металла и сплавов»,  
«Заливщик металла», «Кокильщик-сборщик» )*



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2013

УДК 669.1/.8.01.09+658.5(075.32)

ББК 34.3я723

Н48

Рецензенты: кафедра «Машины и технология литейного производства» Белорусского национального технического университета (заведующий кафедрой – доктор технических наук, профессор *Д.М. Кукуй*); директор РУП «Гомельский завод литья и нормалей» *А.А. Квитанов*

Выпуск издания осуществляется по заказу Республиканского института профессионального образования и при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

### **Некрасов, Г. Б.**

Н48 Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье : учеб. пособие / Г. Б. Некрасов, И. Б. Одарченко. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 223 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-2365-2.

Изложены общие сведения о технологии литейного производства, изготовлении литейных форм и стержней, плавке и заливке металла, кокильном и других специальных способах литья. Рассмотрены вопросы футеровки и подготовки плавильных печей к работе. Описаны конструкции и особенности технологии плавки в современных плавильных агрегатах.

Для учащихся учреждений профессионально-технического образования. Может быть полезно учащимся учреждений среднего специального образования, рабочим и мастерам литейного производства.

**УДК 669.1/.8.01.09+658.5(075.32)**

**ББК 34.3я723**

**ISBN 978-985-06-2365-2**

© Некрасов Г.Б., Одарченко И.Б., 2013  
© Оформление. УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для учащихся учреждений образования, реализующих образовательные программы профессионально-технического образования по специальности «Технология металлургического производства и материалообработки» (квалификации «Плавильщик металла и сплавов», «Заливщик металла», «Кокильщик-сборщик»).

В пособии изложены общие сведения о технологии литейного производства, изготовлении литейных форм и стержней, плавке и заливке металла, кокильном литье и других специальных способах литья, финишных операциях изготовления отливок. Описаны конструкции современных плавильных агрегатов, особенности технологии плавки в них. Рассмотрены вопросы футеровки, подготовки плавильных печей к работе.

Изложены сведения о типах и условиях применения разливочных ковшей, влиянии способов и параметров заливки на качество отливок. Рассмотрены технологические процессы заливки литейных форм на плацу, литейных конвейерах и автоматических линиях.

Приведены требования безопасности при выполнении различных технологических операций.

Учебное пособие может быть полезно учащимся учреждений среднего специального образования, рабочим и мастерам литейного производства.

*Авторы*

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является основной заготовительной базой современного машино-, автомобиле-, станко- и тракторостроения. Сегодня трудно представить отрасли, которые обходились бы без литых изделий из различных сплавов. В основных отраслях промышленности доля литых изделий составляет 30–90%.

В современном машиностроении и быту черные литейные сплавы являются основным конструкционным материалом. Среди них первостепенное значение имеют углеродистые и легированные стали, серые и высокопрочные чугуны.

Изготовление и потребление черных металлов и сплавов в мировом производстве составляет 90% от общего производства металлов.

Объем производства металла вообще и стали в частности уже в течение многих лет определяет уровень экономического развития государств.

Получение металлических изделий путем литья является одним из древнейших способов обработки металлов, истоки которого лежат в бронзовом веке (1–5 тысячелетия до н.э.).

Русские мастера-литейщики владели передовыми для своего времени приемами изготовления отливок. Свидетельством мастерства русских литейщиков прошлого являются образцы литейного искусства: Царь-пушка и Царь-колокол, находящиеся в Московском Кремле, памятник Минину и Пожарскому на Красной площади в Москве, памятник Петру Первому на площади Декабристов в Санкт-Петербурге.

Востребованным остается искусство художественного литья в настоящее время. Ограждения и парапеты, осветительные фонари храма Христа Спасителя в Москве и набережной Невы в Санкт-Петербурге изготовлены гомельскими литейщиками.

Высокие темпы развития литейного производства требуют большого числа квалифицированных рабочих-литейщиков, подготовка которых ведется в учреждениях образования, реализующих образовательные программы профессионально-технического и среднего специального образования.

Данное учебное пособие написано в соответствии с программой, утвержденной Министерством образования Республики Беларусь, для подготовки в учреждениях образования плавильщиков металла и сплавов, заливщиков металла, кокильщиков-сборщиков.

Учебный материал пособия изложен с учетом современного состояния техники и технологии литейного производства, описаны технологические процессы производства ведущих машиностроительных и литейных предприятий.

# ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

## 1.1. Способы получения отливок

Литые детали, или отливки, производят путем заливки расплавленного металла в разовые и многоразовые литейные формы.

Разовые литейные формы изготавливают из формовочных смесей и формовочных масс. После заливки такие формы разрушаются.

При изготовлении многоразовых литейных форм используются различные материалы – сталь, чугун, высокоогнеупорные формомассы, позволяющие эксплуатировать такие формы многократно.

### 1.1.1. Основные операции литейного производства

**Отливкой** называют массу металла, затвердевшую в литейной форме и извлеченную из нее. От литой заготовки она отличается наличием технологических элементов (литниковая система, прибыли), часть которых отделяется в литейном цехе.

**Литейная форма** – система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавом воспроизводится конфигурация будущей отливки.

Процесс получения отливки заключается в изготовлении литейной формы и заливке ее жидким металлом. При этом полный цикл получения отливки включает *следующие основные операции*:

- плавка металла, приготовление расплава;
- изготовление форм;
- заливка расплава в форму и охлаждение отливок;
- выбивка, очистка и обрубка отливок;
- термическая обработка и контроль отливок.

Трудоемкость операций распределяется следующим образом: изготовление форм – 60%; плавка и заливка расплава – 10%; обработка (выбивка, обрубка, термическая обработка) отливок – 30%.

### 1.1.2. Разновидности отливок и их классификация

На основании многолетнего опыта производства была выработана общепринятая классификация отливок в виде тел различной геометрической сложности (рис. 1.1). При этом геометрическая конфигурация отливок определяет технологическую сложность их производства.

**Куб** – сплошная отливка с центральным размещением основной массы. Все три осевых размера имеют близкие величины.

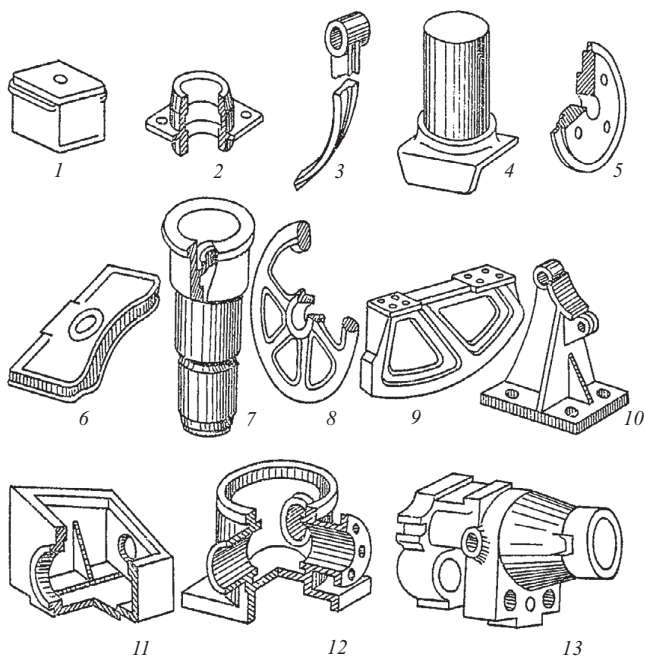


Рис. 1.1. Классификация литых деталей машин:

1 – куб; 2 – втулка; 3 – рычаг; 4 – цилиндр; 5 – диск; 6 – плита; 7 – труба; 8 – колесо; 9 – рама; 10 – крнштейн; 11 – коробка; 12 – арматура; 13 – сложная отливка

**Втулка** – пустотелая отливка круглого сечения с размещением основной массы вокруг одной из осей. Все три осевых размера имеют близкие величины.

**Рычаг** – отливка с размещением основной массы вдоль одной из осей. Один из осевых размеров значительно превосходит два других.

**Цилиндр** – сплошная отливка с размещением основной массы вдоль одной из осей. Один из осевых размеров превосходит два других в 2–3 раза.

**Диск** – отливка с плоскостным размещением основной массы. Один из осевых размеров значительно меньше двух других.

**Плита** – отливка с плоскостным размещением основной массы. Один из осевых размеров значительно меньше других.

**Труба** – пустотелая отливка с размещением основной массы по периферии одной из осей. Один из осевых размеров значительно больше двух других.

**Колесо** – отливка круглой формы с размещением основной массы по периферии в одной плоскости. Один из осевых размеров значительно меньше двух других.

**Рама** – отливка с неравномерным плоскостным размещением основной массы. Комбинация из рычагов. Площадь отверстий больше или равна половине площади отливки в плане.

**Кронштейн** – отливка с неравномерным пространственным размещением основной массы. Комбинация из плоских стенок и втулок.

**Коробка** – отливка с пространственным периферийным размещением основной массы. Комбинация из плоских стенок, расположенных в различных плоскостях.

**Арматура** – отливка с пространственным размещением основной массы. Комбинация из втулок, плоских и криволинейных стенок.

**Сложная отливка** – отливка с пространственным размещением основной массы. Сложная комбинация из криволинейных стенок и рычагов.

### **1.1.3. Способы изготовления отливок**

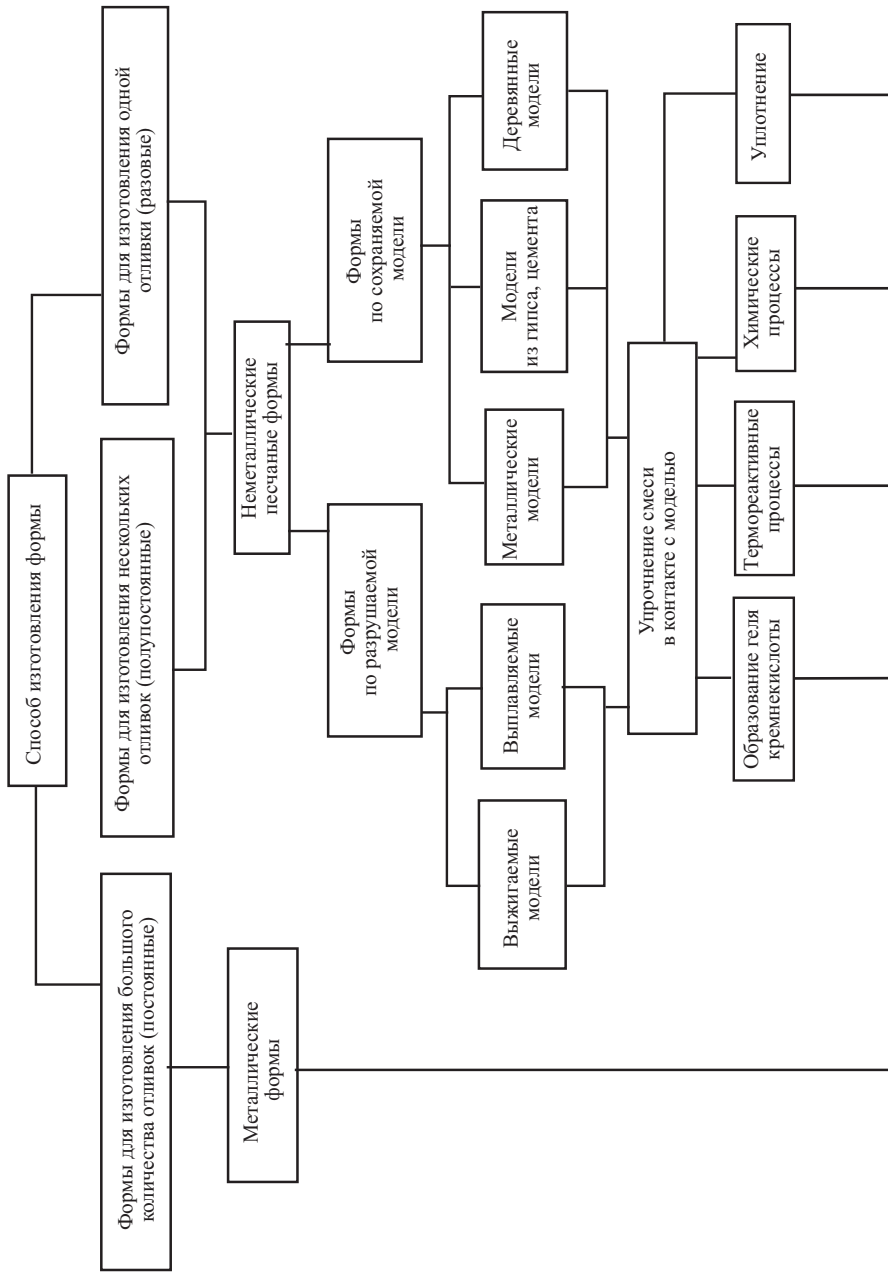
Каждая отливка может быть изготовлена несколькими способами. Известные способы получения отливок, методы изготовления форм и заполнения их металлом представлены на схеме 1.1. При выборе конкретного способа и технологии изготовления отливок ориентируются на технологичность получения отливки с учетом ее характеристики, требований, предъявляемых к ней, экономических аспектов производства. При этом обязательно учитывают специфику технологии, которая определяется способом изготовления форм, массой отливок, толщиной стенок и видом сплава.

**Способ изготовления форм** зависит от некоторых факторов, в частности от вида сплава. Так, литье в гипсовые формы применяют только для цветных сплавов. Литье под давлением возможно для всех литейных сплавов, но экономически целесообразно только для цветных сплавов.

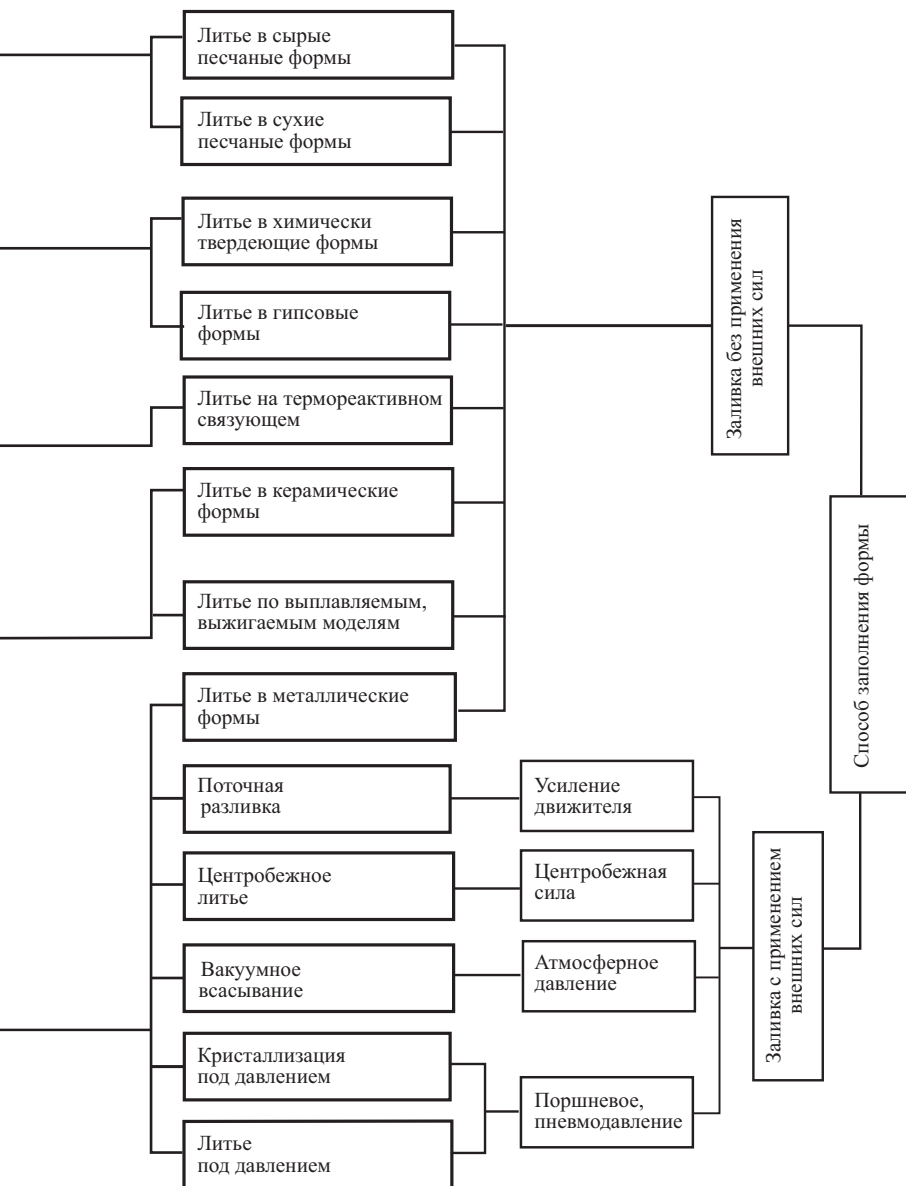
Необходимо учитывать **ограничения по массе**. Так, литье в оболочковые формы на терморезактивном связующем может применяться для получения отливок массой до десятков килограммов, литье по выплавляемым моделям – до нескольких килограммов, обычное литье в металлические формы – от сотен граммов до сотен килограммов, литье под давлением – от десятых долей грамма до нескольких десятков килограммов. Литье в гипсовые и керамические формы применяют для

## Способы изготовления форм и отливок

Схема 1.1







мелких отливок до нескольких килограммов, обычное литье в песчаные формы – от нескольких граммов до нескольких сотен тонн, что делает этот способ литья наиболее универсальным.

Важным показателем является *минимальная толщина стенок*. Применительно к литью из сталей, наиболее трудно заполняющих форму, литье по выплавляемым моделям допускает толщину стенок 0,8–1,0 мм, остальные способы литья в песчаные формы – 3–5 мм, литье в металлические формы – 4–6 мм. Литье под давлением цветных сплавов позволяет получать толщину стенки до десятых долей миллиметра.

По конфигурации и конструкции центробежное литье целесообразно применять для отливок, имеющих форму тел вращения классов *штулка, труба, колесо, диск*, получаемых без стержней. Литье в металлические формы целесообразно применять для несложных деталей без выступающих частей. Литье под давлением практически исключает поднутрения. Поточная разливка позволяет получать заготовки простейшего профиля. Литье по выплавляемым моделям целесообразно применять для деталей сложной конфигурации классов *рычаг, штулка, кронштейн, коробка, арматура* или для простых деталей с фигурной поверхностью, требующей точного выполнения (турбинные лопатки).

### ***1.1.4. Понятие о литейной форме***

В литейных цехах изготавливают сухие, сырые, подсушиваемые и химически твердеющие разовые песчаные формы, а также специальные формы многократного и разового применения.

В *сырых разовых формах* получают различные по форме и назначению отливки преимущественно массой до 1000 кг из стали, чугуна и цветных сплавов.

В *сухих формах* получают отливки ответственного назначения и крупные отливки массой более 1000 кг из черных и цветных сплавов. Для изготовления отливок сырые формы высушивают в сушилах в течение 8–12 ч. Операции сушки форм удлиняют цикл изготовления отливок и сопровождаются значительным расходом топлива, что делает применение сухих форм неэкономичным, поэтому их по возможности заменяют подсушиваемыми, а чаще химически твердеющими.

*Химически твердеющие формы* с высокой прочностью и низкой влажностью изготавливают из химически твердеющих смесей и применяют для получения крупных и сложных по конфигурации отливок ответственного назначения.

При **специальных способах литья** применяют специальную технологическую оснастку (металлические формы – кокиля, пресс-формы, изложницы), специальные формовочные материалы (термореактивные смолы, этилсиликат) и сложное технологическое оборудование.

Отливки, получаемые с помощью специальных способов литья, отличается высокое качество с отличными эксплуатационными свойствами, повышенной размерной точностью и мелкой шероховатостью по сравнению с отливками в разовые песчано-глинистые формы.

В классическом представлении **литейная форма** (рис. 1.2, *а*) состоит из двух полуформ 1, 2, изготовленных из формовочной смеси, уплотненной в металлических рамках, которые называются опоками 7, 9. Полость формы 3, имеющей очертания будущей отливки, получают с помощью модели 10 (рис. 1.2, *в*).

Для формирования внутренних полостей и отверстий в теле отливки в форму при сборке устанавливают стержень 5 (рис. 1.2, *б*), который изготавливают отдельно из стержневой смеси в стержневом ящике 12 (рис. 1.2, *г*).

Для правильной установки и надежной фиксации стержня в форме выполняют гнезда, называемые знаками, которые образуются выступами-знаками 11 модели (см. рис. 1.2, *в*).

Полость формы заполняют расплавом через каналы 6 (см. рис. 1.2, *а*), называемые литниковой системой.

Во время сборки формы верхнюю и нижнюю полуформы соединяют с помощью цилиндрических стальных штырей, которые вставляют в калиброванные отверстия (втулки) приливов опок 8 (см. рис. 1.2, *а*). Для исключения подъема верхней полуформы под действием расплава во время заливки на собранную форму устанавливают груз 4 или скрепляют опоки между собой скобами, струбцинами, болтами или специальными механическими замками.

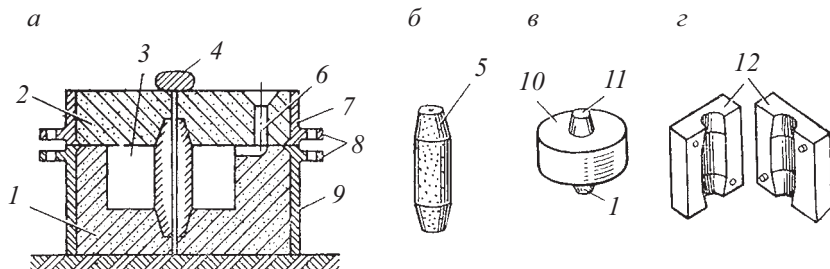


Рис. 1.2. Литейная форма (*а*), стержень (*б*), модель (*в*), стержневой ящик (*г*) для получения отливки зубчатого колеса

### **1.1.5. Организационная структура литейного цеха**

Все технологические процессы при получении отливок организационно подразделяют на три основных этапа.

**1. Подготовка литейного производства** – разработка технологического процесса получения литья, изготовление моделей и другой технологической оснастки, приобретение и подготовка исходных формовочных и шихтовых материалов.

**2. Изготовление отливок** – приготовление формовочных и стержневых смесей, изготовление форм и стержней, комплектация и подготовка форм к заливке, шихтовка, приготовление расплава, заливка форм, формирование отливок в формах, выбивка отливок из форм.

**3. Отделка и контроль отливок** – очистка, обрубка, зачистка отливок, термическая обработка, контроль отливок, исправление дефектов, грунтовка отливок.

При этом процесс изготовления отливок осуществляется в различных отделениях и на различных участках литейного цеха, в каждом из которых выполняются определенные операции.

В **смесеприготовительном отделении** готовят формовочные и стержневые смеси, противопопригарные и вспомогательные составы для изготовления форм и стержней. Необходимые свежие исходные материалы (песок, связующие добавки, формовочная глина) подают со склада формовочных материалов, отработанные смеси – с участков выбивки форм. После переработки, очистки, удаления металлических и других включений отработанные смеси используют как оборотные в формовочных смесях.

В **формовочном отделении** изготавливают и собирают вручную или на формовочных машинах, автоматических линиях литейные формы, готовят их к заливке.

В **стержневом отделении** изготавливают стержни, которые после отделки, сушки, окраски передают на участки сборки форм.

В **плавильных отделениях** плавят шихтовые материалы в вагранках, электрических и других плавильных печах, по специальной технологии готовят требуемый по химическому составу и свойствам расплав. Заливают литейные формы литейным расплавом из заливочных ковшей, которые ремонтируют, футеруют и сушат на специальном участке.

На **термообрубном участке** производят очистку отливок от стержней и формовочной смеси, обрубку с поверхности отливок заливок, неровностей и остатков литников, зачистку поверхности и полостей отливки до требуемых размеров. Для улучшения механических свойств производят термическую обработку отливок. На специальных кон-

трольных пунктах осуществляют контроль и проверку отливок. Заключительной операцией является грунтовка и сушка отливок, их передача на склад.

По типу литейного производства различают *единичное производство*, характерное выпуском в небольших количествах самых разнообразных отливок; *серийное производство*, характерное периодическим выпуском отливок широкой номенклатуры, значительными или небольшими партиями; *массовое производство*, характерное непрерывным выпуском определенной номенклатуры в больших количествах.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Поясните сущность процесса получения отливок.
2. Из каких элементов состоит разовая песчаная форма?
3. Опишите роль каждого элемента формы в процессе получения отливок.
4. Перечислите способы получения отливок.
5. Из каких отделений состоит литейный цех?

## **1.2. Технологическая оснастка, формовочный инструмент, приспособления**

В классическом представлении к технологической оснастке относят комплекты моделей, опок, стержневых ящиков и других приспособлений, необходимых для изготовления и комплектации литейной формы.

### ***1.2.1. Модельный комплект***

***Модельный комплект*** – часть технологической оснастки, необходимой для получения в форме контуров отливки. В комплект модельной оснастки входят модели, модельные плиты, стержневые ящики, шаблоны, кондукторы, модели элементов литниковой системы.

***Модели*** предназначены для получения в литейных формах рабочих полостей, близких по форме и размерам к получаемым отливкам.

***Модельные плиты*** – деревянные или металлические плиты, на которых закрепляют или устанавливают модели, элементы литниковых систем.

***Стержневые ящики*** – приспособления для изготовления литейных стержней, образующих в отливках отверстия, полости, сложные контуры.

**Формовочные шаблоны** – плоские деревянные скребки с режущей кромкой, имеющей форму отливки, которая изготавливается без модели и имеет форму тела вращения.

**Стержневые шаблоны** – плоские деревянные скребки с прямолинейной или специальной режущей кромкой, которые применяют при изготовлении крупных круглых стержней без стержневых ящиков способом зачистки.

**Контрольные шаблоны и кондукторы** – приспособления для проверки размеров стержней, точности отливок, правильности установки стержней в форму.

**Модели элементов литниковой системы** служат для образования в форме каналов, по которым расплав поступает в рабочую полость формы и происходит вывод газов и паров из формы при заливке.

### 1.2.2. Модели и модельные плиты

**Модель** не является точной копией отливки, она отображает ее внешние очертания. Модели имеют увеличенные размеры с учетом усадки сплава. Так как отливка при охлаждении уменьшается по линейным размерам и в объеме, усадка соответственно называется линейной или объемной. Например, для чугунных отливок, имеющих усадку 1%, линейный размер 500 мм увеличивается на 5 мм. Модели изготавливают в зависимости от количества и размера отливок, серийности выпуска. Модели для крупных отливок в единичном и серийном производстве выполняют из древесины, тонкие части модели изготавливают из алюминиевых сплавов, быстроизнашивающиеся части и окончания модели окантовывают металлом.

Мелкие и средние модели для крупносерийного и массового производства выполняют из металла. Пластмассу, пенополистирол применяют для получения единичных или мелких партий отливок.

По конструкции модели подразделяются на *неразъемные, разъемные и модели с отъемными частями* (рис. 1.3, 1.4, 1.5).



Рис. 1.3. Неразъемная модель

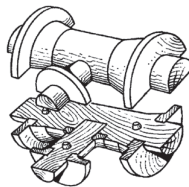


Рис. 1.4. Разъемная модель

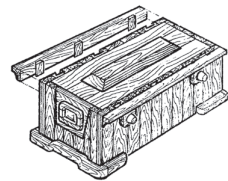


Рис. 1.5. Модель с отъемными частями

Части модели соединяют деревянными или металлическими шипами, отъемные части крепят к модели шпильками. Для удаления модели из формы используют специальные механизмы и приспособления (рис. 1.6, 1.7).

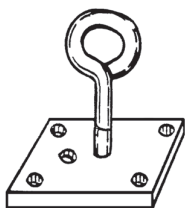


Рис. 1.6. Пластинчатый подъем для ручного съема модели

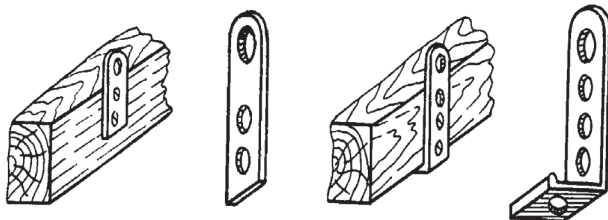


Рис. 1.7. Полосовые подъемы для съема моделей краном

Поверхности моделей для отливок из чугуна и стали окрашивают соответственно в красный и серый цвет, для отливок из цветных сплавов – в желтый цвет. Знаковые части моделей окрашивают в черный цвет. Место отъемных частей обозначают черной полосой. Окраска деревянных моделей не только служит для технологического разделения, но и предохраняет древесину от насыщения влагой, разбухания и искажения геометрических размеров, предотвращает прилипание смеси к поверхности модели при формовке.

Для облегчения удаления моделей из полуформ их боковые поверхности выполняют с определенными формовочными уклонами. Величина уклона зависит от размера модели и способа формовки и обычно составляет для деревянных моделей  $1-3^\circ$ , для металлических моделей  $0,5-1,0^\circ$ .

При машинной формовке модели и элементы литниковых систем закрепляют на тщательно обработанных *модельных плитах* (рис. 1.8). *Односторонние*, набранные на одной стороне, плиты применяют при изготовлении формы на двух машинах, *двусторонние* – при безопочной формовке мелких деталей. Сложные отливки с малым уклоном вертикальных стенок (колеса с литым зубом, корпуса ребристых радиаторов) формуют с *протяжными плитами*, которые имеют специально вырезанные отверстия, соответствующие точному контуру модели.

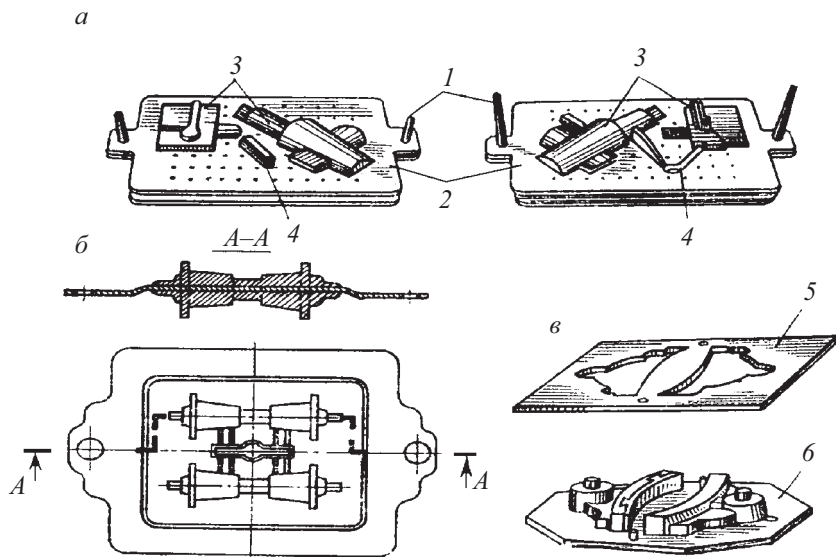


Рис. 1.8. Модельные плиты:

*а* – односторонние; *б* – двусторонняя; *в* – протяжная; 1 – штыри; 2 – подмодельные плиты; 3 – модели; 4 – элементы литниковой системы; 5 – верхняя часть протяжной плиты; 6 – нижняя часть протяжной плиты

### 1.2.3. Стержневые ящики

**Стержневые ящики** – это технологическая оснастка для изготовления стержней. По конструкции они подразделяются на неразъемные, разъемные и вытряхные.

**Неразъемные ящики** (рис. 1.9, *а*) применяют для изготовления простых стержней; выполняются с большими уклонами на боковых поверхностях для лучшего извлечения стержня.

**Разъемные ящики** (рис. 1.9, *б*) применяют для изготовления более сложных и крупных стержней с ребрами и выступами на боковых поверхностях; выполняются без уклонов. Части разъемного ящика скрепляют скобами, струбцинами, болтами или эксцентриковыми зажимами.

**Вытряхные ящики** (рис. 1.9, *в*) применяются, как и разъемные, но выполняются более прочными и надежными. Ящик состоит из корпуса и вытряхных стенок – вкладышей. Имея большой уклон, вкладыши при перекантровке на  $180^\circ$  легко вытряхиваются из корпуса вместе со стержнем и легко отделяются от него перемещением в сторону. От-



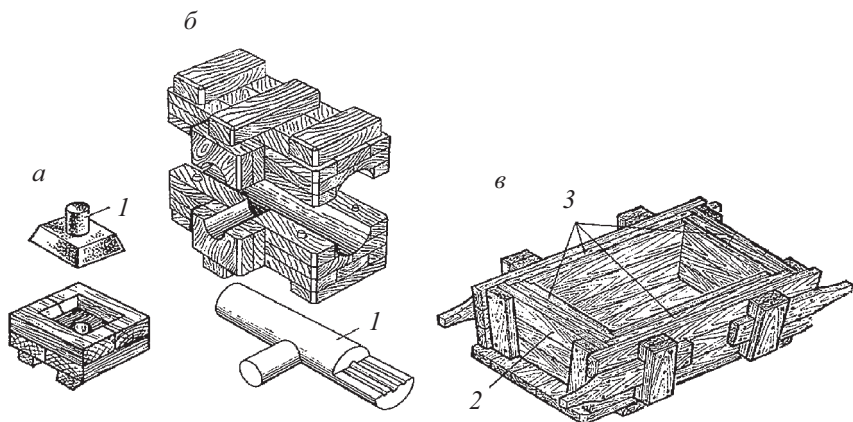


Рис. 1.9. Стержневые ящики:

*а* – неразъемный; *б* – разъемный; *в* – вытряхной; 1 – стержень; 2 – корпус ящика; 3 – вытряхные стенки

падает необходимость расталкивания стержня, что определяет более высокую точность размеров стержней и отливок.

В зависимости от требуемого количества стержней ящики изготавливают из дерева, алюминиевых сплавов и пластмасс. Для повышения износостойкости поверхность разъема стержневых ящиков укрепляют стальными накладками.

#### 1.2.4. Опочная оснастка

**Опоки** – часть технологической оснастки, специальные металлические рамки, с помощью которых производится формовка моделей, сборка форм. Опоки предохраняют форму от повреждений при формовке, сборке, транспортировке и заливке. Конструкция и размеры опок определяют наружные размеры формы и возможность выполнения различных технологических операций. В этом отношении опоки подразделяют на ручные, опоки для автоматической формовки и craneвые.

**Ручные опоки** имеют облегченную конструкцию и размеры до 600 × 400 мм. Для удобства перемещения такие опоки имеют ручки и цапфы.

**Опоки для автоматических линий** изготавливают массивными, цельнолитыми или сварными. Они имеют на боковых наружных стенках специальные приливы, планки, ребра, которые позволяют формо-

вочным машинам и автоматам производить все манипуляции с продвижением, перекаровкой, захватом опок рабочими органами автоматов, сборкой, скреплением полуформ.

**Крановая опока** показана на рис. 1.10. Литые цапфы 1 служат для захвата опоки чалками, находящимися на крюке крана. Стенки опоки выполнены с наружными ребрами 2 для увеличения жесткости опоки, внутренние ребра 3 в верхней и нижней частях опоки надежно фиксируют смесь в опоке. В верхней части опоки выполнены ребра – крестовины 4, создающие жесткость и удерживающие смесь. Для вывода газов из формы и уменьшения веса опоки в ее стенках имеются отверстия 5.

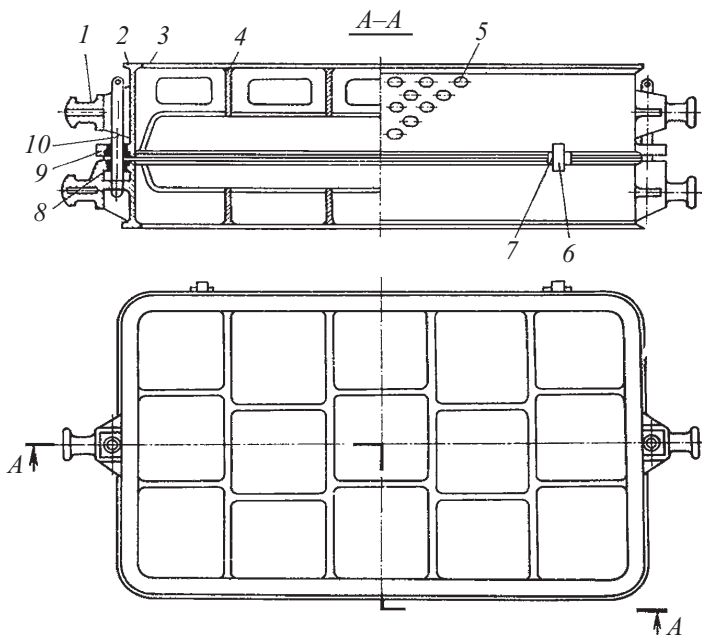


Рис. 1.10. Крановая опока:

1 – цапфы; 2, 3 – соответственно наружные и внутренние ребра жесткости; 4 – крестовины; 5 – отверстия; 6 – скобы; 7 – клинья; 8 – центрирующие втулки; 9 – приливы опок; 10 – штыри

Опоки изготавливают из стали, чугуна, алюминиевых сплавов. Плоскости соединения, спаривания опок имеют точную обработку и обеспечивают качественную формовку.

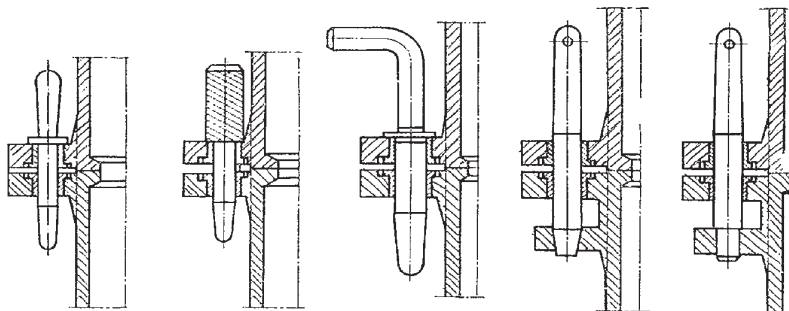


Рис. 1.11. Типы контрольных штырей

Соединение опок верхней и нижней полуформ при формовке и сборке ведут по штырям, которые вставляют в отверстия приливов специальными тщательно обработанными втулками. *Штыри* – тщательно обработанные металлические стержни (рис. 1.11) для точного соединения частей формы, изготовленной в двух или нескольких опоках.

При ручной формовке и сборке применяют штыри, свободно вставляемые в калиброванные втулки приливов опок. При машинной формовке штыри жестко закрепляют на модельной плите.

### 1.2.5. Формовочный инструмент, приспособления

Для изготовления, транспортирования, ремонта и комплектования литейной формы на производстве используют формовочный инструмент и специальные приспособления.

**Подопочные щитки, плиты** – металлические или деревянные гладкие плиты, на которые устанавливают формы при транспортировании к месту заливки.

**Стальные крючки** применяют для укрепления выступающих или нависающих частей формы, навешивая их на ребра жесткости, крестовины опок.

**Деревянные колышки** применяют для укрепления выступающих частей сырых и подсушиваемых форм.

**Каркасы** – литые, сварные или проволочные рамки для армирования, придания жесткости стержням.

**Жеребейки** – различные по размерам металлические подставки для фиксации положения стержней в литейной форме (рис. 1.12), изготавливают из мягкой стали, подвергают лужению для предотвращения ржавчины.

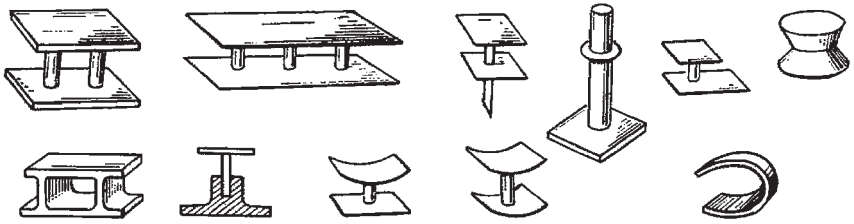


Рис. 1.12. Типы жеробеек

**Литейные шпильки и гвозди** применяют для укрепления отдельных частей формы, несущих большую динамическую и механическую нагрузку при заливке формы.

**Холодильники** – металлические бруски, различные по конфигурации и размерам, функциональному назначению и расположению, применяют для охлаждения массивных частей отливок с целью равномерного затвердевания расплава по всему объему и исключения образования усадочных раковин. Подразделяются на две группы: внутренние и наружные. Внутренние холодильники перед установкой в форму рекомендуется лудить с целью лучшего сваривания с заливаемым расплавом, наружные – окрашивать и сушить для предотвращения сваривания с телом отливки.

**Пульверизаторы** применяют для тонкослойного равномерного нанесения на стержни и рабочие поверхности форм противопожарных красок, для удаления, отсасывания из полости формы после сборки пыли, остатков и частиц смеси.

**Сушильные плиты** применяют для укладки, транспортирования, сушки стержней. Для сушки средних и крупных стержней, имеющих ровную поверхность, применяют плоские плиты, изготовленные из чугуна или алюминиевых сплавов. Для сушки мелких и средних стержней, имеющих сложную конфигурацию, применяют фасонные сушильные плиты.

**Кондукторы** – приспособления для зачистки стержней, корректировки их размеров перед склеиванием или установкой в полуформу.

**Струбцины** – винтовые зажимы для скрепления двух частей разъемного стержневого ящика.

Для изготовления, отделки и окраски форм используют различный **формовочный инструмент** (рис. 1.13).

Уплотнение смеси осуществляется **ручными трамбовками**, а в случае уплотнения крупногабаритных форм используются **пневматические трамбовки**. Трамбовки, как правило, имеют клиновидный и плоский башмаки, выполненные из чугуна СЧ-20 или из резины повышенной твердости.

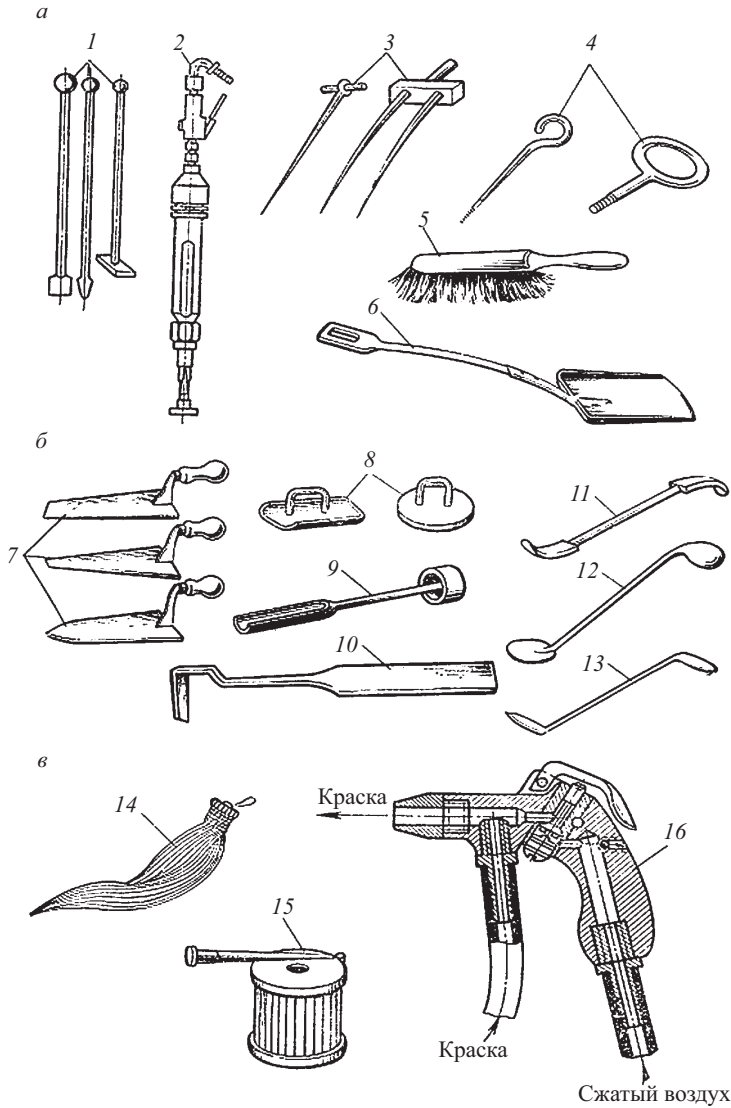


Рис. 1.13. Инструмент для изготовления (а), отделки (б) и окраски (в) форм:  
 1 – ручные трамбовки; 2 – пневматическая трамбовка; 3 – иглы; 4 – подъемы; 5 – щетка; 6 – лопата;  
 7 – плоские гладилки; 8 – фасонные гладилки; 9 – торцовая гладилка; 10 – крючок; 11 – ползок; 12 –  
 ложечка; 13 – ланцет; 14 – кисть пеньковая; 15 – пульверизатор для мелких форм; 16 – пульвериза-  
 тор для крупных форм

## *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте определение модели, перечислите состав модельного комплекта.
2. Опишите назначение, размеры и подразделение моделей по конструкциям.
3. Почему необходимо окрашивать модели?
4. Опишите конструкцию и условия применения модельных плит.
5. Перечислите разновидности стержневых ящиков.
6. Опишите конструкцию вытряхных ящиков.
7. Как подразделяются опоки, из каких частей состоит крановая опока?
8. Каковы состав, назначение и порядок применения формовочного инструмента и приспособлений?

### **1.3. Литниковые системы и элементы питания отливки**

#### *1.3.1. Назначение элементов литниковых систем*

*Литниковая система* – совокупность каналов, подводящих расплав в литейную форму. Литниковая система должна выполнять следующие функции:

- принимать расплав из ковша;
- удерживать шлак и другие неметаллические включения;
- обеспечивать заполнение полости формы с определенной скоростью;
- обеспечивать дополнительную подачу расплава при затвердевании для исключения образования усадочной раковины;
- обеспечивать вывод газов и паров из полости формы при заливке, сигнализировать о заполнении формы расплавом.

Правильный подвод расплава в полость формы, конструкция и размещение элементов литниковой системы в значительной степени определяют качество отливки. Неправильно выполненная литниковая система может привести к образованию недолива, газовых раковин, трещин, шлаковых и песчаных включений.

В классическом представлении литниковая система состоит из литниковой чаши 1, пробки 2, стояка 3, шлакоуловителя 4, зумпфа 5, питателя 6, выпора 7 (рис. 1.14).

*Литниковая чаша* служит резервуаром, в который заливают расплав из ковша. Предназначена для обеспечения удобства заливки, непрерывной подачи расплава в форму. При правильно выполненной

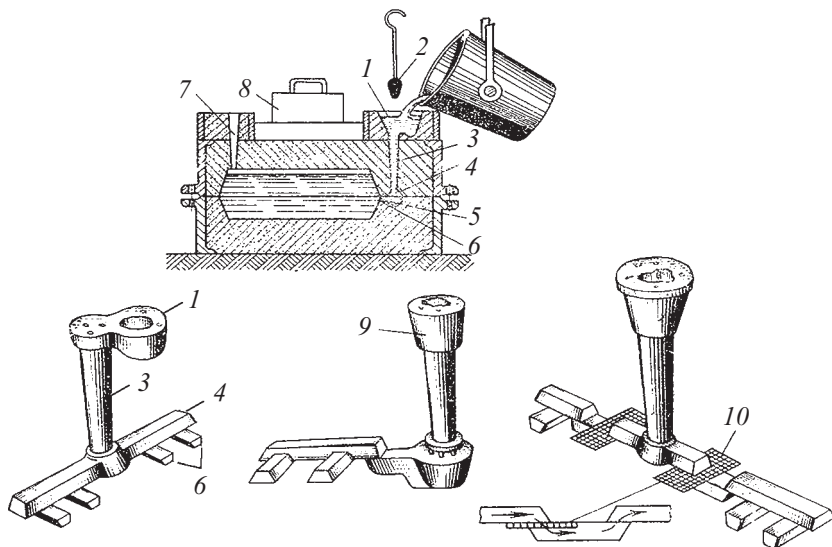


Рис. 1.14. Литниковые системы для отливок из серого чугуна:

1 – литниковая чаша; 2 – пробка; 3 – стояк; 4 – шлакоуловитель; 5 – зумпф; 6 – питатель; 7 – выпор; 8 – груз; 9 – литниковая воронка; 10 – сетка из стеклоткани

литниковой системе и соблюдении условий заливки чаша при заливке будет постоянно заполнена расплавом, при этом шлак успеет всплыть на поверхность и не попадет в полость формы. Иногда для заполнения чаши на крупных отливках в начале заливки применяют **чугунные пробки**, которыми закрывают отверстия стояка. После заполнения чаши расплавом пробку поднимают и начинают заливку.

При изготовлении мелких отливок чашу заменяют литниковой воронкой 9 непосредственно в верхней полуформе. Для крупных форм чаши изготавливают отдельно, устраивают в них шлакоулавливающие перегородки и устанавливают на форму перед заливкой.

**Стояк** – вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу (воронку) со шлакоуловителем. Имеет коническую форму, сужающуюся книзу. Под стояком, ниже линии разреза формы, выполняют углубление – **зумпф**. Наличие зумпфа препятствует размыванию формы под стояком струей расплава.

**Шлакоуловитель** – горизонтальный канал в форме трапеции, связывающий стояк с питателями. Предназначен для удержания шлака. Шлак легче расплава, всплывает на поверхность и отделяется

от расплава. Для лучшего отделения шлака от расплава шлакоуловитель стремятся выполнять в верхней полуформе, а питатели – в нижней. Применяют различные системы для улучшения шлакоулавливания – устанавливают в литниковой системе фильтрующие керамические пластины с отверстиями для пропуска шлака или фильтрующие сетки 10.

**Питатель** – горизонтальный канал, соединяющий шлакоуловитель с полостью формы. Его назначение – равномерное заполнение формы расплавом. Струю расплава подводят так, чтобы максимально избежать размыва формы и стержней. Количество питателей, их сечение, расположение, место подвода определяют в зависимости от конструкции отливок.

**Выпор** – вертикальный канал, расположенный над самой верхней частью полости формы. Служит для отвода газов и паров из формы при заливке, подпитки отливки при ее затвердевании, наблюдении за ходом заполнения рабочей полости формы. Место расположения и число выпоров определяют конструкция отливки и ее масса.

К элементам питания отливок относят питающие бобышки и прибыль.

**Питающая бобышка** служит для подпитки массивной части отливки расплавом при ее затвердевании и для предотвращения образования раковин.

**Прибыль** – полость в форме над массивной частью отливки; расплав в прибыли питает отливку при затвердевании. Размеры прибылей и их расположение выбирают так, чтобы металл в них затвердевал в последнюю очередь, а усадочные раковины не образовывались, оставая отливку плотной.

### 1.3.2. Типы литниковых систем

В зависимости от места подвода металла в форму литниковые системы подразделяют на следующие основные типы.

**Горизонтальные литниковые системы** (рис. 1.15, а) – подвод расплава производится по плоскости разъема формы. Применяют для питания мелких и средних отливок при глубине нижней полуформы до 200 мм.

**Дождевые, или верхние, литниковые системы** (рис. 1.15, б) – подвод расплава осуществляется в верхнюю часть полости формы или прибыль через большое число мелких питателей. Применяют для питания вертикально расположенных средних и крупных отливок типа цилиндров, шестерен, маховиков.



**Сифонные литниковые системы** (рис. 1.15, в) – подвод расплава осуществляется к нижней части полости формы и заполняет форму снизу. В этом случае производится плавное заполнение формы и предупреждается ее размыв струей расплава. Применяют при изготовлении крупных отливок.

Для обеспечения равномерного затвердевания всей отливки расплав подводят к ее тонким частям, от которых он направляется к более массивным. Расплав поступает в массивные части несколько охлажденным и начинает затвердевать в этих частях уже тогда, когда через тонкие ча-

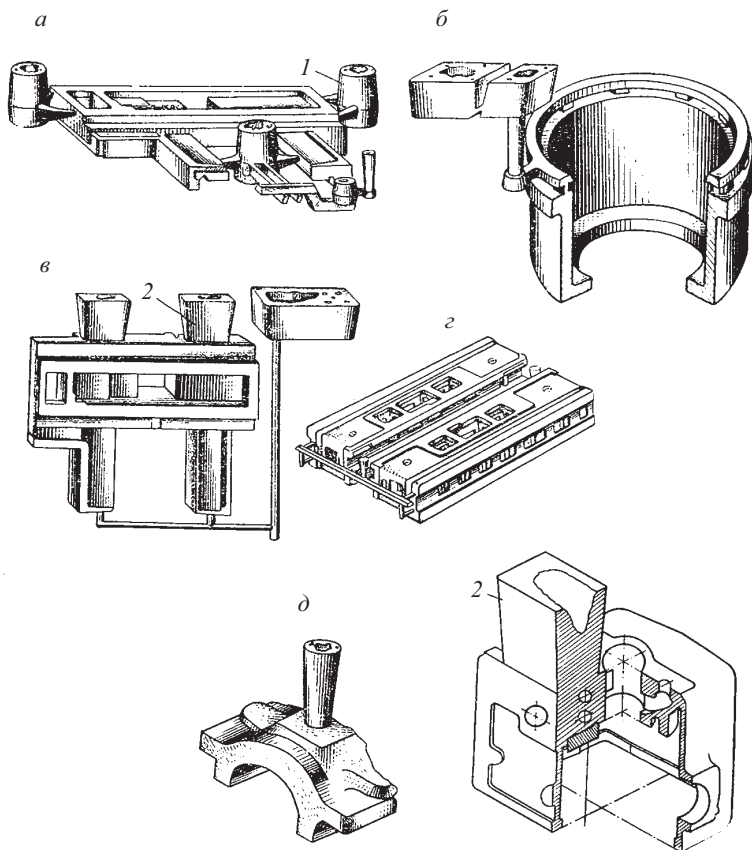


Рис. 1.15. Отливки с литниковой системой:

а – горизонтальной; б – дождевой; в – сифонной; г – ярусной; д – с прибылью и выпором; 1 – питающая бобышка; 2 – прибыль

сти еще поступают свежие порции расплава. При таком подводе расплава в форму обеспечивается одновременное затвердевание тонких и массивных частей отливки. Так получают отливки из чугуна, мелкие и средние отливки из стали и цветных сплавов, стенки которых имеют примерно одинаковую толщину. Направленное (последовательное) затвердевание отливок предусматривает подачу металла к массивным частям, расположенным сверху или сбоку отливки. Такое затвердевание используют при изготовлении отливок из сплавов с большой усадкой – стали, цветных сплавов, ковкого и высокопрочного чугуна, а также отливок из серого чугуна при наличии в них массивных сечений.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Каково назначение литниковой системы?
2. Перечислите основные элементы литниковой системы.
3. Назовите типы литниковых систем и условия их применения.
4. При каком способе подвода расплава в форму обеспечивается одновременное затвердевание тонких и массивных частей отливки?
5. Опишите элементы питания отливок и условия их применения.
6. В каких случаях применяют легкоотделяемые прибыли?

## **1.4. Формовочные материалы и смеси**

### ***1.4.1. Общие требования к литейной форме***

В литейной форме при затвердевании заливаемого расплава и формировании отливки происходят сложные термические, механические, физико-химические процессы взаимодействия металла и формы, влияющие на свойства и качество отливки. В этом отношении литейная форма должна отвечать следующим требованиям:

- выдерживать высокие температуры, не расплавляясь и не образуя термического пригара;
- выдерживать давление расплава, не изменяя геометрических размеров;
- обладать газопроводящей способностью, обеспечивая выход газов и паров из полости формы и предотвращая образование газовых включений в отливке;
- обладать оптимальными теплопроводящими свойствами, отбирая тепло у расплава с необходимой скоростью.

Все эти требования могут быть обеспечены путем применения оптимальных формовочных материалов и смесей на их основе.

## 1.4.2. Классификация формовочных материалов и их свойства

**Формовочными** называются материалы, применяемые для изготовления формовочных и стержневых смесей, противопригарных составов, разделительных покрытий. Формовочные материалы подразделяются на исходные для приготовления формовочных и стержневых смесей и вспомогательные.

**Исходные формовочные материалы** подразделяют на следующие группы:

- наполнители;
- связующие материалы;
- противопригарные (противоужимные, стабилизирующие) материалы.

**Наполнители** – огнеупорная основа для формовочных и стержневых смесей в виде формовочных песков различной минералогической основы, чаще всего кварцевых, с содержанием  $\text{SiO}_2$  более 95,8% и размером зерен более 0,022 мм. Кварцевые пески обеспечивают возможность получения отливок из чугунов и обычных литейных сталей, цветных сплавов. При получении крупных стальных и чугунных отливок, а также отливок из легированных сталей их огнеупорность недостаточна. В этом случае применяют высокоогнеупорные наполнители или защитные покрытия форм на основе следующих высокоогнеупорных материалов:

- *шамотный огнеупорный наполнитель* – продукт обжига огнеупорной глины с огнеупорностью до 1730 °С;
- *хромитовый песок* марок ПХК, ПХС – огнеупорность до 1900 °С;
- *магнезитовый песок* марки МФЛ – огнеупорность 1900–2000 °С;
- *цирконовый песок* марки Ц № 1, Ц № 2 – огнеупорность 2400–2450 °С.

Все перечисленные материалы используются для приготовления форм, красок, притирок.

**Связующие материалы** – материалы для связывания зерен наполнителя между собой, упрочнения формовочных и стержневых смесей. Связующие материалы по природе разделяют на органические и неорганические:

- *органические* связующие материалы – это класс фурановых, формальдегидных и других смол, применяемых в химически твердеющих смесях для изготовления форм и стержней в холодных и горячих ящиках;
- *неорганические* связующие материалы – это формовочные глины и жидкое стекло. Формовочные глины – горные породы водных алюмосиликатов с размером частиц менее 0,02 мм. Присоединяя воду, частицы глины набухают, самоизмельчаются и плотно прилегают друг к дру-

гу и зернам наполнителя, связывая их между собой. Жидкое стекло – водный раствор силиката натрия ( $\text{NaO}_2 \cdot n\text{SiO}_2$ ) – используют для приготовления жидкостекляных быстротвердеющих смесей, имеющих широкое применение в литейном производстве.

**Противопригарные материалы и добавки к смесям** – материалы, предотвращающие пригар формовочных смесей к отливке и придающие им дополнительные специальные свойства. При заливке металла в форму существует вероятность образования на поверхности отливки прочной, трудноотделимой шероховатой корки, называемой пригаром. Для предотвращения образования пригара применяют различные противопригарные материалы и добавки:

- *каменноугольную, древесноугольную пыль* – при заливке металла уголь сгорает и образуется газовая прослойка между металлом и рабочей поверхностью формы, предохраняющая от пригара (рис. 1.16);
- *серебристый (кристаллический) графит* – применяется как основа противопригарных паст, натирок для стержней и припыливания поверхности сырых форм при производстве чугунных отливок;
- *черный (аморфный) графит, тальк* – служат основой противопригарных красок для покрытия форм и стержней при производстве отливок из чугуна и цветных сплавов.

**Краски и пасты** создают на поверхности форм и стержней огнеупорную малопроницаемую пленку, препятствующую образованию пригара.

При наличии в составе противопригарных материалов газифицируемых добавок и газотворной краски при контакте с жидким металлом

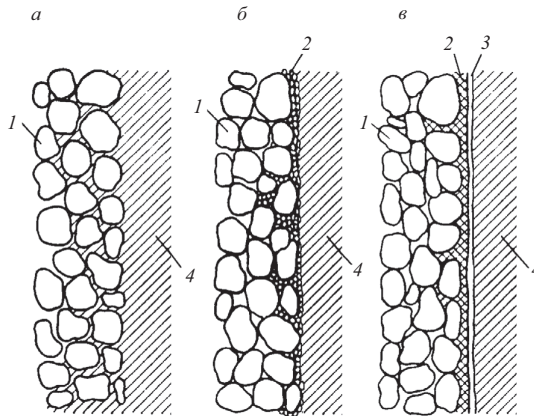


Рис. 1.16. Взаимодействие поверхности формы с металлом:

*а* – форма не окрашена (возможен пригар); *б* – форма окрашена огнеупорной краской; *в* – форма окрашена газотворной краской; 1 – зерна песка; 2 – слой краски; 3 – газовая прослойка; 4 – жидкий металл

в зоне металл – форма образуется газовая прослойка, восстанавливающая металл из окислов на поверхности отливки (рис. 1.16).

Краски являются жидкими суспензиями, их наносят на поверхность формы или стержня кистью или пульверизатором. В зависимости от растворяющей основы краски делят на водные и спиртовые.

### ***1.4.3. Формовочные и стержневые смеси***

По назначению смеси, используемые в литейном производстве, подразделяют на формовочные и стержневые.

**Формовочные смеси** должны обладать определенной прочностью, газотворностью, огнеупорностью, способностью выдерживать давление и тепловое воздействие заливаемого в форму расплава. В зависимости от способа изготовления формы смеси подразделяют на единые, облицовочные и наполнительные.

**Стержневые смеси** должны обладать большей по сравнению с формовочными прочностью, податливостью, огнеупорностью, малой газотворной способностью, так как стержень в полости формы со всех сторон омывается расплавом.

В зависимости от рода заливаемого расплава различают смеси для стального, чугунного и цветного литья. Смеси для стального литья должны выдерживать температуру заливки расплава 1480–1540 °С, для чугуна – 1380–1420 °С, для цветных сплавов – ниже 1200 °С.

**Единые смеси** применяют главным образом при изготовлении мелких и средних форм в условиях автоматизированного производства. При повторном использовании в эти смеси вводится значительное количество свежих материалов для поддержания прочности и газопроницаемости смеси в заданных пределах.

**Облицовочные смеси** применяют для крупных стальных и чугунных отливок в условиях серийного и единичного производства. Они наносятся вокруг модели слоем 15–20 мм и более, в зависимости от толщины стенки отливки. Для улучшения технологических свойств облицовочных смесей в них могут вводить более 50% свежих материалов. Облицовочные смеси используют в тех случаях, когда применение единых смесей значительно удорожает литейную форму или не позволяет добиться требуемого качества отливок.

**Наполнительная смесь** наносится поверх облицовочной и занимает остальной объем формы. Она приготавливается из отработанной смеси с небольшой добавкой свежих материалов или без них и должна обладать высокой прочностью и газопроницаемостью. Составы и свойства смесей приведены в табл. 1.1, 1.2.

Формовочные смеси для отливок из чугуна и стали

Смесь и способ формовки	Состав смеси, %						Физико-механические и технологические свойства смесей					
	Отливки	Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонит	Молотый уголь или замена	Добавки	Прочность при сжатии, МПа	Влаго-содержание, %	Газо-проницаемость, не менее	Общее содержание мелочи, %	Содержание активного бентонита, %	Потери при прокаливании, %
Единая для автоматических пескодувно-прессовочных линий безопочной формовки типа Дисаматик	Мелкие	93-98	2,5-6	0,2-1	0,1-1,2	0,02-0,06 крахма-листые	0,17-0,21	3,2-4	100	11-15	7-8	3,5-5
	Мелкие	91-96	3-7	1,2-3	1,2-3	0,02-0,04 крахма-листые	0,15-0,19	3,1-3,5	100	9-12	6-7	3-4
	Мелкие и средние	88-93	6-10	0,5-1,5	0,5-1	0,01-0,03 ПАВ	0,09-0,14	3,5-4	120	9-12	6-7	3,5-4,5
Единая для машинной формовки с встряхиванием	Мелкие и средние	93-94	5-6	0,5-1	0,5-1	-	0,05-0,07	3,5-4,5	100	8-10	4-5,5	3,5-4,5
	Средние	90-95	3-8	1-2,5	1-1,5	0-0,5 ма-зут	0,04-0,06	3,5-4,5	100	9-11	4,5-6	4-4,5
Облицовочная для машинной формовки с встряхиванием с подпрессовкой	Средние и крупные	40-75	20-50	4-8	1-2	1-1,5 ССБ	4-5	29-30	130	8-10	4-5,5	3,5-4,5

Таблица 1.2

## Стержневые смеси для отливок из стали и чугуна

Смесь	Состав смеси, %										Свойства смесей				
	Свежий песок	Смола БС-40	Ортофосфатная кислота	Пылевидный уголь	Едкий натрий	Жидкое стекло	Смола СФ-015	Раствор уротропина	Стеарит кальция	Жидкий отвердитель АЦЭТ	Смола АФ-1с	Влагоудержание, %	Газопроницаемость, ед., не менее	Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	Прочность при расщеплении, кг/см <sup>2</sup>
Холоднотвердеющая на смоле БС-40	100	2,1–2,5	0,8–1,4									0,7–1,2	200	8–12	
Химически твердеющая с добавкой ШОС	91–93	6–8	1	1–1,1	0,5–1	7,5–8						3,5–4	100		2
Плакированная	100						4–5	1,7–2	0,15–0,18			0,7–1,2	200		15
Холоднотвердеющая с жидким стеклом и жидким отвердителем	100					3,4–4,5				0,35–0,45		0,7–1,2	200	8–12	
Холоднотвердеющая на смоле АФ-1с	100		1								1,2	0,5–0,8	200	12	

Процесс приготовления смеси заключается в дозировании и смешивании материалов по заданной рецептуре и в заданном режиме, после чего проводится контроль свойств, накопление и отстаивание смеси в бункерах-накопителях, рыхление и подача на формовочные участки.

Для приготовления смесей используют смесители *периодического* и *непрерывного действия*.

Катковые и вихревые (рис. 1.17) смесители применяют для приготовления песчано-глинистых формовочных смесей.

Высокоскоростные лопастные и шнековые (рис. 1.18) смесители используют для приготовления химически твердеющих формовочных и стержневых смесей.

При контроле формовочных и стержневых смесей изготавливают стандартные образцы, на которых определяют физико-механические и эксплуатационные свойства смеси.

*Основные свойства смесей:*

- прочность – способность материала формы не разрушаться при извлечении модели из формы или стержня из стержневого ящика, при транспортировке и заливке форм;
- пластичность (формуемость, уплотняемость) – способность смеси деформироваться без разрушения и точно воспроизводить очертания модели или стержневого ящика, уплотняться под воздействием внешних нагрузок;
- текучесть – способность смеси перемещаться под действием собственного веса и заполнять полости формы или стержневого ящика;
- стойкость – способность смеси сохранять свои свойства с момента приготовления до применения;

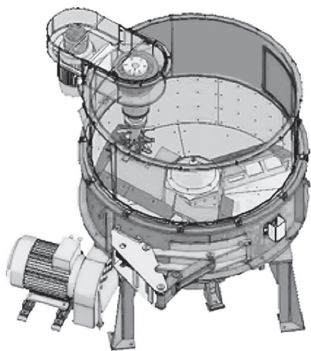


Рис. 1.17. Вихревой смеситель периодического действия модели 4843

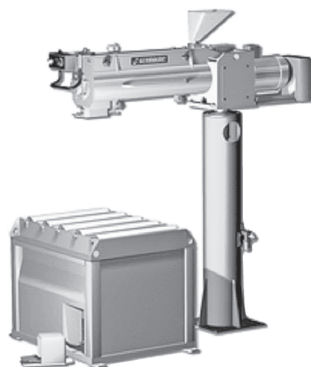


Рис. 1.18. Шнековый смеситель непрерывного действия



- гигроскопичность – способность смеси поглощать влагу из воздуха (насыщение смеси влагой при длительном хранении стержней приводит к снижению их прочности и газопроницаемости);

- влагосодержание – содержание влаги в смеси влияет на прочность, эластичность, газопроницаемость и другие свойства смеси;

- газопроницаемость – способность смеси в рабочем состоянии пропускать через себя газы;

- газотворность – способность смеси выделять пары и газы при заливке металла;

- податливость – способность формы или стержня сжиматься под воздействием внешних сил;

- выбиваемость – способность уплотненной смеси разрушаться при выбивке форм и стержней.

Уровень свойств смесей определяется требованиями технологии формовки. Проверка свойств смеси и обеспечение их стабильности в процессе производства способствуют устранению газовых и песчаных раковин, пригара, ужимин и, в конечном счете, предупреждению или снижению брака отливок.

### **Требования безопасности в смесеприготовительных отделениях**

1. Подвижные части оборудования, агрегаты (ленты транспортерные, элеваторы, сита полигональные) должны иметь защитные приспособления и тросовые концевые выключатели.

2. Места интенсивного пылевыделения (перевалки ленточных конвейеров, бегуны, сита, магнитные сепараторы) должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией.

3. Перемешивание компонентов и приготовление смеси необходимо производить на исправных смесителях.

4. Дозирование компонентов следует производить автоматически или мерной тарой. Отбор проб формовочной смеси надо производить специальными приспособлениями, запрещается определять влажность открытой рукой при работающих бегунах.

5. Работать следует только в специальной одежде с применением необходимых средств индивидуальной защиты (СИЗ) и с соблюдением на рабочем месте правил личной гигиены.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Каким требованиям должна соответствовать литейная форма при заливке ее расплавом?

2. Какие материалы называются формовочными, как они подразделяются?
3. Перечислите группы исходных формовочных материалов, дайте их краткую характеристику.
4. Опишите основные материалы-наполнители и перечислите их свойства.
5. Назовите основные связующие материалы. Каковы условия их применения?
6. Опишите механизм образования формовочной смеси со связующим – формовочной глиной.
7. Назовите основные противопригарные материалы. Какова их роль в процессе формовки?
8. Приведите классификацию формовочных смесей.
9. Перечислите основные требования безопасности при приготовлении смесей.

## 1.5. Ручное изготовление форм и стержней

### 1.5.1. Разновидности ручной формовки

В практике изготовления отливок применяются различные технологические виды ручной формовки. Наиболее распространены **формовка по неразъемным моделям** и **формовка по разъемным моделям**. При изготовлении форм с большими углублениями и полостями применяют **формовку с песчаным болваном**.

При получении форм для деталей сложной конфигурации, которые не имеют горизонтальной плоскости для укладки их на модельную плиту, применяют **формовку с подрезкой**.

Отливки, имеющие выступающие части, бобышки, платики, формируют по модели **с отъемными частями**, позволяющими извлечь модель из полуформы, не разрушая ее.

Детали, для формовки которых нужны две плоскости разреза, например катки с двумя ребрами, изготавливают **в трех опоках**. Процесс начинают с изготовления средней части, затем последовательно переходят к верхней и нижней частям.

Для производства крупных единичных отливок, имеющих наружную форму тел вращения (котлы, чаши, маховики, патрубки), применяют **формовку по шаблонам**, в ходе которой рабочую поверхность формы получают путем выгребания уплотненной смеси шаблоном, имеющим форму отливки.

Все способы изготовления разовых форм имеют *общие основные технологические операции*.

**1. Подготовка модельной оснастки.** Перед началом формовки модель тщательно осматривают, проверяют окраску, состояние шипов для соединения частей модели, отсутствие повреждений и перекосов, состояние подъемов для извлечения модели.

Для изготовления нижней полуформы половину модели и часть литниковой системы укладывают плоскостью разъема на модельную плиту, покрывают графитом или другим разделительным покрытием.

Если модель и литниковая система смонтированы на модельной плите, проверяют надежность их крепления, а также крепления штырей и втулок. Опки перед установкой на модельные плиты необходимо тщательно очистить от остатков смеси, металла, проверить состояние штырей, втулок, цапф, ручек для переноса.

**2. Заполнение опок смесью и ее уплотнение.** Для получения качественной отливки при формовке необходимо обеспечить равномерное уплотнение смеси.

Приступая к изготовлению формы, вначале на модельную плиту устанавливают опку втулками к плоскости разъема, затем на модель и плоскость разъема наносят облицовочную смесь. Толщина слоя при получении сырых мелких и средних форм составляет 10–30 мм, более крупных подсушиваемых форм – 25–50 мм. Для сухих и химически твердеющих форм одновременно используется весь объем смеси. Облицовочную смесь обминают вокруг модели вручную или трамбовкой с резиновым наконечником. Затем постепенно, слоями по 50–100 мм заполняют опку наполнительной смесью, уплотняя ее остроконечной трамбовкой. Уплотнение смеси начинают по контуру опки и в углах, затем у модели и над ней. Под крестовинами и выступающими частями смесь обминают вручную. После того как вся опка будет заполнена смесью на 50–100 мм выше верхнего уровня, смесь окончательно уплотняют, излишек ее срезают линейкой по ладу (краям) опки.

**3. Укрепление выступающих частей.** Выступающие и свисающие части формы укрепляют с помощью стальных крючков, кольшквов, которые устанавливают в места, подлежащие укреплению. Крючки навешивают на крестовину опки наклоном в разные стороны, кольшки устанавливают в сырых и подсушиваемых формах.

**4. Вентиляция форм.** Вентиляционные каналы выполняют со стороны контрлада опок после срезания излишков смеси с целью улучшения отвода газов, образующихся при заливке формы. Вентиляционные каналы прокалывают иглой диаметром 2–10 мм через 40–70 мм, не доходя до модели 10–15 мм.

В местах возможного скопления газов (бобышки, ребра) выполняют сквозные каналы изнутри через полость формы. Вентиляцию знаковых частей осуществляют наколами изнутри крупных каналов или установкой на знаки стояков, образующих вентиляционные каналы нужного сечения.

**5. Извлечение модели.** После изготовления полуформу вместе с моделью и модельной плитой кантуют разъемом кверху и устанавливают на ровную поверхность. Перед извлечением модель расталкивают, в гнездо разъема вставляют или ввинчивают подъем и осторожно, строго вертикально поднимают модель. Удаляют из формы отъемные части, модели элементов литниковой системы.

**6. Отделка формы.** К операциям отделки относят исправление повреждений полуформы, шлифование, окраску. После удаления модели повреждения полуформы заделывают формовочной смесью, уплотняют и заглаживают гладилкой, ланцетом, укрепляют шпильками, окрашивают и подсушивают газовой горелкой. Шлифуют каналы литниковой системы в местах поворотов, а также части формы, в которые ударяется струя расплава при заливке.

**7. Сборка и подготовка форм к заливке.** В ходе сборки в изготовленные полуформы устанавливают и крепят стержни, проверяют точность их установки шаблонами и мерительным инструментом, устраивают вентиляцию формы для лучшего удаления образующихся при заливке газов, производят окончательную отделку и окраску, очистку и соединение полуформ. В ходе подготовки к заливке полуформы скрепляют между собой болтами, скобами, грузами, устанавливают литейные и выпоровые чаши.

### ***1.5.2. Формовка по неразъемной модели***

Формовку в парных опоках по неразъемной модели применяют в тех случаях, когда основание отливки и модели ровное и совпадает с плоскостью разъема формы. По такой технологии изготавливают отливки каркасов, плит, грузов, решеток, крышек. Особенностью такой формовки является то, что вся отливка размещается в одной полуформе, а другая образует плоскую поверхность разъема.

При формовке в парных опоках по неразъемной модели выполняют следующие технологические операции (рис. 1.19):

- 1 – на модельную плиту помещают модель плоской поверхностью;
- 2 – устанавливают нижнюю опоку и припыливают модель графитом;
- 3 – на модельную плиту и модель через сито наносят слой облицовочной смеси толщиной 10–15 мм;

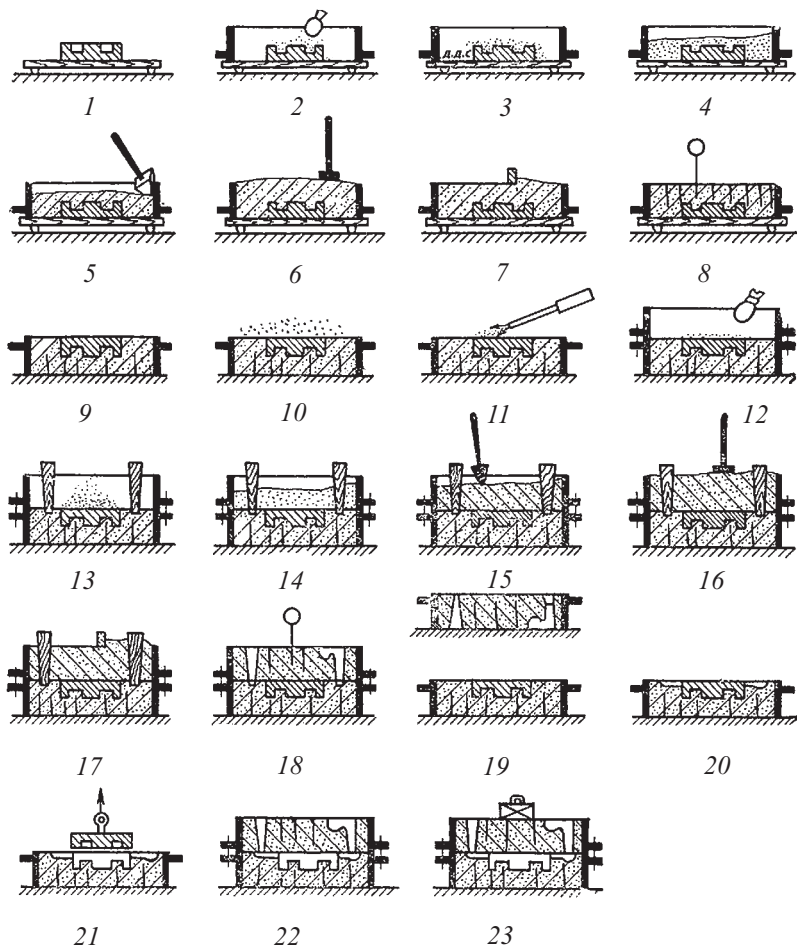


Рис. 1.19. Технологические операции формовки в парных опоках по неразъемной модели

- 4 – вручную обминают вокруг модели облицовочную смесь и насыпают в опоку наполнительную смесь;
- 5 – уплотняют смесь остроконечной трамбовкой;
- 6 – уплотняют смесь плоской трамбовкой;
- 7 – срезают излишки смеси линейкой по ладу (краям) опоки;
- 8 – выполняют вентиляционные каналы;
- 9 – кантуют нижнюю опоку вместе с модельной плитой на  $180^\circ$ , заглаживают поверхность гладилкой;

- 10 – посыпают плоскость разъема формы сухим песком;
- 11 – удаляют избыток песка;
- 12 – устанавливают по штырям верхнюю опоку и покрывают модель разделительным покрытием;
- 13 – устанавливают модели стояка, шлакоуловителя, выпоров;
- 14 – насыпают в опоку наполнительную смесь;
- 15 – уплотняют смесь остроконечной трамбовкой;
- 16 – уплотняют смесь плоской трамбовкой;
- 17 – срезают излишки смеси по ладу (краям) опоки;
- 18 – выполняют вентиляционные каналы, оформляют гладилкой литниковую чашу, извлекают модели стояка и выпоров;
- 19 – снимают и кантуют на 180° верхнюю полуформу;
- 20 – расталкивают и извлекают модели шлакоуловителя и питателя;
- 21 – вставляют в гнезда модели подъемники, расталкивают модель и извлекают ее из полуформы;
- 22 – полуформы осматривают, исправляют мелкие повреждения, при формовке без моделей питателя вручную гладилкой нарезают каналы для питания формы, припыливают углем или графитом. На поверхности нижней полуформы по контуру опоки около стенки гладилкой делают подрезку, взрыхляют смесь. По штырям устанавливают верхнюю полуформу, соединяя полуформы, при этом взрыхленная смесь уплотняется и исключает вытекание металла по разъему формы;
- 23 – скрепляют полуформы или устанавливают на форму груз.

### ***1.5.3. Изготовление стержней***

Стержни являются частями литейной формы, изготавливаются отдельно, служат для образования в отливках отверстий, углублений, внутренних полостей, сложных наружных поверхностей.

Стержни изготавливают ручным и машинным способами, по стержневым ящикам и с помощью шаблонов. Все эти способы имеют *общие основные технологические операции*.

***1. Подготовка стержневого ящика.*** До заполнения смесью стержневого ящика проверяют его комплектность и исправность, наличие отъемных частей, оправок, каркасов, шаблонов. Для предупреждения прилипания смеси все внутренние части ящика очищают и наносят разделительное покрытие.

***2. Заполнение стержневого ящика смесью и ее уплотнение.*** Вначале насыпают в стержневой ящик смесь слоем 30–60 мм и постепенно уплотняют ее остроконечной трамбовкой. Особенно тщательно

уплотняют узкие полости и углубления. Затем устанавливают проволоку для укрепления выступающих частей стержня, продолжают насыпать и уплотнять смесь до 3/4 высоты полости стержневого ящика. После этого в уплотненную смесь осаживают смоченный жидкой глиной каркас, соблюдая расстояние до стенок ящика 20–60 мм, заполняют ящик до верха смесью и уплотняют.

**3. Обеспечение газопроницаемости стержня.** В процессе изготовления стержня стремятся обеспечить надежный вывод газов из всех отдаленных участков и выступающих частей через знаки. При этом горючие газы стремятся кверху и лучше удаляются через верхние знаки.

**4. Удаление стержня из стержневого ящика.** После уплотнения смеси на стержневой ящик накладывают сушильную плиту, закрепляют ее и вместе с ящиком переворачивают на 180°. Стержневой ящик обстукивают со всех сторон молотком для лучшего отделения стержня от стен ящика, поднимают ящик, стержень остается на сушильной плите.

**5. Отделка стержня.** Эту операцию производят сразу после извлечения стержня. Исправляют поврежденные места, шпильками укрепляют выступающие части, выполняют вентиляционные каналы, вырезают подъемы для обеспечения возможности зацепки подъема крюком при транспортировании стержня. Затем стержень тщательно окрашивают противопожарной краской (кроме поверхностей знаков) и сушат в сушильной печи.

**6. Соединение и контроль стержней.** Крупные и мелкие стержни сложной конфигурации целесообразно изготавливать по частям и затем соединять эти части в одно целое. Перед склеиванием частей стержня зачищают плоскости соединения в специальных кондукторах, после чего на плоскости наносят кистью слой клея и соединяют части. Соединительные швы заделывают специальной замазкой, исправляют повреждения, стержни вновь окрашивают и сушат.

**7. Подготовка стержней к сборке.** Готовые стержни проверяют по внешнему виду. При сборке форм не допускается использование стержней с дефектами поверхности, трещинами, сколами, недостаточностью просушенных и окрашенных.

При изготовлении цилиндрического стержня *по разъемному стержневому ящику* (рис. 1.20) выполняют следующие технологические операции:

- очищают и собирают по шипам половины стержневого ящика 1, которые скрепляют скобой 2 (рис. 1.20, а);
- помещают ящик торцом на верстак, заполняют его на 1/3 стержневой смесью, уплотняют смесь набойкой и устанавливают в центральной части ящика душник 3 (рис. 1.20, б);

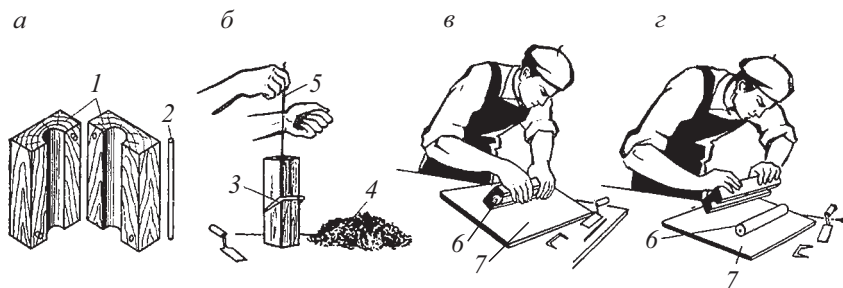


Рис. 1.20. Операции изготовления стержня по разъемному стержневому ящику

- добавляют стержневую смесь 4 и уплотняют ее до середины высоты ящика;
- устанавливают (забивают молотком) каркасную проволоку 5, добавляют стержневую смесь и уплотняют ее до полного заполнения ящика (рис. 1.20, б);
- снимают с ящика скобы, укладывают ящик в горизонтальное положение, обстукивают его деревянным молотком и снимают верхнюю половину ящика;
- поворачивают стержень 6 вместе с нижней половиной стержневого ящика и укладывают его на сушильную плиту 7 (рис. 1.20, в);
- снимают нижнюю половину ящика со стержня (рис. 1.20, г) и передвигают его на край сушильной плиты.

Последующие операции отделки и сушки стержня выполняют по установленной технологии.

### Требования безопасности при ручном изготовлении форм и стержней

1. До начала работы необходимо осмотреть и подготовить рабочее место, проверить исправность ручного инструмента, моделей, стержневых ящиков.
2. Опoki должны иметь прочные, надежно закрепленные цапфы, ушки, ручки, скобы, обеспечивающие уравновешенное и безопасное зацепление и транспортирование их грузоподъемными механизмами.
3. Устанавливать в форму следует только просушенные стержни с открытыми каналами для вывода газов.
4. При перемещении опок или полуформ нельзя держать руки вблизи цепей и под нижней плоскостью опок.



5. Снятие излишков смеси с верхнего лада опок необходимо проводить только специальной линейкой во избежание травм руки.

6. Для очистки и удаления с поверхности стержневых ящиков и стержней песка, пыли и других частиц должны применяться пылеотсасывающие устройства, исключающие пылевыведение.

7. Покрытие поверхности стержней противопригарными материалами должно проводиться под вытяжной вентиляцией с применением средств индивидуальной защиты.

8. Кантование стержневых ящиков и плит с общей массой более 60 кг должно быть механизировано.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Перечислите способы ручного изготовления форм в опоках.
2. Перечислите общие основные операции формовки.
3. Какие операции предусматривает отделка формы?
4. Опишите технологию изготовления форм по неразъемной модели.
5. Перечислите основные технологические операции по изготовлению стержней.
6. Опишите технологический процесс изготовления стержней по разъемным стержневым ящикам.
7. Перечислите основные требования безопасности при ручном изготовлении форм и стержней.

## **ГЛАВА 2. ФУТЕРОВОЧНЫЕ И ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **2.1. Футеровочные (огнеупорные) материалы**

Для удержания ванны жидкого металла в плавильных печах, снижения тепловых потерь, защиты корпусов, нагревательных элементов, энергетического и механического оборудования печных установок от высокотемпературного нагрева корпуса печей покрывают футеровкой из материалов, обладающих повышенной огнеупорностью. При этом *огнеупорными* называются материалы, деформация которых начинается при температуре 1580 °С, *высокоогнеупорными* – материалы с температурой начала деформации 1700 °С, *высшей огнеупорности* – материалы с температурой начала деформации выше 2000 °С. Кроме применения в печах огнеупорные материалы используют при изготовлении футеровки ковшей, леток, а также при изго-

товлении литейных форм в случаях, когда температура заливки сплава больше 1500 °С.

*Основные свойства огнеупорных материалов:*

- огнеупорность – способность материала противостоять, не разрушаясь, действию высоких температур;
- термическая стойкость – способность материала не разрушаться под действием знакопеременных температурных нагрузок;
- шлакоустойчивость – способность материала противостоять разрушающему действию жидких шлаков.

В соответствии с характеристикой металлургических процессов различают кислые, основные, нейтральные футеровки и, соответственно, футеровочные материалы, которые могут быть в виде *фасонных, стандартных изделий и футеровочных смесей*.

По форме и размерам стандартные огнеупорные изделия подразделяют на нормальный прямой и клиновидный кирпичи большого и малого размера, фасонные (определенной формы и размера) изделия (рис. 2.1).

Футеровочные смеси применяют в виде порошка для приготовления растворов и заполнения швов кладки, для набивной футеровки.

По химико-минералогическому составу огнеупорные материалы подразделяются кремнеземистые (динасовые), алюмосиликатные, магнезиальные, хромистые, углеродосодержащие и специальные.

**Динасовые** огнеупоры – материалы, содержащие 90% SiO<sub>2</sub>, изготавливают из измельченных кварцевых пород с добавлением известковой связки – 1,5–3,0% известкового молока. Из полученной массы формируют сырьевой кирпич, который сушат и обжигают при температуре 1470 °С.

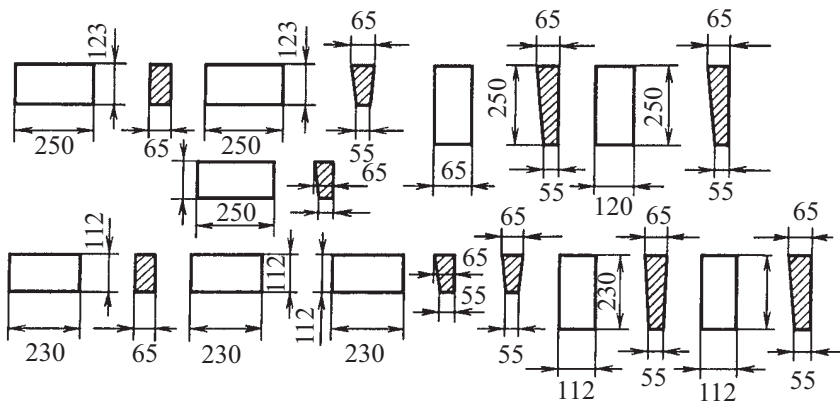


Рис. 2.1. Стандартные огнеупорные изделия

Динас обладает высокой огнеупорностью (1700 °С), температурой начала деформации под нагрузкой 1650 °С, высокой стойкостью к кислому шлаком, но низкой термической стойкостью, что ограничивает его применение.

**Алюмосиликатные** огнеупоры подразделяют на низкоглиноземистые – шамот (35%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 60%  $\text{SiO}_2$ ) и высокоглиноземистые – муллиты и корунды. Шамотные изделия получают из огнеупорной глины, которую смешивают и обжигают при температуре 1200–1400 °С. Глина спекается, образуя муллит-шамот. Его дробят, размалывают, смешивают с глиной в равных долях, формуют изделия, сушат и обжигают при температуре 1300–1350 °С. Шамотные огнеупоры часто используют для футеровки печей. Они обладают хорошей термической стойкостью, что и определяет их широкое применение. Высокоглиноземистые огнеупоры обладают высокой шлакоустойчивостью.

**Магнезиальные** огнеупоры подразделяют на магнезитовые ( $\text{MgO}$ ), доломитовые ( $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$ ), форстеритовые ( $2 \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ), шпинельные ( $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ), хромомagneзитовые ( $\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Они обладают высокой огнеупорностью, хорошо противостоят действию основных шлаков, отличаются высокой температурой начала деформации, хорошей термостойкостью.

**Углеродосодержащие** огнеупоры в основе имеют кристаллический графит и подразделяются на углеродистые, графитошамотные и карборундовые. Углеродистые огнеупоры получают из дробленого кокса и антрацита, смешанных со смолой. Изделия формуют, обжигают при температуре 1450 °С, они отличаются высокой огнеупорностью (1500 °С), высокой термостойкостью, шлакоустойчивостью, теплопроводностью, электрической проводимостью. Из карборундовых изделий готовят муфели, электронагреватели.

Все перечисленные огнеупорные материалы применяются для футеровки плавильных агрегатов и заливочных ковшей (см. главу 3).

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. С какой целью применяют футеровочные (огнеупорные) материалы?
2. Как характеризуются огнеупорные, высокоогнеупорные и высшей огнеупорности материалы?
3. Перечислите основные свойства огнеупорных материалов.
4. Как подразделяются огнеупорные материалы по форме и размерам?
5. Дайте характеристику по химико-минералогическому составу динасовым, магнезиальным, алюмосиликатным огнеупорам.
6. В чем состоят достоинства углеродосодержащих огнеупоров?

## 2.2. Шихтовые материалы

*Шихтовыми* материалами называют металлические и неметаллические компоненты, загружаемые в печь или используемые для обработки жидкого расплава, которые обеспечивают при плавке получение сплава заданной марки.

Все компоненты шихты, используемые при плавке литейных сплавов, подразделяют на первичные и вторичные металлические материалы, ферросплавы, топливо и флюсы.

### 2.2.1. Первичные металлические материалы

Первичные металлические материалы получают из рудных материалов в доменных и электропечах. К первичным материалам относят чушковые литейные и передельные чугуны, цветные металлы.

Чушковые чугуны поставляются в литейные цехи в виде литых чушек или дробленых кусков.

*Чушковые литейные чугуны* (ГОСТ 4832–95) (табл. 2.1, 2.2) классифицируются в зависимости от массовой доли кремния на литейные марок Л1–Л6 и литейные, рафинированные магнием, марок ЛР1–ЛР7.

*Чушковые передельные чугуны* (ГОСТ 805–95) (табл. 2.3, 2.4) предназначены для дальнейшей переплавки в сталь и при получении отливок классифицируются в зависимости от массовой доли кремния и назначения: для сталеплавильного производства – марок П1, П2; для литейного производства – марок ПЛ1, ПЛ2; фосфористые чугуны марок ПФ1, ПФ2, ПФ3.

Таблица 2.1

Классификация литейных чугунов

Марка чугуна	Массовая доля				
	кремния	марганца для группы			
		I	II	III	IV
Л1	3,2–3,6	До 0,3	0,3–0,9	0,5–0,9	0,9–1,5
Л2	2,8–3,2	До 0,3	0,3–0,9	0,3–0,9	0,9–1,5
Л3	2,4–2,8	До 0,3	0,3–0,9	0,3–0,9	0,9–1,5
Л4	2,0–2,4	До 0,3	0,3–0,9	0,3–0,9	0,9–1,5
Л5	1,6–2	До 0,3	0,3–0,9	0,3–0,9	0,9–1,5
Л6	1,2–1,6	До 0,3	0,3–0,9	0,3–0,9	0,9–1,5

Таблица 2.2

**Химический состав литейных чугунов**

Марка чугуна	Массовая доля								
	фосфора для класса					серы для категории, не более			
	А	Б	В	Г	Д	1-й	2-й	3-й	4-й
	не более								
Л1	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	–
Л2	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	–
Л3	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	–
Л4	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	0,05
Л5	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	0,05
Л6	0,008	0,12	0,3	0,3–0,7	0,7–1,2	0,02	0,003	0,004	0,05

Таблица 2.3

**Классификация передельных чугунов**

Марка чугуна	Массовая доля					
	углерода	кремния	марганца для группы			
			I	II	III	IV
П1	4–4,5	0,5–0,9	До 0,5	0,5–1	1–1,5	–
П2	4–4,5	0,5–0,9	До 0,5	0,5–1	1–1,5	–
П3	4–4,5	0,5–0,9	До 0,5	0,5–1	1–1,5	0,5–1,5
П4	4–4,5	0,5–0,9	До 0,5	0,5–1	1–1,5	0,9–1,5

Таблица 2.4

**Химический состав передельных чугунов**

Марка чугуна	Массовая доля							
	фосфора для класса, не более			серы для категории, не более				
	А	Б	В	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
П1	0,1	0,2	0,3	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
П2	0,1	0,2	0,3	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
П3	0,08	0,12	0,3	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
П4	0,08	0,12	0,3	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

**Цветные металлы** поставляются в литейные цехи в виде чушек, слитков, гранул, их маркируют в зависимости от чистоты. Применяются для получения цветных сплавов и легирования черных сплавов.

**Алюминий первичный** (ГОСТ 11069–91) особой чистоты А999 содержит 99,99% алюминия; высокой чистоты А99–А95 содержит 99,995–99,95% алюминия; технической чистоты А85–А90 содержит 99,85–99,0% алюминия.

**Силумин СИЛ** (ГОСТ 1583–93) содержит 10–15% кремния, около 2% примесей Fe, Cu, Mn, Zn, Ca в сумме.

**Медь** М1р, М2р, М1Ф содержит 99,9% меди.

**Цинк** от ЦВ 00 до ЦЗ содержит от 99,997 до 97,5% цинка.

**Олово** от ОВ4-000 до ОВ-004 содержит от 99,999 до 96,43% олова.

**Свинец** от СО до СЗС содержит от 99,992 до 99,5% свинца.

**Никель** от НО до Н4 содержит от 99,99 до 97,6% никеля.

**Хром** от Х 99А до Х 97 содержит от 99 до 97% хрома.

### **2.2.2. Вторичные металлические материалы**

К вторичным металлическим материалам относят лом и отходы черных и цветных металлов (брикетированные, пакетированные, стружка), возврат собственного производства (литники, скрап, брак литья).

**Лом стальной** – изношенные, вышедшие из строя и не подлежащие дальнейшей эксплуатации узлы, конструкции и части механизмов, разделанные в состояние, удобное для загрузки печей, маркируются 1А, Б–4А, Б; пакеты и стружка стальная – отходы штампового и металлообрабатывающего производства, маркируются 5А, Б–14 А, Б.

**Лом чугунный** – куски машинного литья, корпусов, станков, узлов, труб чугунных, поддонов, маркируются 16А, Б, 17А, Б; стружка, брикеты из чугунной стружки, маркируются 20, 20А, 21А, Б.

**Лом и отходы цветных металлов и сплавов** по наименованиям металлов классифицируются на лом алюминия, титана, меди, свинца, никеля, молибдена, олова, цинка, магния.

**Возврат собственного производства** содержит литники, элементы литниковой системы, сплесы, брак чугунного литья, не подлежащий исправлению.

### **2.2.3. Ферросплавы**

Для регулирования химического состава, микро- и макроструктуры сплавов применяют специально изготавливаемые ферросплавы – сплавы железа с одним или несколькими легирующими элементами.

**Ферросилиций** (ГОСТ 3547–91) ФС 20 содержит 20–22% кремния (в марке указывается среднее содержание кремния).

Для легирования чугунов и сталей используется ферросилиций марок ФС 20–ФС 45, в качестве раскислителей – марок ФС 45–ФС 75, в качестве модификаторов – марок ФС 75–ФС 90.

**Ферромарганец** (ГОСТ 3547–91) малоуглеродистый ФМн 0,5 содержит 85% марганца, не более 0,5% углерода, 2% кремния, 0,3% фосфора;

среднеуглеродистый ФМн 1,5–1,0 содержит 85% марганца, не более 1–1,5% углерода, 1,5–2,5% кремния, 0,3% фосфора;

углеродистый ФМн 78 содержит 78% марганца, не более 7% углерода, 1–2% кремния, 0,05–0,35% фосфора.

**Силикомарганец** (ГОСТ 4756–91) СМн 10, СМн 26 содержит 10–26% кремния, 60–65% марганца.

**Феррохром** (ГОСТ 20069–86) ФХ 050 содержит 0,5% углерода, 60–68% хрома.

**Ферросиликохром** (ГОСТ 11861–91) ФСХ 33 содержит 30–37% хрома, 28–55% кремния.

**Ферротитан** (ГОСТ 4761–91) ФТ 20А содержит 20% титана.

**Ферромolibден** (ГОСТ 4759–91) ФМо 60 содержит 60% молибдена.

**Феррованадий** (ГОСТ 37130–94) В1 35А, В1 35Б содержит 85% ванадия.

## 2.2.4. Расчет шихты

Задача расчета шихты заключается в установлении соотношения компонентов шихты для получения сплава требуемого состава.

Исходными данными для расчета шихты являются:

- химический состав сплава в отливке;
- состав, расход и коэффициент усвоения модификатора (в случае его применения);
- тип плавильного агрегата;
- вид футеровки печи.

**Первый этап** расчета состоит в определении среднего химического состава шихты. Для этого вычисляют количество элементов, вносимых в расплав с модификатором. Полученную величину вычитают из концентрации данного элемента в металле отливки.

В процессе плавки постоянно происходит угар или пригар элементов, поэтому необходимо соответственно увеличивать или уменьшать их содержание в шихте по сравнению с их содержанием в жидком расплаве. В зависимости от вида сплава используется один из способов учета угара в процентах:

- от среднего содержания каждого из элементов во всех компонентах шихты;

- для каждого компонента шихты в отдельности по каждому из элементов.

**Второй этап** заключается в составлении списка компонентов шихты. В этот список вносятся:

- возврат собственного производства;
- лом соответствующих сплавов известного химического состава (желательно из отходов собственного производства завода);
- первичные металлы, количество которых выбирается тем выше, чем выше требования к выплавляемому сплаву;
- компоненты, содержащие каждый из контролируемых элементов в химическом составе сплава по отдельности;
- компонент-разбавитель, содержащий минимальное количество каждого из элементов (например, малоуглеродистую сталь при плавке чугуна и стали).

**Третий этап** – собственно расчет состава шихты. Ранее существовали три основных метода расчета – аналитический, графический и метод подбора компонентов, в настоящее время все расчеты ведутся с помощью специальных компьютерных программ. Примерные расчеты шихты для плавки чугунов марок СЧ-20 и ВЧ-50 в печи ИТПЭ-0,4 приведены в табл. 2.5, 2.6.

Расчет шихты ведется на 1000 кг металлической завалки, масса металлической шихты или завалки на данную программу складывается из масс: 1) годного литья, необходимого по программе на месяц, квартал, год, на день или на плавку; 2) брака литья внутреннего и внешнего, т.е. обнаруженного в литейном и механическом цехах; 3) литников и выпоров; 4) угара и механических потерь металла при разливке (сливы, сплески, брызги и др.).

Масса литников колеблется: для мелкого литья – от 20 до 80%, для среднего литья – от 15 до 25%, для крупного литья – от 5 до 15% от массы отливки. Коэффициентом выхода годного литья называется отношение массы годного литья к массе завалки, выраженное в процентах. Коэффициент выхода годного литья из серого чугуна для мелких отливок – 40–60%, средних – 55–70%, крупных – 65–80%. Для отливок из ковкого чугуна коэффициент выхода годного литья равен 50–62%.

При расчете шихты учитывают угар элементов в плавильной печи. Угар элементов при ваграночной плавке колеблется: для кремния – от 10 до 30%, для марганца – от 15 до 25%, для хрома – от 16 до 20%. Обычно содержание никеля в шихте не изменяется. Изменение содержания хрома и никеля относится к случаю шихтовки с применением природно-легированных чугунов. Угар примесей в вагранке зависит от абсолютного содержания их в шихте и от режима плавки (с подогревом дутья, без подогрева, в коксгазовой вагранке и т.п.). Пригар серы (до 50%) происходит в основном вследствие перехода серы из кокса в чугун.



Расчет шихты для печи ИТПЭ-0,4, серый чугун марки СЧ-20 (ГОСТ 1412-85)

Шихтовые материалы	Количество на завалку		Содержание элементов											
	%	кг	C		Si		Mn		Cr		S		P	
			в ис-ход-ном	в шихте	в ис-ход-ном	в шихте	в ис-ход-ном	в шихте	в ис-ход-ном	в шихте	в ис-ход-ном	в шихте	в ис-ход-ном	в шихте
Лом чугунный	58,2	829,1	3,10	1,80	1,85	1,08	0,60	0,35	0,20	0,12	0,10	0,058	0,20	0,12
Лом стальной	17	242,2	0,10	0,02	0,17	0,03	0,50	0,09	0,05	0,01	0,02	0,003	0,04	0,01
Возврат собственного производства	24,8	353,3	3,30	0,82	2,30	0,57	0,60	0,15	0,18	0,04	0,15	0,037	0,20	0,05
Металлозавалка	100	1425												
Выход годного	70,2	1000												
ФС 45	1,25	17,8	0,20	0,003	45,00	0,56	1	0,01	0,50	0,01	0,02	0,000	0,05	0,001
Карбюризатор	2,1	29,9	90	1,89							0,15	0,003		
Угар, %			-10	-0,45	5	0,11	-20	-0,12	-1	-0,002		0,000		0,00
Жидкий металл в печи				4,08		2,35		0,48		0,17		0,102		0,17
Zircinoc (Вагнос)	0,25	3,6			75,00	0,19								
В отливке расчетный				4,08		2,54		0,48		0,17		0,10		0,17
В отливке допустимый			3,3-3,5	3,3-3,5	1,4-2,4	1,4-2,4	0,7-1,0	0,7-1,0	До 0,18	До 0,15	До 0,15	До 0,15	До 0,2	До 0,2

**Расчет шихты для печи ИТПЭ-0,4,**

Шихтовые материалы	Количество на завалку		Содержание					
			C		Si		Mn	
	%	кг	в исходном	в шихте	в исходном	в шихте	в исходном	в шихте
Чугун литейный	30	526,3	4,00	1,20	1,20	0,36	0,30	0,09
Лом стальной	36,6	642,1	0,10	0,04	0,17	0,06	0,50	0,18
Возврат собственного производства	33,4	586,0	3,25	1,09	2,45	0,82	0,50	0,17
Металлозавалка	100	1754						
Выход годного	57	1000						
ФС 45	0,7	12,3	0,20	0,001	45,00	0,32	1,00	0,01
Карбюризатор	1,8	31,6	90	1,62				
Медь М1–М3	0,3	5,3						
Угар, %			-10	-0,39	5	0,08	-20	-0,09
Жидкий металл в печи				3,55		1,63		0,36
Elmag	1,85	32,5	-5,00	-0,09	48	0,89		
Zircinoc (Varinoc)	0,5	8,8			75	0,38		
В отливке расчетный				3,46		2,90		0,36
В отливке допустимый			3,2–3,7		1,9–2,9		0,3–0,7	

### 2.2.5. Топливо, флюсы

Для плавки литейных сплавов используются твердые, жидкие и газообразные виды топлива.

**Кокс литейный** каменноугольный (ГОСТ 3340–91) получают сухой возгонкой (нагревом до 1100 °С без доступа воздуха) коксующихся углей. В процессе перегонки из угля выделяются летучие вещества – коксовый газ, смолы, аммиак, бензол. Конечный продукт – кокс – представляет собой куски пористого вещества насыпной массой 0,5 т/м<sup>3</sup>. Горючим составляющим кокса является углерод. По содержанию серы и зольности кокс разделяют на марки (табл. 2.7).

Размеры кусков кокса определяют условия горения углерода и восстановления углекислого газа, весь ход ваграночной плавки.

Таблица 2.6

## высокопрочный чугун марки ВЧ-50 (ГОСТ 7293–85)

элементов									
Cr		S		P		Cu		Mg	
в исходном	в шихте	в исходном	в шихте	в исходном	в шихте	в исходном	в шихте	в исходном	в шихте
0,05	0,02	0,02	0,006	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,02	0,02	0,007	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,07	0,02	0,02	0,007	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,00	0,02	0,000	0,05	0,000				
		0,10	0,002						
						99	0,30		
-1	-0,001		0,000		0,00		0,00		0,00
	0,060		0,022		0,03		0,30		0,00
		-25	-0,005					6	0,04
	0,060		0,02		0,03		0,30		0,04
До 0,1		До 0,015		До 0,1		До 0,28		0,04–0,05	

Установлено пять классов кокса по размеру: 1-й – 80 мм и более; 2-й – 60 мм и более; 3-й – 40 мм и более; 4-й – 60–80 мм; 5-й – 40–60 мм. Кокс должен быть плотным, пористость не более 30%, большая пористость снижает механическую плотность. Содержание серы должно быть минимальным, так как в ходе плавки металл, соприкасаясь с коксом и газами, насыщается серой, что снижает его механические свойства. Зольность должна быть минимальной, так как зола снижает теплотворную способность кокса, уходит при горении в шлак, усложняет работу печи.

**Мазут** получают в процессе переработки нефти. Горючим составляющим его является углерод (80–87%). Используется мазут в пламенных печах при плавке цветных сплавов.

Таблица 2.7

## Химические свойства кокса

Характеристика	Марка кокса		
	КЛ1	КЛ2	КЛ3
Предельное содержание серы, %	0,6	1,0	1,4
Предельная зольность, %	12	11	12
Влага, %, не более	3	5	5
Выход летучих материалов, %, не более	1,2	1,2	1,2

**Природный газ**, основным составляющим которого является метан  $\text{CH}_4$  (77–98%), содержит кроме него этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и тяжелые углеводороды. Находит широкое применение практически во всех литейных переделах. В качестве *основного топлива* применяется в газовых печах для плавки цветных сплавов и в газовых вагранках. В качестве *дополнительного источника топлива* используется в виде горелок в дуговых, индукционных печах, вагранках.

К **флюсам** относятся минеральные вещества, применяемые в шихте для понижения температуры плавления шлака, удаления золы из топлива в виде шлака, понижения вязкости и улучшения жидкотекучести шлака. При плавке чугуна и стали в качестве флюса используют известняк, 90% которого составляет кальцит  $\text{CaCO}_3$ . При нагреве известняк распадается на известь  $\text{CaO}$  и углекислый газ  $\text{CO}_2$ . В зависимости от содержания  $\text{CaO}$  известняк делится на три сорта (табл. 2.8).

Таблица 2.8

## Химический состав флюсов

Компонент, %	Сорт известняка		
	1-й	2-й	3-й
$\text{CaO}$ , не менее	52	50	49
$\text{SiO}_2$ , не более	1,75	3,0	4,0
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , не более	2,0	3,0	3,0
$\text{MgO}$ , не более	3,5	3,5	3,5
$\text{P}_2\text{O}_5$ , не более	0,02	0,04	0,04
$\text{SiO}_2$ , не более	0,25	0,35	0,35
Нерастворимый осадок	2,15	3,75	5,0

Для плавки чугуна используют мел, мрамор (которые по составу аналогичны известняку), свежесожженную известь (содержит 88–93% CaO), доломит (30% CaO, 20% MgO, 45% CO<sub>2</sub>), апатитонепелиновую руду (основной компонент Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>), плавиковый шпат CaF<sub>2</sub>.

При плавке цветных сплавов в качестве флюсов используются фтористые и хлористые соединения кальция, магния, натрия, хлориды алюминия и калия.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Как подразделяются металлические материалы, используемые при плавке литейных сплавов?
2. Перечислите первичные металлические материалы для плавки.
3. Какие металлические материалы относят к вторичным?
4. Дайте характеристику чугунному лому и собственному возврату производства.
5. Назовите виды топлива и флюсов для плавки в плавильных агрегатах и перечислите требования к ним.
6. Каковы условия применения огнеупорных материалов?
7. Приведите правила расчета шихты.
8. Дайте характеристику кокса и назовите его химические свойства.
9. Поясните назначение и условия применения флюсов.

## **ГЛАВА 3. ПЛАВИЛЬНЫЕ ПЕЧИ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ РАСПЛАВОВ**

### **3.1. Общие сведения о плавильных агрегатах**

В литейном производстве для получения отливок из черных и цветных сплавов используют различные плавильные печи:

- ***вагранки*** – топливные шахтные печи непрерывного действия, предназначены для получения серого чугуна марок СЧ-15–СЧ-30;

- ***электродуговые печи*** переменного и постоянного тока – применяют для плавки всех видов черных сплавов с возможностью проведения активных металлургических процессов;

- ***пламенные газовые и жидкотопливные печи*** – применяют для плавки черных и цветных сплавов;

- ***индукционные тигельные и канальные электропечи*** – предназначены для плавки и выдержки (миксирования) чугунов, сталей и цветных сплавов;

- ***печи сопротивления*** – предназначены для плавки цветных сплавов.

Производственный опыт эффективной эксплуатации плавильного оборудования в области литейного производства позволил сформировать четыре основных критерия, по которым выбирают тот или иной плавильный агрегат для чугунолитейного производства:

- технологические возможности плавильного агрегата для обеспечения технических требований к производимым отливкам;
- технические показатели плавильного агрегата для обеспечения проектируемых объемов выпуска отливок и соответствующей организации производственного процесса;
- минимальность затрат для защиты окружающей среды от вредных воздействий при эксплуатации плавильного агрегата;
- экономичность процесса плавки черных и цветных сплавов.

Сравнительные показатели плавильных печей, отражающие эти критерии, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Показатели оценки эффективности плавильных агрегатов и установок для плавки чугуна (электропечи)**

Показатели оценки, единицы измерения	Электродуговые печи переменного тока типа ДЧМ	Электродуговые печи постоянного тока типа ДППТ	Индукционные тигельные электропечи промышленной частоты типа ИЧТ	Индукционные тигельные электропечи средней частоты типа ИФМ
1	2	3	4	5
Нормальный режим работы	Поплавочный		Поплавочный с «боллотом»	Поплавочный
Энергоноситель плавки	Электроэнергия			
Удельный расход энергоносителя на 1 т выплавляемого чугуна:				
физические единицы, кВт · ч	650–750	550–650	≥ 1100	550
теплотенергия, Мкал	559–645	473–559	≥ 946	473
Стоимость энергоносителя на 1 т расплава, р.	408	360	660	330
Эффективность использования энергии, %	58,5	66,4	36,2	72,4
Температура перегрева расплава чугуна, °С	До 1500	До 1500	До 1450	До 1450
Шихтовые материалы:				
чушковый чугун, % от металлозавалки	5–8	5–8	8–12	8–12

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5
стальной лом, % от металло-завалки	25–35	До 60	30–40	До 60
Качество шихты для плавки	Возможно применение низкосортного стального и чугунного лома		Очищенный от пригара, сухой	Очищенный от пригара
Металлический угар чугуна общий, % В том числе по элементам, угар (–), пригар (+):	(–) 3,5–5,0	(–) ≈ 3,0	(–) ≈ 3,0	(–) ≈ 2,0
С	(+) 5–10	(–) < 5	(–) 5–15	(–) 15–20
Si	(–) 5–15 (основная печь)	0	(–) 15–20 (основная печь)	(–) 0–15
Mn	(–) 15–30	(–) 10–20	(–) 10–15	(–) 5–15
S	(–) 20–30 (основная печь)	0	0	0
Содержание S в расплаве	Содержание в шихте. Возможен процесс десульфурации		Содержание в шихте	
Металлургическая обработка расплава	Возможна		Невозможна	
Загрязнение среды:				
твердые отходы (шлак), кг/т расплава	60–80	40–70	20–30	20–30
газовые выбросы, мг/м <sup>3</sup> :				
CO	0,88–0,94	До 0,8	0,5 – 0,07	0,5–0,07
SO <sub>2</sub>	–	–	–	–
NO <sub>n</sub>	0,18–0,20	До 0,2	0,37	0,37
пылевые выбросы, кг/т расплава	5,6–6,0	Менее 5,0	0,55–0,8	0,55–0,8
Высота пролета до подкрановых путей, м	13 – для печей вместимостью 6 т 18 – для печей вместимостью 12 т		9,65 – для тигля вместимостью 6 т 11,5 – для тигля вместимостью 10 т	
Производственная площадь для установки из двух печей, м <sup>2</sup>	13 – для печей вместимостью 6 т 18 – для печей вместимостью 12 т		9,65 – для тигля вместимостью 6 т 11,5 – для тигля вместимостью 10 т	

## Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику плавильным печам, применяемым в литейном производстве.
2. Какой из плавильных агрегатов наиболее экономичен в плане расхода и стоимости энергоносителя на 1 т расплава?

## 3.2. Коксовые вагранки

### 3.2.1. Принцип действия вагранки

**Вагранка** – шахтная плавильная печь непрерывного действия, в которой нагрев шихтовых материалов осуществляется в условиях противотока, когда они медленно опускаются по шахте и омываются встречным потоком горячих газов, плавление и перегрев жидкого металла происходит в слое горящего или нагретого углеродсодержащего материала (кокса).

В зависимости от источника теплоты, используемого для плавки, вагранки подразделяют на коксовые, коксогозовые, газовые, электрические. Наибольшее распространение имеют коксовые вагранки.

**Коксовая вагранка** – футерованная огнеупорным материалом цилиндрическая шахта, установленная на опорной металлоконструкции и снабженная снизу днищем с открывающимися дверцами, а сверху трубой с пылеуловителем (рис. 3.1). В нижней части шахты имеются каналы для выпуска металла и скачивания шлака, называемые летками, несколько выше в один или два ряда расположены фурмы для подачи воздушного дутья. На высоте 3–6 м, в зависимости от диаметра вагранки, выше фурм размещается окно

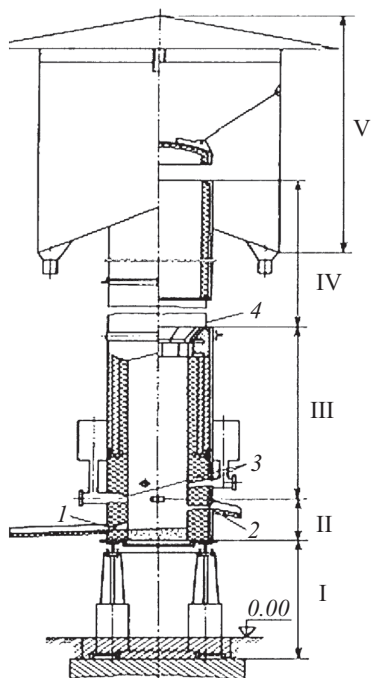


Рис. 3.1. Коксовая вагранка:

I – опорная часть; II – горн; III – полезная высота; IV – труба; V – пылеуловитель; 1 – металлическая летка; 2 – шлаковая летка; 3 – фурма; 4 – загрузочное окно



для загрузки шихтовых материалов. Часть шахты от днища до оси фурм называют горном, часть от оси фурм до загрузочного окна – полезной высотой, выше загрузочного окна – трубой. На трубе вагранки сверху устанавливают устройства для очистки ваграночных газов, искрогасители, пылеуловители.

В коксовой вагранке теплота для нагрева и плавления шихтовых материалов, нагрева капель жидкого чугуна, образования шлака и протекания всех металлургических процессов образуется в результате горения кокса в нижней части шахты – над фурмами. Для интенсивного горения кокса в вагранку через фурмы от воздухоудвки по воздуховодам подается воздушное дутье. По мере расплавления металлической шихты, сгорания кокса, выпуска металла и скачивания шлака из печи в шахту вагранки через загрузочное окно загружают новые порции (колоши) шихты, и плавка продолжается непрерывно. Ваграночные газы, проходя через слой шихты, поднимаются по трубе вагранки и через пылеуловитель выбрасываются в атмосферу.

По условиям теплообмена между металлом, коксом и газами вся шахта условно разделяется на четыре зоны теплообмена (рис. 3.2):

**I – зона подогрева** шихты. Простирается от загрузочного окна до уровня, на котором температура поверхности кусков шихты достигает 1150–1200 °С, т.е. температуры плавления;

**II – зона плавления** кусков металлической шихты. Продолжительность плавления 5–15 мин, за это время куски успевают опуститься на 300–500 мм;

**III – зона перегрева** жидкого чугуна. Начинается с того места, где образуются капли жидкого чугуна, и простирается до нижнего ряда фурм. Капли чугуна, стекая по кускам раскаленного кокса и омываясь потоком разогретых до высокой температуры газов, значительно перегреваются;

**IV – горн** вагранки. Находится в нижней части шахты между кромкой нижнего ряда фурм и подиной. В этой зоне чугун, стекая по кускам кокса и располагаясь между ними, насыщается углеродом и серой, поэтому желательно, чтобы время пребывания чугуна в горне вагранки было минимальным.

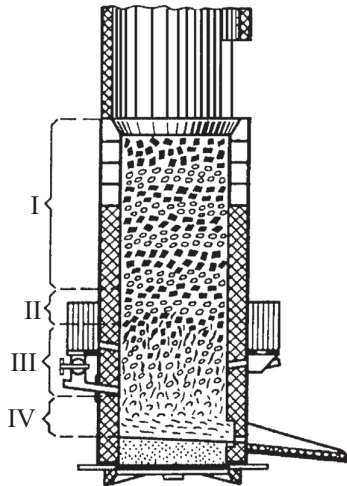


Рис. 3.2. Зоны теплообмена в вагранке:

I – зона подогрева; II – зона плавления;  
III – зона перегрева; IV – горн

### 3.2.2. Основные узлы вагранки

Коксовая вагранка (рис. 3.3) состоит из следующих основных узлов: опорной части 1, шахты с устройствами для выпуска металла и скачивания шлака 2, фурменного устройства 3, узла загрузки шихты 4, дымовой трубы 5, а также копильников-миксеров.

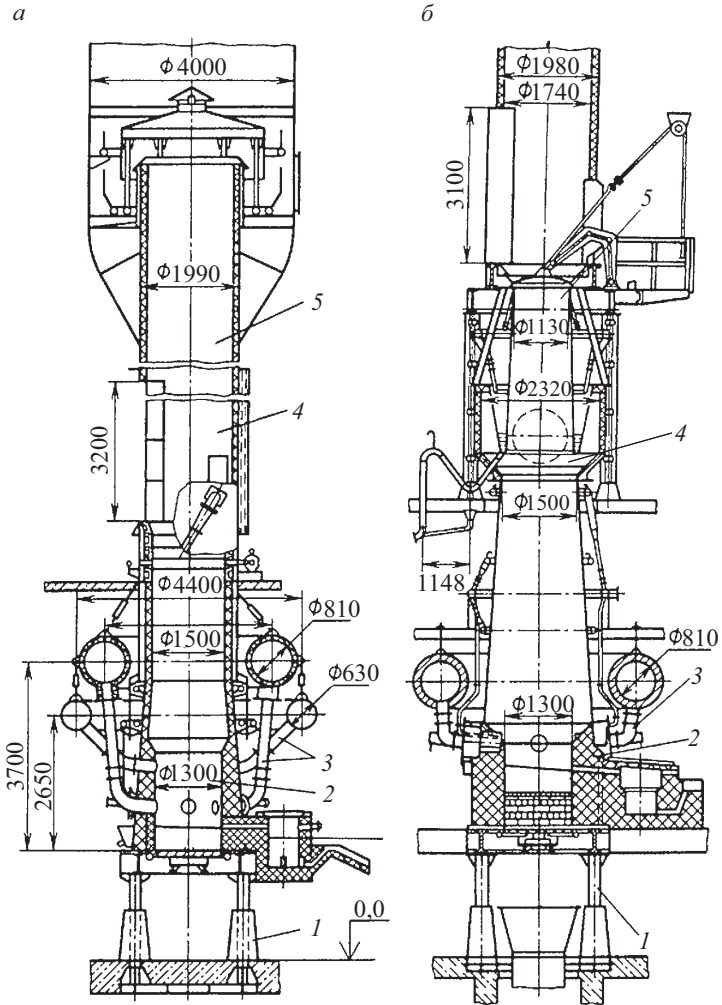


Рис. 3.3. Коксовые вагранки открытого (а) и закрытого (б) типа

**Опорная часть** служит для восприятия статической нагрузки от массы вагранки, шихты и динамической нагрузки в ходе загрузки шихты и движения ее по шахте. Ее конструкция обеспечивает выгрузку из шахты остатков кокса, шлака, нерасплавившихся кусков шихты после окончания плавки и доступ в шахту для проведения ремонтных и футеровочных работ.

Подовая плита опорной части крепится неподвижно к опорной раме, установленной на колоннах. Она выполняется из стального листа толщиной 50–80 мм, имеет центральное отверстие для днища и отверстия для крепления механизма открывания днища.

**Шахта вагранки** с устройствами для выпуска металла и скачивания шлака имеет цилиндрический, конический или «доменный» профиль. Наибольшее распространение имеют вагранки с цилиндрической шахтой, изготовленной из листовой стали толщиной 8–12 мм. Такая шахта наиболее проста для изготовления и ремонта футеровки. При подогреве воздушного дутья или обогащении его кислородом температура в зоне плавления возрастает, поэтому применяют водоохлаждаемые шахты по всей высоте или в нижней ее половине.

В нижней части шахты расположено днище вагранки, которое состоит из двух литых стальных и чугунных створок-полуднищ, закрепленных на валу, проходящем через подшипники скольжения на подовой плите, и приводится в движение с помощью механизма открывания и закрывания днища.

Вагранки производительностью более 15 т/ч выполняются с водоохлаждаемой и нефутерованной, кроме горна, шахтой. Вагранки с производительностью ниже 10 т/ч имеют водоохлаждаемые шахты от уровня фурм до подовой плиты или выполняются без водяного охлаждения шахты. В нижней части шахты расположено рабочее окно для набивки подины и обслуживания переходного канала (летки).

**Устройства для выпуска металла и скачивания шлака** расположены в шахте вагранки. Применяют непрерывный и периодический способы выпуска металла и скачивания шлака. При непрерывном выпуске металла и скачивании шлака в стационарный копильник все продукты плавки через переходной канал попадают в копильник, накапливаются, а шлак всплывает на поверхность. При достижении шлака шлаковой летки производится периодическое его скачивание. Выпуск металла производится через металлическую летку в нижней части передней дверцы копильника.

При выпуске металла и шлака через переходной канал в металлоприемник (рис. 3.4) металл через сифонное устройство под перегородкой и желоб выпускается в поворотный копильник, шлак отделяется

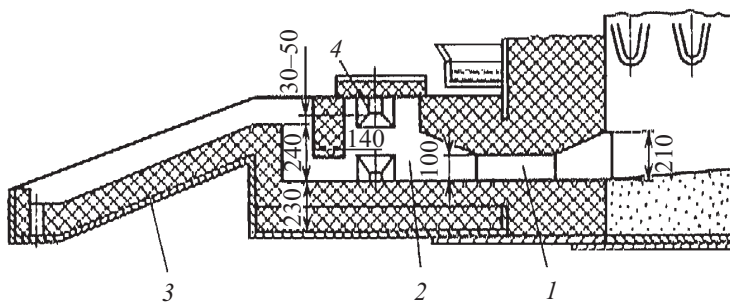


Рис. 3.4. Устройство для непрерывного выпуска металла и скачивания шлака:  
1 – переходной канал; 2 – металлоприемник; 3 – желоб для металла; 4 – желоб для шлака

перегородкой и по шлаковому желобу стекает в шлаковую чашу или установку грануляции шлака.

**Фурменные устройства** для подачи воздушного дутья в шахту вагранки состоят из фурменных коробок, распределяющих воздух по фурмам; соединительных патрубков, подводящих воздух к фурмам; фурм, подающих дутье в вагранку.

Фурменные коробки (рис. 3.5) выполняются сварными из листовой стали толщиной 4–6 мм, оборудуются взрывными клапанами (рис. 3.6), предохраняющими разрушение конструкции при хлопках в случае на-

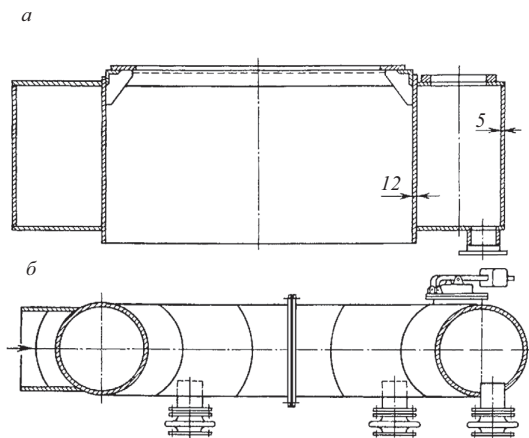


Рис. 3.5. Фурменные коробки вагранок:  
а – сварная с прямоугольным сечением; б – сварная с круглым сечением

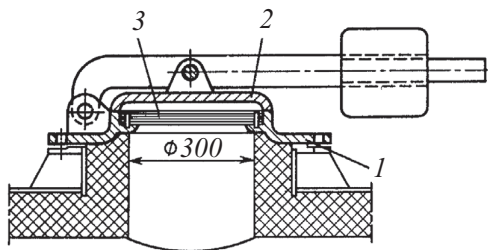


Рис. 3.6. Предохранительный клапан рычажного типа:  
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – прокладка

капливания в воздуховодах ваграночных газов. Фурмы (рис. 3.7) могут быть чугунными литыми, выполненными из стальных труб; медными сварными или литыми; просто выложенными в футеровке шахты. Фурмы имеют поворотные шиберы для регулирования подачи дутья в вагранку и смотровые окна (гляделки) с термостойким стеклом для наблюдения за горением кокса и ходом плавки.

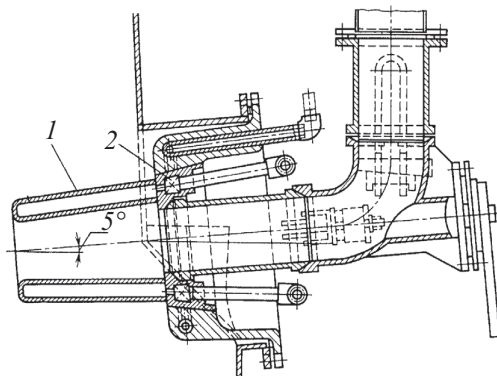


Рис. 3.7. Фурма медная водоохлаждаемая:  
1 – рыло; 2 – камера подачи воды

**Узел загрузки шихты** (рис. 3.8) располагается в верхней части шахты вагранки, состоит из защитной воронки из чугунных кирпичей, загрузочного окна и дымовой трубы.

Защитная воронка высотой 1 м предназначена для защиты футеровки от разрушения при загрузке шихты. Размеры загрузочного окна определяются способом загрузки шихты.

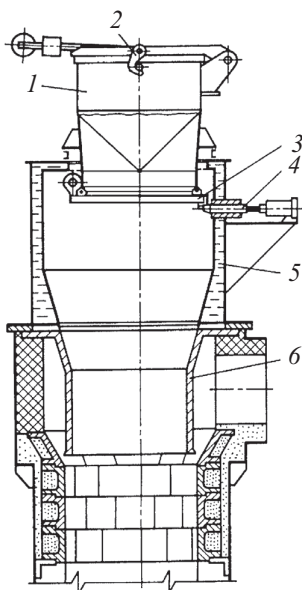


Рис. 3.8. Узел загрузки шихты в вагранку закрытого типа:

1 – приемный бункер; 2 – механизм открывания верхней крышки; 3 – нижняя крышка; 4 – механизм запирания нижней крышки; 5 – корпус загрузочного устройства; 6 – защитная воронка

**Копильники-миксеры** для жидкого чугуна служат для накапливания металла, усреднения его химического состава и температуры, периодической выдачи металла на участки заливки форм. По конструкции копильники подразделяют на стационарные и поворотные. *Стационарные копильники* (рис. 3.9) применяют в цехах крупного литья, где выдача металла на заливку производится 3–4 раза в час.

*Поворотные копильники* с подогревом чугуна газовой горелкой (рис. 3.10) используют при выдаче мелких порций литья.

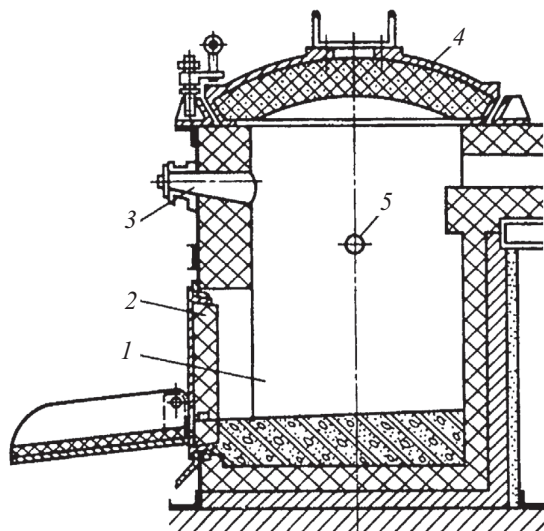


Рис. 3.9. Стационарный копильник:

1 – футерованный корпус; 2 – передняя дверца с леткой и желобом для жидкого чугуна; 3 – смотровое окно; 4 – крышка; 5 – шлаковая летка

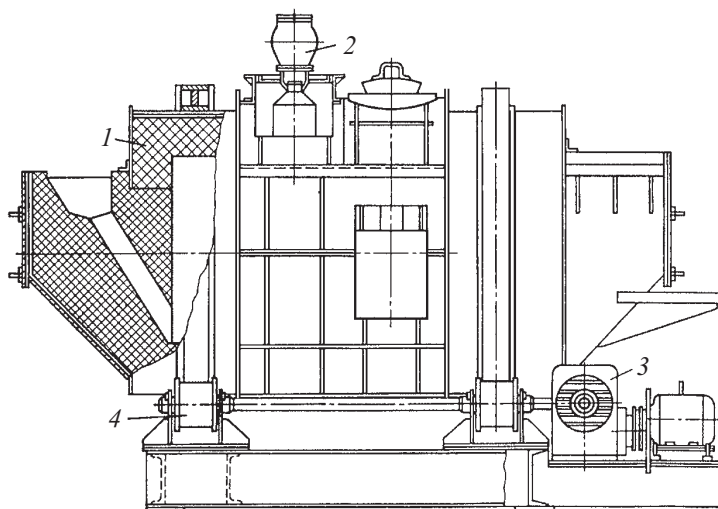


Рис. 3.10. Поворотный копыльник:

1 – футерованный корпус; 2 – газовая горелка; 3 – механизм поворота копыльника; 4 – опорная рама с роликами

### 3.2.3. Технологический процесс плавки чугуна в вагранке

Подготовку к плавке начинают с составления шихты – подбора материалов, обеспечивающих в процессе плавки в вагранке заданный химический состав и нужные механические свойства чугуна.

Все шихтовые материалы готовят к плавке строго по установленной технологии, взвешивают в соответствии с расчетом на каждую колошу и подают в вагранку в установленном порядке.

Подготовка вагранки к плавке заключается в проверке исправности всех ее узлов и систем. Осматривают и производят ремонт футеровки шахты, особое внимания уделяя ремонту металлической и шлаковой леток (переходных каналов) как ответственной части футеровки.

После ремонта футеровки поднимают и закрывают полуднища (створки) вагранки, набивают подину вагранки формовочной смесью в несколько слоев и с уклоном в сторону переходного канала на 0,1 диаметра вагранки. Толщина подины составляет 200–400 мм в зависимости от размеров вагранки.

После набивки приступают к розжигу холостой колоши – порции отборного, крупного кокса для разогрева футеровки горна. Вначале че-

рез рабочее окно вагранки в нижней части шахты обкладывают переломной канал отборным коксом (куски 60–80 мм), затем на подину укладывают сухие дрова и засыпают их слоем отборного кокса до половины холостой колоши, заделывают рабочее окно, оставляя отверстие для розжига в два кирпича. Открывают смотровые отверстия фурм (гляделки) и зажигают дрова и кокс газовой горелкой. Следят за интенсивным разгоранием кокса и, как только разгоревшийся кокс появляется у нижнего ряда фурм, тщательно заделывают рабочее окно специально подобранными и подогнанными кирпичами, обмазывают снаружи слоем огнеупорной глины и закрывают дверцу рабочего окна, закрепляя клином.

Затем досыпают остальную часть холостой колоши и дают коксу разгореться на естественной тяге. Во время розжига происходит высыхание футеровки и спекание огнеупорной массы, вагранка и подина хорошо прогреваются, кокс равномерно разгорается по всему объему.

Заключительной операцией подготовки холостой колоши к плавке является ее продувка воздухом через фурмы в течение 3–5 мин. При продувке холостой колоши выдуваются зола и коксовая мелочь, обеспечивается равномерное разгорание кокса по всему объему. Общая продолжительность розжига составляет 3–4,5 ч.

Одновременно с розжигом холостой колоши производится подготовка к работе копильника-миксера и разогрев его газовой горелкой.

После подготовки вагранки к плавке приступают к загрузке колоши шихты отдельными слоями металла и кокса.

Для обеспечения хорошего прогрева и одновременного расплавления компонентов шихты соблюдают следующую последовательность их загрузки в бадью: стальной лом, чушковый чугун, машинный лом, возврат собственного производства, кокс, известняк, ферросплавы. Во время завалки шихты смотровые отверстия должны быть открыты во избежание образования в фурменной коробке взрывоопасной смеси. Пуск воздушного дутья производят после загрузки вагранки шихтой до уровня грузочного окна при открытых фурмах, которые закрывают через 0,5–1 мин после пуска. Для лучшего прогрева шихты первые 15–20 мин расход дутья составляет 60% от рабочего. Летка для металла заделывается специальным составом до пуска дутья или через 10–15 мин после пуска. После включения нормального рабочего дутья и набора в горне определенного количества жидкого чугуна (при непрерывном выпуске чугуна через металлоприемник) открывается летка, металл из горна выпускается в металлоприемник, где происходит отделение металла от шлака. Металл выпускается по желобу в копильник, шлак отделяется и стекает по шлаковому желобу.

По окончании плавки прекращают завалку шихты и производят продувку вагранки. По мере проплавления столба шихтовых материалов по-



степенно снижают давление дутья. После проплавления всей шихты, которое определяется отсутствием капель чугуна у фурм, прекращают подачу дутья, открывают смотровые отверстия фурм и производят выбивку вагранки в предварительно подготовленные сухие шлаковни. Затем с помощью дистанционного пульта управления открывают днище вагранки и выгружают подину, остатки кокса и шлака в шлаковню.

### 3.2.4. Ремонт футеровки вагранки

В процессе работы вагранки под влиянием высоких температур, агрессивного действия шлака и жидкого металла происходит разрушение ее футеровки. Различают текущий и капитальный ремонт футеровки.

**Текущий ремонт** футеровки в плавильном поясе и зоне фурм производят после каждой выбивки вагранки. Он заключается в исправлении и замене футеровки в плавильной зоне, районе фурм, горне вагранки.

Текущий ремонт футеровки *стационарного копильника* производят после каждой плавки. После естественного охлаждения копильника его очищают от остатков чугуна и шлака, удаляют старую подину, исправляют переходной канал, футеруют дверцы, устанавливают новые леточные кирпичи (рис. 3.11), производят местный ремонт футеровки. Затем набивают подину формовочной смесью в копильниках до 5 т, в более металлоемких копильниках подину выполняют кладкой шамотного кирпича.

**Капитальный ремонт** футеровки шахты вагранки производят через 3–6 месяцев, исходя из условий работы печи. При этом обновляют всю футеровку от подины до загрузочного окна.

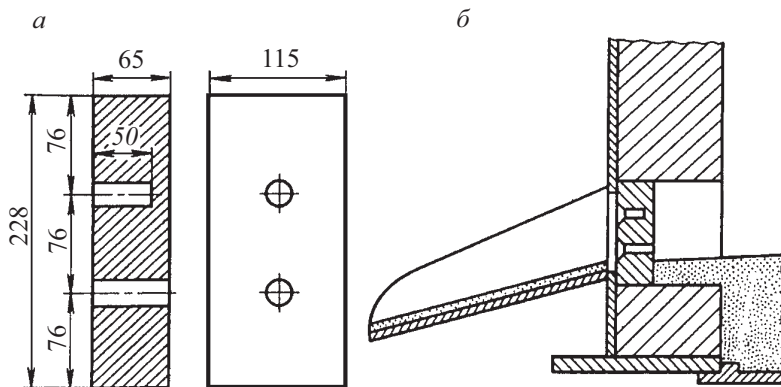


Рис. 3.11. Кирпич для чугунной летки (а) и его установка (б)

## Требования безопасности при ваграночной плавке

1. Все фурмы вагранки должны быть оборудованы откидной рамкой со смотровым окном. В случае прекращения дутья по ходу плавки все фурменные заслонки должны быть открыты.

2. Проведение ремонта вагранок допускается после их охлаждения до температуры воздуха внутри шахты не выше 40 °С.

3. Перед началом работы необходимо проверить исправность вагранки, копильника, систем охлаждения кожуха и фурм, а также состояние горна, плавильного пояса, фурменной коробки.

4. Во время плавки необходимо следить за состоянием фурм, прочищать их при зашлаковании, находясь сбоку от отверстия.

5. В случае прорыва подины следует прекратить дутье, открыть фурмы, место прорыва замазать глиной.

6. Перед выпуском металла из вагранки надо убедиться в исправности желоба, копильника, прогреть, просушить и покрасить весь инструмент, соприкасающийся с металлом.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Из каких основных узлов состоит вагранка?
2. Назовите назначение и конструктивные разновидности копильников-миксеров.
3. Опишите конструкцию фурменных устройств.
4. Перечислите зоны теплообмена в вагранке.
5. Как работают устройства для выпуска металла и шлака?
6. Охарактеризуйте изменения химического состава чугуна в ходе ваграночной плавки.
7. Опишите технологию плавки в вагранке.
8. В ходе какого ремонта устанавливают новые леточные кирпичи?
9. Перечислите основные требования безопасности при плавке чугуна в вагранке.

## 3.3. Электродуговые печи

### *3.3.1. Принцип действия электродуговых печей (ЭДП)*

*Электродуговая печь* (рис. 3.12) – печь, в корпусе которой через свод *1* проходят один или несколько графитированных электродов 2. Между электродом и металлом или каждой парой электродов при подаче напряжения возникает электрическая дуга прямого действия, раз-

вивающая температуру в зоне горения выше 3000 °С. В этой зоне происходит активное расплавление металла. Расплавленный металл по шихте стекает на дно подины 4 и скапливается на ней, образуя ванну металла 5.

Для обеспечения устойчивого горения дуги в зоне плавки печи имеют автоматическую систему перемещения электродов, поддерживающую заданную длину дуги в каждой из фаз.

Электроды диаметром до 550 мм и длиной 1000–1800 мм крепятся к каретке, перемещающейся по вертикальной стойке.

Электроды имеют резьбовые отверстия в торцах, по мере сгорания электродов в зоне дуги их наращивают с помощью графитового ниппеля. Расход электроэнергии на плавку чугуна зависит от вместимости печи и составляет от 450 до 1000 кВт · ч/т чугуна.

Загрузку печей малой вместимости ведут через рабочее окно 3. Печи большой вместимости загружают сверху, для чего свод приподнимается и отводится в сторону. Для скачивания шлака печь наклоняют в сторону рабочего окна, для выпуска металла – в сторону выпускного отверстия 6. Слив жидкого металла также осуществляют наклонном печи или проводят донную разливку через эркер.

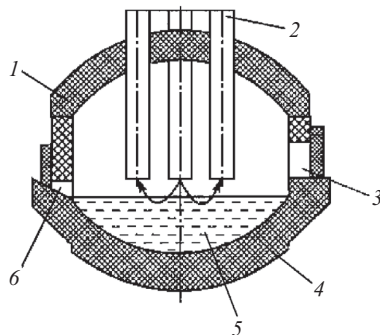


Рис. 3.12. Электродуговая печь:

- 1 – свод; 2 – графитированные электроды; 3 – рабочее окно; 4 – подина; 5 – ванна металла; 6 – выпускное отверстие

### 3.3.2. Дуговые печи постоянного тока (ДПТТ)

Электродуговые печи для плавки стали называют **дуговыми сталеплавильными печами** (ДСП). Они обладают рядом достоинств: возможностью переплавки большого количества разноразного металлолома и значительного сокращения продолжительности плавки по сравнению с мартеновскими печами.

Наряду с достоинствами ДСП обладают серьезными недостатками. Эти недостатки вызваны проблемами перемешивания расплава, передачи энергии из дуги в расплав, управления дуговым разрядом. Следствием являются высокий угар шихты и ферросплавов (4,5–6%), графитированных электродов (4,5–17,0 кг/т), локальные перегревы расплава под дугами, узкая область применения, высокие уровни пылегазовыбросов и шума, фликкер-эффект, высокий (650–900 кВт · ч/т) расход электроэнергии, большой объем ручного труда.

В отличие от ДСП источник питания ДППТ (рис. 3.13) включает трансформатор с несколькими трехфазными обмотками, каждая из которых подключена к секции тиристорного преобразователя. Секции тиристорного преобразователя подключены к подовым электродам через реакторы. Если провести аналогию с автомобилями начала XX в., ДППТ оснащена не только «регулятором газа» – *ступенчатым переключателем напряжения*, но и «автоматической коробкой передач» – *системой переключения секций тиристорного преобразователя*.

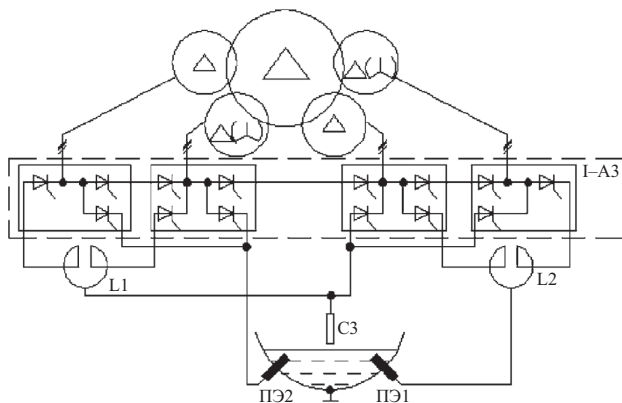


Рис. 3.13. Принципиальная схема источника питания ДППТ

Это позволяет вести всю плавку при постоянной мощности переключениями, согласуя ток и напряжение источника электропитания с текущими требованиями дугового нагрева. В состав источников электропитания и пультов управления печи введены устройства защиты от перенапряжений, статическая и динамическая токовая защита, система управления и формирования магнитно-гидродинамического перемешивания, защиты от паразитных дуг, замыканий в шинопроводах, защиты подовых электродов, стабилизации и управления током и напряжением дуги, автоматический поджиг дуги после обрывов, контроль плавки по введенной энергии, контроль протока воды.

Новые технические решения позволяют устранить основные недостатки ДСП:

- обеспечить повышенную безопасность печи;
- избежать локальных перегревов металла;
- обеспечить активное магнитно-гидродинамическое перемешивание расплава;
- снизить объемы пылегазовыбросов;
- вести активное управление шлаковым режимом.

### 3.3.3. Основные узлы электродуговой печи

Электродуговая печь (рис. 3.14) состоит из следующих основных узлов: кожуха, огнеупорного свода, экономайзеров, загрузочного окна, сливного желоба, механизма наклона печи, механизма передвижения

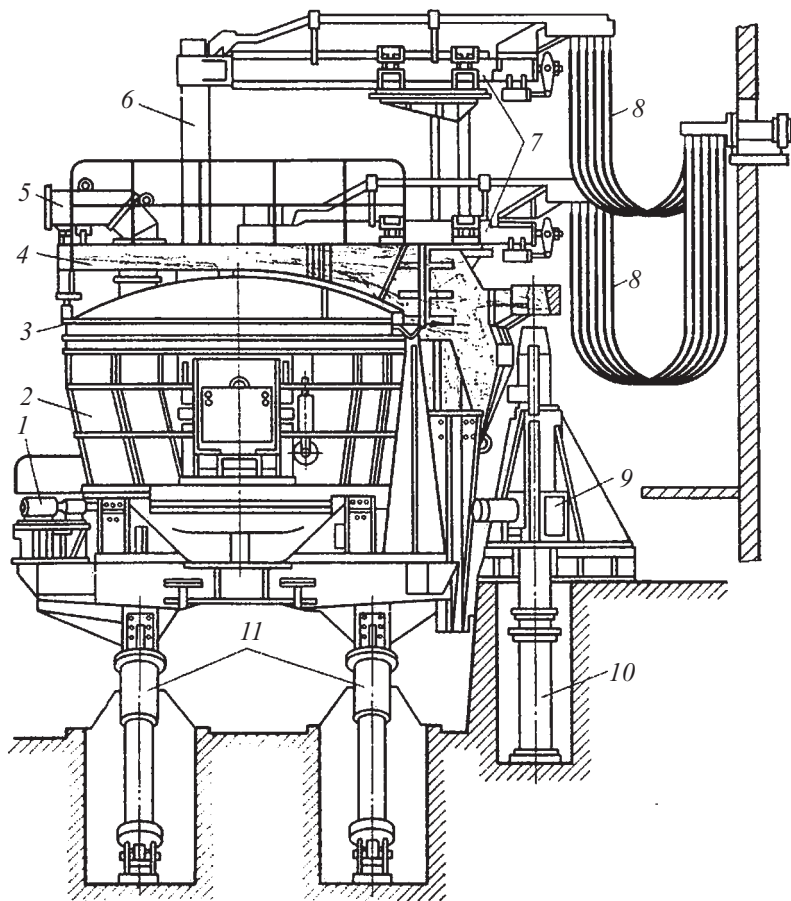


Рис. 3.14. Электродуговая печь ДСП-25:

1 – боковой механизм наклона печи; 2 – кожух печи с загрузочным окном, сливным желобом и индукционным перемешивающим устройством; 3 – свод с экономайзерами; 4 – полупортал; 5 – газосход системы очистки газов; 6 – электрод; 7 – механизмы передвижения электродов с электрододержателем; 8 – гибкий кабель; 9 – механизм поворота свода; 10 – плунжер подъема свода; 11 – гидроцилиндры механизма подъема печи

электродов, загрузочного устройства, системы газоочистки и электрооборудования.

**Кожух печи** выполняют сварным из листовой стали толщиной 16–50 мм в зависимости от вместимости печи (рис. 3.14). Он испытывает нагрузку массы футеровки и металла, давление расширяющейся при нагреве кладки и нагрев до температуры 100–150 °С. Кожух имеет цилиндроконическую форму, для сохранения которой усиливается ребрами и кольцами жесткости. Днище кожуха выполняется сферическим и имеет отверстия диаметром до 20 мм для сушки кладки.

**Свод** сферической формы изготавливается из высококачественной стали с огнеупорной кладкой (рис. 3.14) и сварным сводовым кольцом с водяным охлаждением по внутренней полости. В своде выполняются отверстия для перемещения электродов, имеющие зазоры между электродами и сводом до 40–50 мм, а также экономайзеры.

**Экономайзеры** различной конструкции позволяют исключить потери тепла, служат для уплотнения зазоров между сводом и электродами (рис. 3.15).

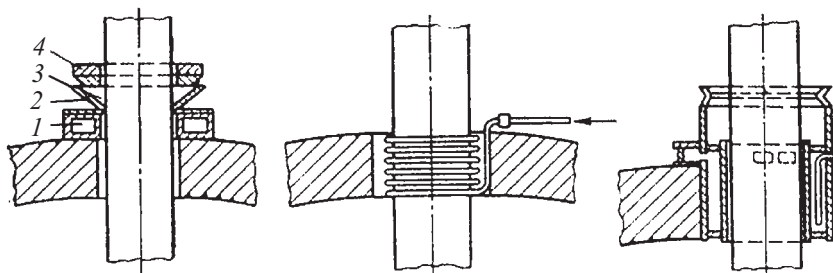


Рис. 3.15. Водоохлаждаемые экономайзеры:

1 – водоохлаждаемое кольцо; 2 – металлическое кольцо; 3 – уплотнитель; 4 – уплотняющий груз

**Загрузочное окно** (рис. 3.16) служит для осмотра и ремонта отколов, футеровки и загрузки печей малой вместимости. Вырез в кожухе печи для загрузочного окна обрамляется литой рамой, прикрепляемой к кожуху. К раме крепятся направляющие для заслонки и постель для посадки заслонки. Заслонку крупной печи выполняют водоохлаждаемой. Обращенная внутрь печи сторона заслонки футеруется шамотным огнеупорным кирпичом.

**Сливной желоб** имеет корытообразное строение, изготавливается из листовой и угловой стали, крепится к кожуху и футеруется шамот-

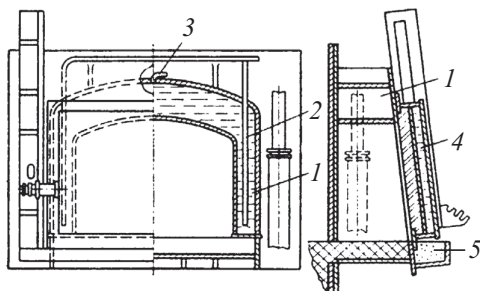


Рис. 3.16. Устройство загрузочного окна:

1 – сварная водоохлаждаемая рама; 2 – трубы для подвода охлаждающей воды; 3 – трубы для отвода охлаждающей воды; 4 – дверца заслонки; 5 – постель

ным кирпичом. Металл из ЭДП выпускают через круглое или прямоугольное отверстие в футеровке печи на уровне сливного желоба.

**Механизм наклона** обеспечивает наклон печи в сторону сливного желоба для выпуска металла в ковш и в сторону загрузочного окна для скачивания шлака. В печах малой вместимости применяют боковые механизмы с зубчатой станиной и сектором с ручным и электрическим приводом (рис. 3.17). Печи вместимостью 12–50 т имеют нижний гидравлический привод поворота, печи вместимостью до 200 т – два электромеханических привода.

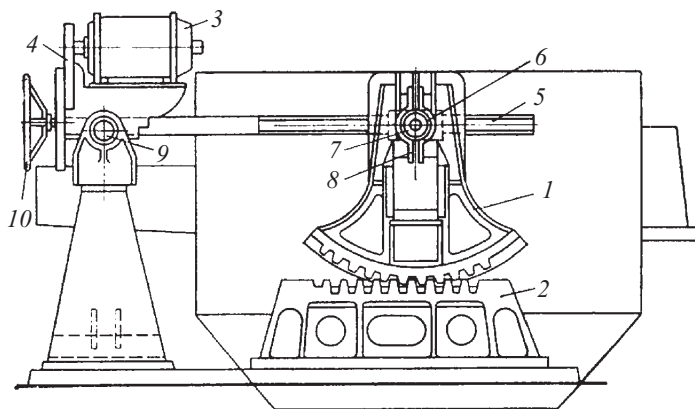


Рис. 3.17. Боковой механизм наклона печи:

1 – зубчатый сектор; 2 – зубчатая станина; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5 – винт; 6 – гайка; 7 – цапфа; 8 – скоба; 9 – шарнирное соединение; 10 – штурвал ручного управления

*Механизмы передвижения электродов* в процессе плавки находятся в состоянии непрерывного реверсивного движения, обеспечивают заданную длину электрической дуги и быстрое передвижение электродов, прикрепленных к ним с помощью электрододержателей. Передвигаются механизмы по неподвижной колонне с помощью направляющих роликов (рис. 3.18).

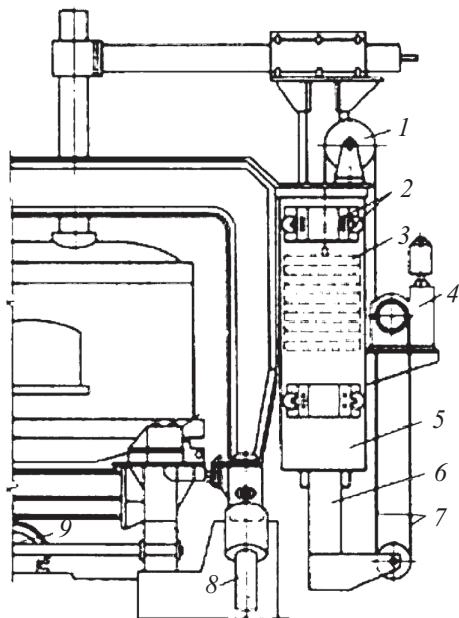


Рис. 3.18. Механизм с неподвижными колоннами для передвижения электродов:  
1 – направляющие ролики каретки; 2 – стальной трос; 3 – тросовые ролики; 4 – неподвижная колонна; 5 – противовес; 6 – электропривод; 7 – каретка; 8 – цепь; 9 – цепная звездочка

*Загрузочное устройство* обеспечивает загрузку шихты в рабочее пространство печи, при этом должна быть исключена возможность повреждения стен и подины.

*Система газоочистки* служит для отсоса газов из печи через отверстие в своде печи. Для устранения возможности взрыва  $CO$ , отсасываемого из печи в окислительный период плавки, применяют систему дожигания  $CO$ , принудительно нагнетая воздух в систему очистки. В печах вместимостью 100–200 т применяется следующая схема отвода и очистки печных газов (рис. 3.19).



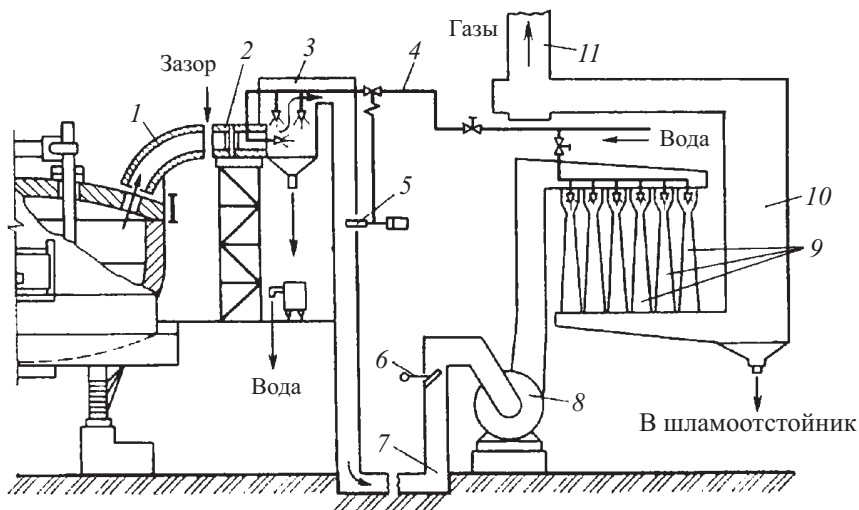


Рис. 3.19. Схема очистки газов, отводимых через отверстия в своде печи:

1 – патрубок; 2 – газоход; 3 – скруббер; 4 – форсунки водопроводной сети; 5 – термопара; 6 – заслонка; 7 – газоход; 8 – дымосос; 9 – батарея труб Вентури; 10 – каплеуловитель; 11 – выхлопная шахта

Печные газы через отверстие в своде, патрубок 1 и газоход 2 поступают в скруббер 3. Перед газоходом имеется регулируемый зазор для подсоса воздуха, обеспечивающего дожигание СО в отводимых газах. В скруббере газ охлаждается водой через форсунки водопроводной сети 4. Расход воды регулируется термопарой 5, обеспечивая охлаждение до 200 °С.

Далее газы через регулирующую заслонку 6 и газоход 7 дымососом 8 подаются в батарею труб Вентури 9, где пыль поглощается каплями воды. После прохождения циклонного каплеуловителя 10 очищенные газы выбрасываются в атмосферу через выхлопную шахту 11.

**Электрооборудование** дуговых печей включает автоматические выключатели мощности, печные трансформаторы, короткую сеть, автоматические регуляторы передвижения электродов и электромагнитные перемешиватели металла.

В действующих электропечах используются *масляные выключатели*, предназначенные для автоматического отключения установки, особенно в период расплавления шихты. При неплотной укладке шихты в печи в начале плавки дуги горят неустойчиво, в процессе плавления происходят обвалы шихты и, как следствие, возникают короткие эксплуатационные замыкания и толчки тока, вызывающие большие пере-

грузки трансформатора. Перегрузки могут вывести трансформатор из строя, поэтому масляный выключатель автоматически отключает установку, когда сила тока превышает установленную.

*Печные трансформаторы* преобразуют энергию высокого напряжения в энергию низкого напряжения. ЭДП – мощные потребители энергии, рабочее напряжение составляет 100–800 В, а сила тока достигает 12 500 А. Печные трансформаторы работают в тяжелых условиях, должны выдерживать неизбежные частые короткие замыкания при зажигании дуг и обвалах шихты во время плавления; обмотки трансформатора имеют мощное крепление, усиленную изоляцию, принудительное масляное охлаждение.

В крупных дуговых печах, имеющих глубину ванны от 0,7 до 1,5 м, перемешивание металла с целью усреднения его химического состава, выравнивания температуры, ускорения обменных процессов между металлом и шлаком осуществляется с помощью *устройств электромагнитного перемешивания*. Промышленное применение получили индукционные перемешиватели двухфазного тока низкой частоты (0,2–2 Гц), устанавливаемые под печь, днище которой выполнено из немагнитной стали (рис. 3.20).

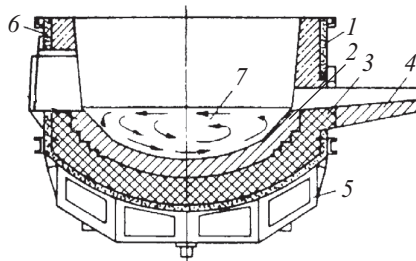


Рис. 3.20. Схема дуговой печи с индукционным перемешивающим устройством: 1 – стеновые блоки; 2 – подина; 3 – футеровка; 4 – футеровка желоба; 5 – статор; 6 – изоляционный слой; 7 – направление движение металла

Для плавки в ЭДП применяют графитированные электроды, обладающие высокими физико-механическими и электротехническими свойствами.

### 3.3.4. Технологический процесс плавки стали в ДСП

Подготовка печи к пуску предполагает очистку подины и откосов от остатков металла и шлака. Затем подина и откосы заправляются магнетитовым, доломитовым порошком или их смесью.

Перед включением печи в начале плавки проверяется состояние электродов, системы водяного охлаждения и механизмов электрооборудования. Длина электродов должна быть достаточной для проведения всей плавки. Состояние свода, сводового кольца, крышки загрузочного окна, выпускного отверстия должно обеспечивать хорошую герметизацию печи и отсутствие подсоса воздуха.

Различают два способа плавки в ДСП – плавка на «свежей» углеродистой шихте и плавка на шихте из легированных отходов.

При плавке на «свежей» углеродистой шихте для окисления кремния, марганца, фосфора и избыточного углерода в печь присаживают железную руду и вводят кислород, вследствие чего происходит активное кипение ванны, снижается содержание газов и неметаллических включений. Во втором случае шихта состоит из легированных отходов с низким содержанием фосфора, плавку ведут без руды и кислорода, кипение металла отсутствует; это плавка без окисления, переплав. Задача плавки с окислением на «свежей» шихте в печи с основной футеровкой – удалить из металла фосфор, серу, газы и неметаллические включения, получить сталь заданного состава.

Процесс плавки делится на следующие периоды: заправка печи, загрузка шихты, плавление шихты, окислительный период, восстановительный период.

**Заправка печи.** Производится с целью восстановления изношенных частей откосов и подины печи после очередной плавки. До заправки удаляют с подины и откосов остатки шлака и металла, затем заправочной машиной или вручную наносят заправочный материал на ремонтируемые места.

**Загрузка шихты.** Для печей большой вместимости оптимальным является соотношение лома по габаритам: мелкого – 15%, крупного – 40%, среднего – 45%. Порядок завалки следующий: на подину загружают 50% всей мелкой шихты, затем кокс, бой электродов, в центр печи под электроды – крупную шихту, ближе к откосам и на крупный лом загружают лом средней величины, затем вторую половину мелкой шихты и чугуна, сверху добавляют известь.

**Плавление шихты.** После окончания завалки электроды опускают вниз и включают ток. Под действием высокой температуры дуг шихта под электродами плавится, жидкий металл стекает вниз и накапливается на подине. Электроды опускаются, прорезают в шихте колодцы и останавливаются на некотором расстоянии от жидкого металла. При этом из извести на поверхности металла образуется шлак. Жидкий металл под электродами нагревается до высокой температуры, происходит нагрев всей шихты и футеровки печи. Шихта вблизи

электродов продолжает плавиться, жидкий металл в печи накапливается. Через 1,5–2 ч после включения тока вся шихта проплавляется. Длительность плавления сокращают путем вдувания кислорода через фурмы в жидкий металл. Далее присадками извести и руды наводят новый шлак для успешного удаления фосфора из металла. Плавление шихты заканчивается отбором пробы на определение химического состава расплава. К концу плавления температура металла должна быть 1480–1520 °С.

**Окислительный период.** После отбора пробы начинается окислительный период, обеспечивающий снижение содержания фосфора, водорода, азота, неметаллических включений в металле. После отбора пробы скачивают 60–70% шлака, с которым удаляется большая часть фосфора. Для скачивания шлака печь наклоняют в сторону загрузочного окна. Удалив шлак, в печь присаживают свежеебожженную известь и другие шлакообразующие для наведения нового шлака. Температура металла поднимается по мере выгорания углерода, к концу периода ванна нагревается на 120–150 °С выше температуры плавления металла. После наводки в печи жидкоподвижного шлака ее наклоняют в сторону загрузочного окна, присаживают расчетное количество железной руды или агломерата, извести. Присадка руды в нагретый металл вызывает интенсивное кипение ванны, создаваемое выделяемыми пузырьками СО. Под воздействием газовой выделенной шлак вспенивается и стекает через порог загрузочного окна, что необходимо для дальнейшего снижения содержания фосфора. Во время кипения выгорает 0,3–0,5% углерода. Когда его содержание достигает нижнего предела, а содержание фосфора становится равным 0,01%, скачивают 80% шлака и дают ванне прокипеть 10 мин, в течение которых происходит реакция избыточного кислорода, растворенного в железе, с углеродом. Затем снова скачивают шлак и наводят новый, что необходимо для окисления фосфора и углерода. Для ускорения окислительных процессов включают электромагнитное перемешивание металла. В окислительный период плавки кремний окисляется почти полностью, происходит окисление 50–60% марганца, 30–40% серы, удаляются азот и неметаллические включения.

**Восстановительный период.** Задачами восстановительного периода являются раскисление стали, десульфурация, доведение металла до заданной температуры и химического состава.

Раскисление проводят введением в металл раскислителей, выдержкой металла под раскисленным шлаком с включенным электромагнитным перемешиванием. Интенсивному удалению серы способствуют

степень раскисленности металла, основность шлака, температура ванны, интенсивность перемешивания металла и шлака, выдержка металла под восстановительным шлаком. После отбора проб определяют химический состав готовой стали, производят замер температуры и выпускают сталь в сталеразливочный ковш.

### 3.3.5. Внепечная обработка стали

Внепечная обработка стали осуществляется с целью снижения содержания фосфора (дефосфорация), серы (десульфурация), раскисления и удаления неметаллических включений следующими методами: обработка стали синтетическими шлаками – рафинирование, обработка стали инертными газами и вакуумирование.

**Рафинирование** проводится шлаком, который выплавляется в дуговой печи из шихты, состоящей из извести и глинозема, и содержит 50–55% CaO, 42–45% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,5–4% SiO<sub>2</sub>, 0,15–0,25% FeO. Шлак при температуре 1650–1700 °С заливают в сталеразливочный ковш в количестве 4–6% от массы рафинируемой стали. Сталь выпускают из плавильного агрегата в ковш после раскисления и удаления шлака. В результате дробления струи металла при падении с большой высоты и интенсивного перемешивания со шлаком металлургические реакции протекают значительно быстрее, чем в восстановительный период (рис. 3.21).

Рафинирование стали позволяет снизить содержание неметаллических включений в 2–4 раза, серы до 0,001–0,005%, улучшить

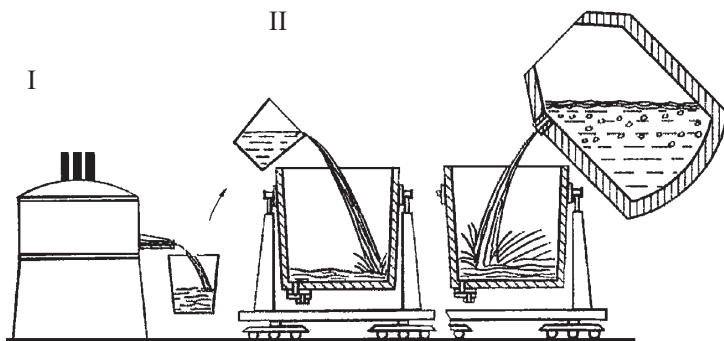


Рис. 3.21. Технологическая схема обработки стали жидкими синтетическими шлаками: I – дуговая печь для выплавки синтетического шлака; II – заливка синтетического шлака в сталеразливочный ковш и выпуск стали

механические свойства стали, уменьшить содержание газов, сократить на 30–50 мин продолжительность восстановительного периода плавки.

**Обработка стали инертными газами** направлена на удаление газов и неметаллических включений. Производится продувкой металла аргоном в ковше через пористые блоки, установленные в днище ковша. При этом создаются благоприятные условия для удаления водорода, до 40–60% свободного, несвязанного кислорода, выравниваются химический состав и температура металла, повышается его плотность (рис. 3.22).

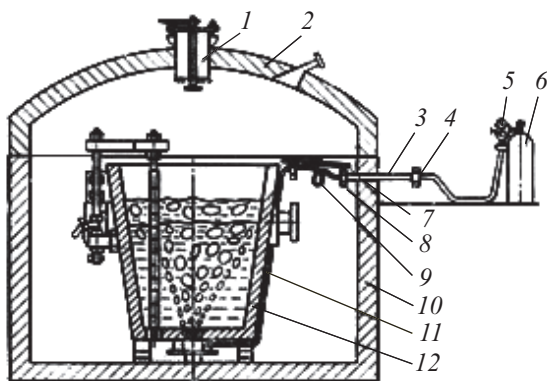


Рис. 3.22. Камера для обработки стали инертными газами:

1 – бункер-дозатор; 2 – крышка вакуумной камеры; 3 – труба с резьбой; 4 – резиновый шланг; 5 – редуктор; 6 – баллон с аргоном; 7 – нержавеющий лист; 8 – наконечник; 9 – труба; 10 – корпус; 11 – стальная труба; 12 – ковш

**Вакуумирование** в ковше заключается в том, что разливочный ковш с жидким металлом устанавливают в вакуумную камеру, закрывают ее и откачивают из нее воздух. При снижении давления металл «закипает» в результате бурного выделения оксида углерода, водорода и азота. Благодаря кипению металл в ковше интенсивно перемешивается, выравниваются температура и химический состав, удаляются неметаллические включения. Время продувки в зависимости от температуры, массы и химического состава металла составляет 5–15 мин, расход аргона – около 1 м<sup>3</sup> на 1 т стали (рис. 3.23).

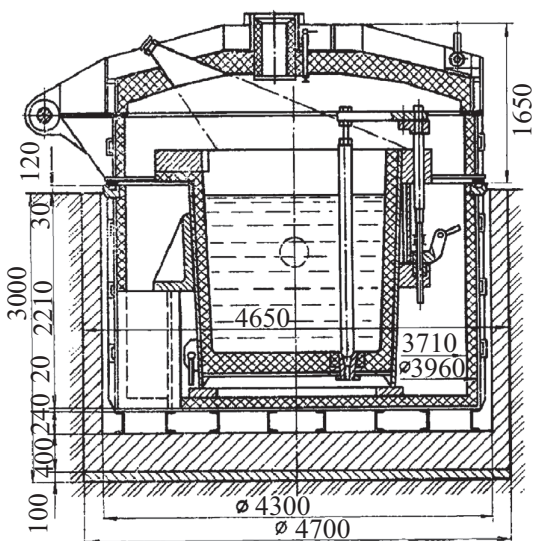


Рис. 3.23. Камера для вакуумной обработки стали в ковше

### 3.3.6. Футеровка электродуговой печи, ее ремонт и подготовка к плавке

Футеровка электродуговой печи (рис. 3.24) выполняется в соответствии с технологическими требованиями и состоит из следующих основных элементов.

**Цилиндро-конический кожух** – футеруется огнеупорными материалами.

**Свод печи** – имеет водоохлаждаемое кольцо 1 и выполнен из хромомагнетитовых кирпичей 2 с кольцевыми вставками 3 из динасовых огнеупоров для ввода электродов в печь. Внутренний (огнеупорный) слой 5 выполнен из магнетитовых, хромомагнетитовых кирпичей.

**Теплоизоляционный слой стен** – состоит из слоя шамотного кирпича 6, теплоизоляционной засыпки 7, нескольких слоев асбеста 8. Для уплотнения стыка свода со стенами устраивается песочный затвор 4. Арочка 9 выпускного отверстия выполняется из тех же материалов, что и стены печи.

**Желоб 10** – футеруется шамотными материалами.

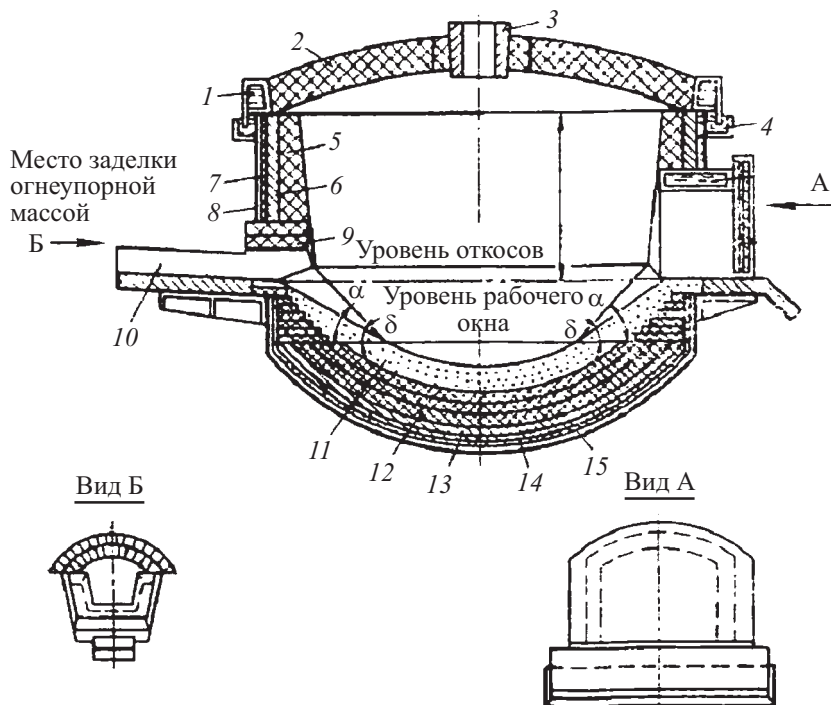


Рис. 3.24. Футеровка электродуговой печи

**Подина** – состоит из набивного магнезитового слоя 11, магнезитовой многослойной кладки 12, шамотной кладки 13, теплоизоляционной засыпки 14, листового асбеста 15.

Футеровка свода выдерживает до 200 плавков, стен и подины печи – до 5000 плавков. Это объясняется тем, что на протяжении всей плавки именно свод испытывает непосредственное излучение дуги печи, значительно большее, чем подина и стены.

По мере износа футеровки производится ее холодный или горячий ремонт. Горячий ремонт проводят на наиболее изнашиваемых элементах кладки стен, как правило, расположенных против дуг и «горячих фаз», в районе сталевыпускного отверстия и шлаковом поясе. Заключается такой ремонт в усиленных заправках, подварке магнезитовой массой или частичной замене кладки. При более значительном износе футеровки производят холодный ремонт, или полную замену огнеупорной футеровки.



## **Требования безопасности при плавке в ЭДП**

1. Электропечи должны быть оборудованы устройствами для удаления отходящих газов и очистки их от пыли.
2. Пускатели наклона печи должны быть установлены в таком месте, чтобы было видно струю металла, идущую из печи, и крановщика, участвующего в разливке металла.
3. Установка электродов, осмотр печи, замена заслонок допускаются только при снятом напряжении.
4. Устройство желоба для выпуска металла из печи должно исключать возможность переполнения его металлом, а также разрушения футеровки желоба и прорыва металла при выпуске плавки.
5. Перед началом работы необходимо проверить состояние и исправность печи и механизмов управления печью, инструмента и приспособлений.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Поясните принцип действия электродуговых путей.
2. Перечислите основные узлы ЭДП, их устройство.
3. Как устроено и для каких целей служит загрузочное окно?
4. Как работает система газоочистки электродуговых печей?
5. Опишите работу электрооборудования печи, назначение электромагнитных перемешивателей металла, электродов.
6. Из каких основных элементов состоит футеровка печи?
7. Опишите технологию плавки стали в электродуговой печи.
8. Перечислите недостатки ДСП.
9. Назовите преимущества ДППТ.
10. Поясните особенности построения системы электроснабжения ДППТ.
11. С какой целью проводится внепечная обработка стали? Поясните суть процессов рафинирования, вакуумирования в ковше.
12. Перечислите основные требования безопасности при плавке стали в ЭДП.

## **3.4. Индукционные тигельные печи**

### ***3.4.1. Принцип действия индукционных тигельных печей (ИТП)***

***Индукционные тигельные печи*** основаны на принципе электромагнитной индукции, при котором переменное магнитное поле индук-

тирует вихревые токи в металле, а электрическая энергия переходит в тепловую, достаточную для расплавления металла. Для плавки твердой шихты в литейном производстве широко применяются индукционные тигельные печи повышенной (более 1000 Гц), средней (150–500 Гц) и промышленной (50–60 Гц) частоты. В чугунолитейном производстве индукционные печи повышенной частоты применяются редко (в специализированных производствах).

*Особенностью индукционной плавки* является возможность полноценного использования отходов металлообработки: тонколистовой углеродистой высечки, динамной и трансформаторной стали, чугунной и стальной стружки, в перспективе могут быть использованы металлизированные железорудные окатыши ( $Fe > 90\%$ ,  $FeO < 2\%$ ), которые обеспечивают требуемое качество выплавляемого металла. Для выдержки и подогрева жидкого металла, полученного в другом плавильном агрегате, применяются индукционные каналные миксеры.

### ***3.4.2. Основные узлы индукционной тигельной печи***

Индукционная тигельная печь состоит из следующих основных конструктивных элементов: водоохлаждаемого индуктора; футеровки, важнейшей частью которой является тигель с сигнализатором контроля футеровки; корпуса с ферромагнитным или электромагнитным экраном и крышкой, механизмами наклона печи, подъема и поворота крышки (рис. 3.25).

***Водоохлаждаемый индуктор*** (рис. 3.26) предназначен для создания переменного магнитного поля заданной напряженности, а также является важнейшим элементом крепления тигля, удерживающим его от смещения при наклоне печи для слива расплава. Изготавливают индукторы из медной трубки специального профиля (рис. 3.27) навивкой в виде цилиндрической катушки, с постоянным углом наклона. Крепление индуктора осуществляют двумя и более стяжными плитами из изолирующего материала, все витки индуктора плотно сжимают между ними и плотно фиксируют вертикальными изолирующими стойками, предотвращающими смещение витков и тигля при наклоне печи.

Витки индуктора изолируют прокладками из миканита, стеклоленитой или обмазкой изоляционным составом слоем 1,5–3 мм. Водяное охлаждение индуктора необходимо для отвода активной мощности, теряемой в индукторе, и мощности тепловых потерь от расплавленного металла через футеровку тигля. В крупных ИТП выполняют секционное охлаждение индуктора с подачей и отводом воды на каждую секцию (см. рис. 3.26).

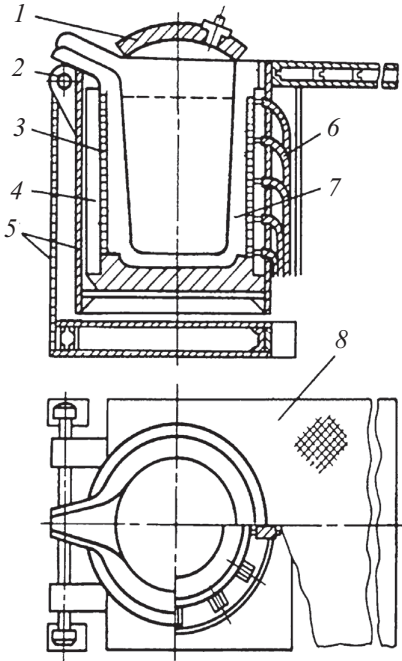


Рис. 3.25. Индукционная печь типа ИЧТ:  
 1 – крышка; 2 – узел поворота; 3 – водоохлаждаемый индуктор; 4 – магнитопроводы; 5 – металлический корпус; 6 – система водяного охлаждения; 7 – тигель; 8 – площадка обслуживания

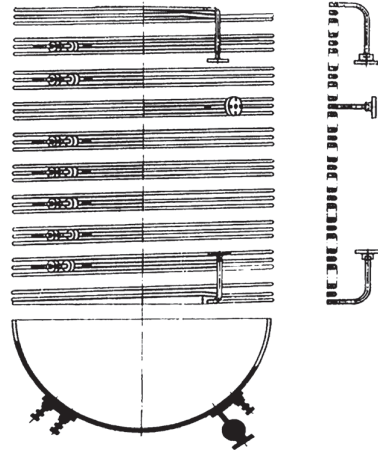


Рис. 3.26. Индуктор индукционной печи с секционным охлаждением

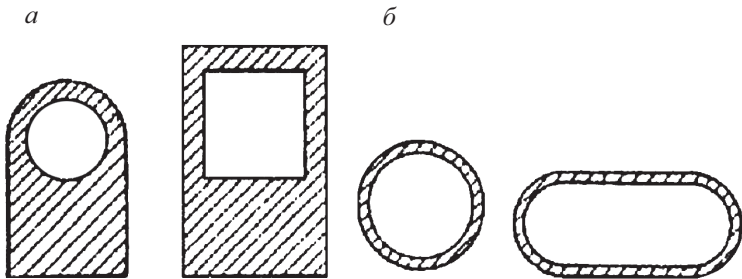


Рис. 3.27. Профилированное сечение медных трубок, применяемых для изготовления индукторов:

а – неравностенные трубки; б – профилированные трубки

**Корпус** является основой печи, механически соединяет все конструктивные элементы и состоит из неподвижной и подвижной частей.

На неподвижной части, выполненной в виде станины или опорной рамы, крепят подшипники механизма наклона корпуса печи.

Подвижная часть корпуса прямоугольной или цилиндрической формы состоит из отдельных деталей, соединенных между собой электроизолирующими прокладками.

Специфическая особенность ИТП – наличие вокруг индуктора сильного электромагнитного поля, что вызывает потерю мощности печи и нежелательный нагрев корпуса. Для снижения напряженности электромагнитного поля вблизи корпуса ИТП между индуктором и корпусом устанавливают пакеты внешних магнитопроводов (ферромагнитные экраны) из листовой электротехнической стали.

**Механизм наклона** предназначен для слива расплава из печи, скачивания шлака, проведения ремонтно-восстановительных работ. Для уменьшения длины струи металла и исключения перемещения разливочного ковша за носком печи ось наклона ИТП располагают вблизи носка. Механизм наклона в зависимости от вместимости печи может быть механическим, электромеханическим или иметь гидравлический привод.

**Электрооборудование ИТП.** Электropечные установки индукционного нагрева питают от трехфазной силовой сети общего назначения напряжением 380 В или от цеховых устройств напряжением 6 или 10 кВ. Для питания ИТП средней частоты применяют статические преобразователи частоты на тиристорах или транзисторах, имеющие КПД 0,92 при частоте до 1 кГц, КПД 0,9 при частоте 2,4–4 кГц, КПД 0,85 при частоте 8–10 кГц и возможность многократного включения и отключения.

Крупные ИТП питают током частоты 100 или 250 Гц через электропечные одно- или трехфазные понижающие трансформаторы мощностью 0,4, 1,6 и 2,5 мВ·А, имеющие широкий диапазон регулирования вторичного напряжения на 3–17-й ступенях.

Конденсаторы в установках ИТП применяют для создания колебательного контура, регулирования коэффициента мощности и фиксирования рабочей частоты в различных преобразователях частоты, что позволяет значительно снижать электрические потери при плавке.

### ***3.4.3. Технологический процесс плавки чугуна в индукционной тигельной печи***

Процесс плавки в **индукционной тигельной печи промышленной частоты** состоит из нескольких этапов. В начальный период плавки, при отсутствии жидкого металла, производится наплавление его

из твердой шихты, для ускорения плавки предварительно заготавливают специальный пусковой болван массой, составляющей  $1/2-2/3$  вместимости печи, что позволяет наплавить тигель жидкого металла в течение 8–10 ч. В дальнейшем процессе плавки применяется режим плавки на «болоте», постоянно находящемся в тигле печи, при этом из полной печи выпускается до 60% объема расплава с последующей добавкой такого же количества твердой шихты. Этот режим – растворение твердой шихты в жидкой ванне – является наиболее производительным и обеспечивает максимальную скорость плавки.

*Основные требования к металлошихте:*

- соответствующие вместимости печи размеры кусков шихты;
- соответствие и стабильность химического состава;
- ограниченное содержание газо- и шлакообразующих примесей.

Подготовка металлошихты к плавке зависит от вида шихты. Кусковые шихтовые материалы необходимо подогревать до 100 °С, в противном случае при погружении в жидкий металл на поверхности шихты образуется конденсационная влага и происходят взрывы с выбросами жидкого металла. Доведение шихты до температуры 100 °С предусматривает удаление влаги и подогрев материалов, в том числе ферросплавов – ферросилиция, ферромарганца, феррохрома и др. Подогрев шихты до 500–800 °С и выше имеет целью сокращение времени на расплавление и значительное повышение производительности плавильной печи. Нагрев шихты улучшает качество полученного металла благодаря высушиванию и обезвреживанию шихты, что уменьшает газонасыщенность металла и улучшает литейные и механические свойства чугуна. Кроме того, за счет ускорения плавки повышается стойкость футеровки тигля. Подогрев кусковой шихты может осуществляться различными способами: продувкой подогретым воздухом в сыпучих бункерах, горелками в специальных бадах, горелками или индукционными токами в камерных печах.

Изменение мощности, подводимой к печи, производится переключением на соответствующую ступень вторичной обмотки питающего трансформатора, при этом меняются напряжение и сила тока на индукторе печи. Печи типа ИЧТ имеют девять ступеней напряжения вторичной обмотки (например, в печи ИЧТ-10 напряжение от 1175 до 391 В), из которых первые пять ступеней используются для плавки, остальные – для спекания тигля и миксерного режима выдержки жидкого металла. При включении печи происходит электродинамическое движение жидкого металла в тигле, тем большее, чем больше подводимая мощность. Перемешиванием обеспечивается выравнивание температуры в объеме печи, растворение частиц шихты и карбюризатора, дегазация расплава. При длительной выдержке (30–60 мин), особенно в соче-

тании с высокотемпературным нагревом и активным перемешиванием, содержание газов, главным образом кислорода и водорода, начинает увеличиваться.

При плавке обычных чугунов пренебрегают угаром марганца, хрома и других компонентов ввиду их малой концентрации. Если концентрация их достигает более 1%, угар становится заметным (до 20–25%). Общий угар в режиме плавления зависит от степени окисленности шихты. При плавке на кусковой шихте он не превышает 3%, при выплавке синтетического чугуна из мелких отходов (стружка, высечка) угар увеличивается до 6–7%. Основной угар элементов, в том числе железа, имеет место в режиме плавления. Науглероживание проводят до введения в расплав ферросилиция. Умеренное перемешивание расплава и выделение СО способствует очищению чугуна от неметаллических включений и газов.

Для интенсификации начала плавки прибегают к заливке в загруженный тигель жидкого чугуна из других печей. По ходу плавления следят за опусканием шихты, не допуская ее зависания на стенках тигля и образования «мостов», что может привести к перегреву жидкого расплава под зависшей шихтой и размыву футеровки. По мере расплавления загружают остальную часть шихты. После полного расплавления скачивают шлак. Затем обеспечивают перегрев расплава, присадку легирующих элементов, после их полного усвоения берут клиновую пробу на химический состав и «отбел», переводят печь на 3–4-ю ступень и производят выдержку. В случае необходимости осуществляют корректировку химсостава и выпускают готовый металл полностью или до зумпфа – «болота» (15–20% от вместимости тигля).

При непрерывном процессе применяют плавку на «болоте» (25–30% от вместимости печи). Последовательность операций при плавке в ИТП вместимостью 12 т с большим «болотом» приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Последовательность операций при плавке в ИТП вместимостью 12 т**

Время	Операция	Материал	Масса, т
1	2	3	4
15 мин	Начало загрузки	«Болото»	5
		Возврат собственного производства	2,4
		Стальной лом	1,8
		Чугунная стружка россыпью	0,7
		Чугун передельный	1

1	2	3	4
5 мин	Включение печи		–
1 ч 10 мин	Полное расплавление	Графит в зернах	0,06
		Ферросилиций ФС 45	0,035
		Ферромарганец ФМн 5	0,025
10 мин	Выдержка	Возврат собственного производства	2
10 мин	Полное расплавление		12,02
10 мин	Скачивание шлака		
5 мин	Выключение печи		

Доводку химического состава жидкого металла осуществляют по результатам экспресс-анализа, в случае необходимости добавляют твердые компоненты в жидкий металл, корректируя химический состав (табл. 3.3).

Таблица 3.3

### Корректировка химического состава чугуна

Требуемое изменение химического состава	Вводимый компонент	Количество вводимого компонента, кг/т
Увеличение содержания углерода на 0,1%	Карбюризатор или графит измельченный	1,2 1,3
Уменьшение содержания углерода на 0,1%	Стальной лом или ферросилиций ФС 45	30 2,4
Увеличение содержания кремния на 0,1%	Ферросилиций ФС 45	2,4
Уменьшение содержания кремния на 0,1%	Стальной лом или карбюризатор	60 1,9
Увеличение содержания марганца на 0,1%	Ферромарганец ФМн 78	1,3

Перед выпуском расплава в ковш производят нагрев до температуры 1380–1400 °С. Во время выпуска по ходу заполнения ковша производят модифицирование.

В мировой литейной практике все шире используются *индукционные тигельные печи средней частоты*, которые по сравнению с печами промышленной частоты имеют следующие преимущества:

- более высокую мощность (в 3 раза) и, соответственно, производительность при равной вместимости, что ведет к снижению эксплуатационных расходов и капитальных затрат;

- садочный режим плавки, т.е. плавка без использования (как это делается при плавке в печах промышленной частоты) переходящего от плавки к плавке остатка жидкого металла, так называемого «болота».

Это в свою очередь позволяет:

- исключить обязательную при использовании печей промышленной частоты предварительную сушку шихты и связанные с нею затраты;

- останавливать печь с полным сливом расплава на время перерывов в работе литейного отделения;

- осуществлять замену марок выплавляемого металла;

- сократить удельный расход электроэнергии на 1 т выплавляемого металла благодаря более высокому тепловому и электрическому КПД печей средней частоты;

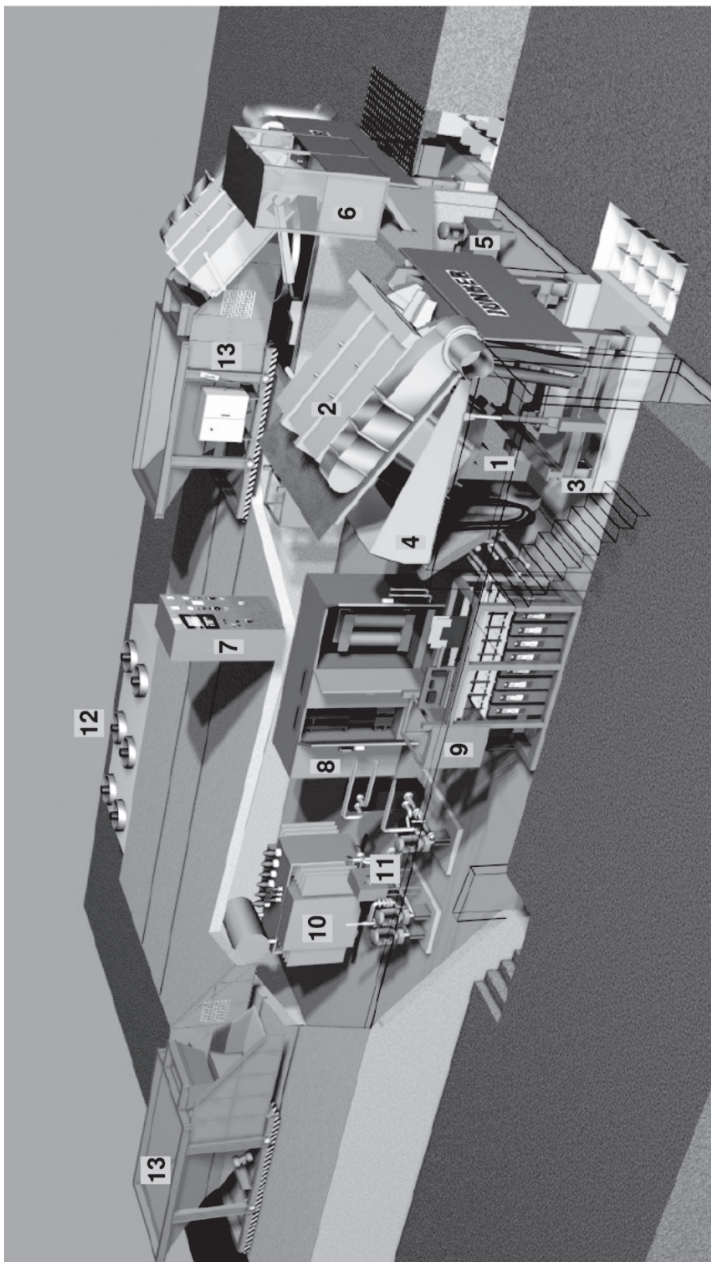
- сократить расходы на футеровку, так как долговечность футеровки при садочном режиме плавки возрастает;

- оптимизировать процесс образования центров кристаллизации благодаря короткому времени плавки и одноразовому нагреву металла.

Плавка в печах средней частоты ведется с «холодного» состояния шихты, при котором у черных металлов сохраняются их ферромагнитные свойства. Благодаря этому электрический КПД печей средней частоты выше, чем печей промышленной частоты. Выше также и тепловой КПД, так как средняя температура расплава в течение плавки ниже, чем в печах промышленной частоты, работающих с «болотом». Догрузка печи шихтой осуществляется по мере расплавления шихты и ее оседания, и она успевает высохнуть до попадания в жидкий металл. Это предупреждает опасность контакта жидкого металла с влажными кусками шихты.

Современный плавильный комплекс на базе индукционных тигельных печей средней частоты (рис. 3.28) обеспечивает ведение процесса плавки автоматическим плавильным процессором и оборудованием для загрузки шихты. Комплекс характеризуется компактным расположением всего технологического оборудования и минимальным применением ручного труда.





*Рис. 3.28. Плавильный комплекс на базе индукционных печей средней частоты:*

1 – печь; 2 – выгужной коллак; 3 – система весов; 4 – система защиты ямы печи; 5 – гидравлическая станция; 6 – кабина оператора с пультом управления; 7 – шкаф управления с системой контроля; 8 – преобразователь частоты; 9 – багара конденсаторов; 10 – трансформатор; 11 – система оборотного водоснабжения для охлаждения частей установки (конгур печи, электрический конгур); 12 – воздушный охладитель; 13 – передвижная загрузочная платформа

### 3.4.4. Футеровка индукционных тигельных печей

Футеровка ИТП выполняется из огнеупорных материалов и имеет следующие основные составные части (рис. 3.29):

- **подина**, служащая основанием, на которое устанавливают индуктор и набивают тигель. В малых печах подину обычно укладывают на нижнюю раму каркаса печи или на кожух в виде нескольких текстолитовых плит, в крупных печах подину изготавливают из стандартных прямых и фасонных огнеупорных кирпичей;
- **тигель**, образующий плавильное пространство и определяющий вместимость печи;
- **ленточная керамика (носок)**, предназначенная для образования струи жидкого металла при сливе его из тигля путем наклона печи. Выкладывают носок из стандартных прямых или фасонных огнеупорных кирпичей;
- **сливной желоб**, соединяющий тигель и ленточную керамику;
- **крышка**, футерованная огнеупором (на крупных печах – свод).

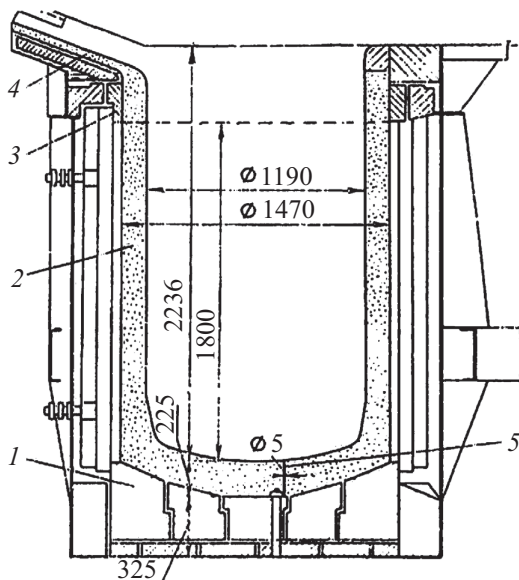


Рис. 3.29. Футеровка индукционной тигельной печи:

1 – подина, выполненная фасонным кирпичом; 2 – тигель; 3 – ленточная керамика; 4 – сливной желоб; 5 – сигнализатор проедания тигля

Основное назначение футеровки печей заключается в образовании рабочей емкости для расплавления и выдержки металла. Виды футеровки выбирают в зависимости от назначения печи, а также от марки, химического состава, температуры выплаваемого металла. Футеровка тигля может выполняться из фасонных огнеупорных кирпичей, изготовленных машинным способом, или быть набивной из огнеупорных масс.

Наибольшее распространение для плавки чугунов получила кислая футеровка на основе кварцита с химической связкой из борной кислоты или борного ангидрида. В последние годы все более широкое распространение получают готовые набивные футеровочные смеси импортного производства.

Для набивки стенок тигля изготавливают шаблон из листовой стали (рис. 3.30) из двух половин цилиндров. На стенке шаблона предусматривают отверстия диаметром 10–15 мм для удаления влаги из футеровки при спекании.

Перед началом футеровочных работ ведут подготовку индуктора: очищают сжатым воздухом его поверхность, проверяют состояние изоляции, испытывают на герметичность под избыточным давлением воды. Футеровку начинают с подины, основания печи, которую выкладывают из штучных фасонных шамотных кирпичей, швы между кирпичами промазывают сметанообразным раствором на основе огнеупорной глины. При выполнении кладки устанавливают керамическую проходную трубку для стальной контактной шпильки (стержня) диаметром 18–20 мм. К центральному стержню присоединяется хромоникелевый электрод сигнализатора проедания тигля. Высота электрода должна быть равна высоте подины. На кирпичную кладку укладывают слой асбокартона толщиной 5 мм, в центре слоя через отверстие выводят жгут электрода из нихромовой проволоки, разводят концы проволоки по радиусам и закрепляют их. Далее на лист асбокартона наносят графитовую обмазку толщиной 0,1–0,2 мм, высушивают, укладывают слой кварцита толщиной 40–50 мм без борной кислоты, разравнивают и утрамбовывают его. Последующие

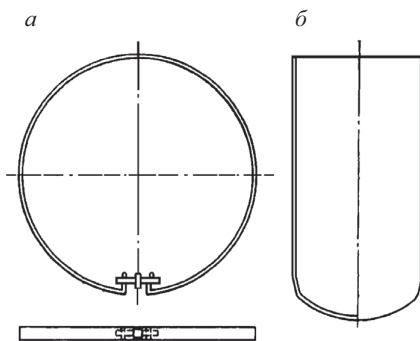


Рис. 3.30. Металлическое кольцо для подержания асбестовых листов (а); металлический шаблон для набивной футеровки тигля (б)

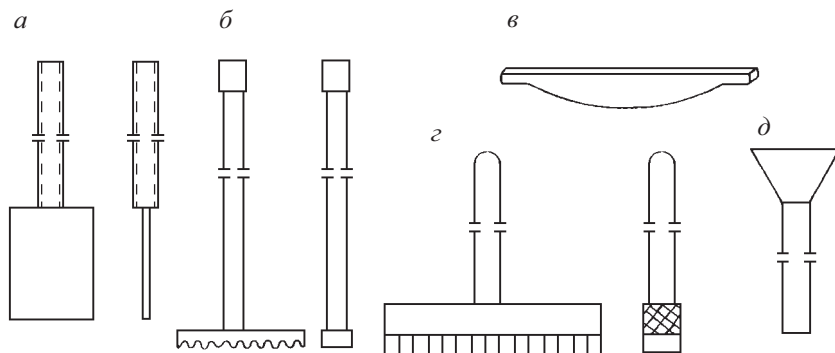


Рис. 3.31. Приспособления и инструмент для выполнения футеровки:  
*а* – лопатка; *б* – вибротрамбовка; *в* – деревянный шаблон; *г* – рыхлитель; *д* – воронка с трубой

слои наносят, выравнивают и трамбуют. Перед наложением последующего слоя утрамбованную поверхность взрыхляют специальным инструментом (рис. 3.31).

После наложения трех слоев последующие слои трамбуют с применением борного ангидрида, особое внимание уделяют уплотнению смеси вокруг электрода сигнализатора проедания тигля. При достижении заданной толщины подины приступают к формированию ее необходимой формы путем вращения деревянного шаблона.

Следующей операцией является установка металлического шаблона, который должен плотно прилегать к подине и быть хорошо отцентрирован. После центровки шаблона на его дно помещают груз, фиксирующий положение шаблона.

Перед набивкой стенок рыхлят контактную поверхность рыхлителем, через воронку с трубой засыпают готовую массу, размещая ее вокруг шаблона. По мере набивки стенок металлические кольца, прижимающие асбест к катушке индуктора, снимают. Затем продолжают послойную набивку верхней части тигля: 0,3 его высоты выполняют футеровочной массой с увеличенным содержанием борного ангидрида (1,8–2%  $V_2O_5$ ). Фасонный шамотный кирпич, которым футеруют верх тигля (воротник), выкладывают с противоположной сливному носку стороны (рис. 3.32). Швы между кирпичами промазывают раствором на основе огнеупорной глины.

Выпускной желоб выкладывают шамотным кирпичом и обмазывают жидкостекольной смесью. После затвердевания футеровки желоба на нее наносят огнеупорную обмазку консистенции густой сметаны, состоящую из графита, воды и жидкого стекла.

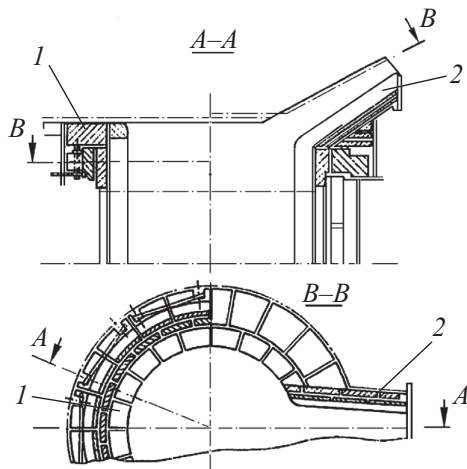


Рис. 3.32. Футеровка верха тигля и верха печи фасонным шамотным кирпичом:  
1 – фасонный шамотный кирпич; 2 – сливной носок

### Контрольные вопросы и задания

1. Поясните принцип действия и устройство индукционных тигельных печей.
2. Из каких основных частей состоит футеровка ИТП?
3. Назовите отличия в конструкции корпуса малых и больших ИТП.
4. Чем вызвана необходимость устройства ферромагнитного экрана?
5. Перечислите типы и принцип действия преобразователей частоты, применяемых для питания индукционных тигельных печей.
6. Назовите преимущества и особенности индукционных тигельных печей средней частоты
7. Опишите порядок футеровки индукционных тигельных печей.
8. Перечислите последовательность операций плавки чугуна на твердой шихте в ИТП, поясните целесообразность подогрева шихты.
9. По расплаву шихты в экспресс-анализе пробы получено: содержание С – 3,4%, Si – 2,2%. Было задано: С – 3,6%, Si – 2,0%. Рассчитайте необходимое количество компонентов для корректировки химического состава чугуна.

## 3.5. Индукционные каналные печи

### 3.5.1. Принцип действия индукционных каналных печей (ИКП)

*Индукционные каналные печи* в чугунолитейном производстве используются в качестве миксеров, плавильных печей и заливочных устройств. Основная конструктивная часть индукционной каналной печи – индукционная каналная единица – представляет собой трансформатор с железным сердечником, в котором первичной обмоткой являются втулки катушки индуктора, а вторичной – короткозамкнутый виток расплавленного металла в канале (рис. 3.33).

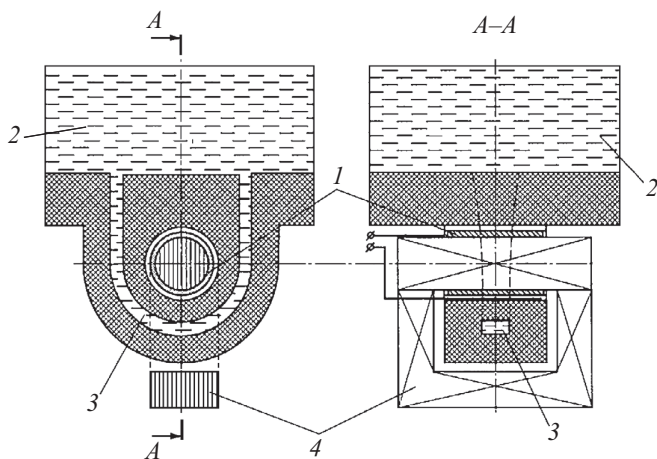


Рис. 3.33. Схема индукционной каналной единицы:

1 – индуктор; 2 – металл в ванне; 3 – металл в канале; 4 – магнитопровод

Индуктор 1 из медной шинки, расположенной вокруг стержня магнитопровода 4, является первичной обмоткой трансформатора. Жидкий металл в подковообразном канале 3 представляет собой единственный виток вторичной обмотки трансформатора. Канал соединен с ванной (рабочим объемом печи). Вихревые токи, индуцируемые в витке, нагревают металл и создают условия для циркуляции расплава в замкнутом контуре канал – ванна. Циркуляционные потоки возникают потому, что температура расплава в канале выше, чем в рабочем объеме печи. Форму канала подбирают таким образом, чтобы обеспечить интенсивную одностороннюю циркуляцию расплава.

### 3.5.2. Основные узлы индукционной канальной печи

Индукционный канальный миксер вместимостью 40 т (рис. 3.34) предназначен для накопления металла, выплавляемого в плавильных печах, усреднения его химического состава и температуры (миксирования), перегрева в случае необходимости до заданной температуры и выпуска в заливочные ковши.

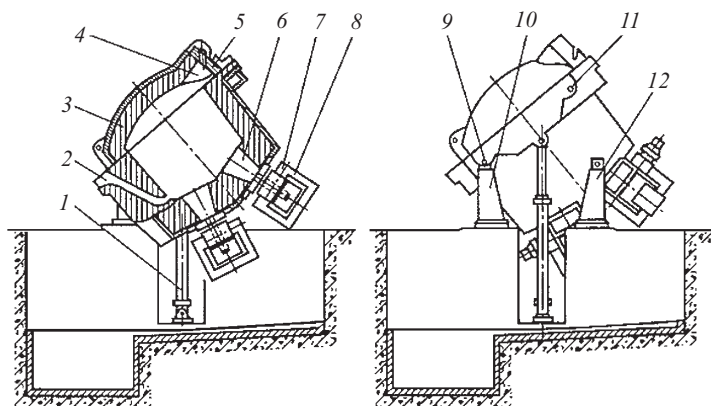


Рис. 3.34. Индукционный канальный миксер шахтного типа:

1 – гидроцилиндры; 2 – сифонный желоб; 3 – съемная крышка; 4 – окно; 5 – крышка окна; 6 – полость канала; 7 – индуктор; 8 – магнитопровод; 9, 11 – отверстия под ось поворота печи; 10 – передняя стойка печи; 12 – задняя стойка печи

Рабочее пространство печи имеет цилиндрическую форму с вертикальной осью, закрыто съемной футерованной крышкой 3. Такие печи называют печами шахтного типа. Печь имеет две съемные канальные единицы мощностью по 700 кВт каждая. Выпуск металла осуществляется через сифонный желоб 2, конструкция которого исключает попадание воздуха в рабочий объем печи и угар металла. Для заливки металла имеется второй сифонный желоб, расположенный на той же стенке печи. Шлак скачивают через окно 4, закрываемое крышкой 5. Печь наклоняют с помощью гидроцилиндров 1. Для выпуска металла печь поворачивают вокруг оси, вставленной в отверстие 9 корпуса печи и отверстие передней стойки 10. При скачивании шлака ось вставляется в отверстие 11 корпуса печи и отверстие задней стойки 12. Каналы индукционных единиц сообщаются с ванной печи через полости 6. Каждая канальная единица имеет свой магнитопровод 8 и охлаждаемый воздухом индуктор 7.

### 3.5.3. Достоинства индукционных канальных печей

**Достоинствами** индукционных канальных печей являются:

- низкие капитальные затраты, составляющие 50–70% от стоимости тигельной печи такой же мощности;
- высокий электрический КПД печи, достигающий 96–97%;
- высокий тепловой КПД печи, составляющий 85–90%, что объясняется возможностью выполнения увеличенной теплоизолирующей футеровки без ухудшения электрического КПД печи;
- минимальный угар металла;
- возможность использования низкосортной легковесной шихты и эффективного науглероживания за счет интенсивного перемешивания металла;
- минимальные пылегазовыбросы на плавильной площадке и в окружающую среду.

**Недостатками** индукционных канальных печей как плавильных агрегатов для чугуна являются трудности перехода с одного химического состава выплавляемого чугуна на другой, а также «холодный» малоактивный шлак.

### 3.5.4. Футеровка индукционных канальных печей

Футеровку ванны, канального блока и крышки индукционной канальной печи выполняют двумя разными способами – трамбовкой сухой массы и заливкой жидкой массы. Характеристика огнеупорных масс, применяемых для футеровки канальных печей, и способы футеровки приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Характеристика огнеупорных масс и способы футеровки индукционных канальных печей**

Назначение футеровки	Способ футеровки	Характеристика огнеупорных масс					
		Состав, %				Влажность, %	Температура плавления, °С
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Примеси R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>		
Ванна печи	Трамбовка	81	18	–	1–5	2,5–3	1830
Канальный блок	То же	95	–	–	–	–	1950
Крышка	Заливка	95	–	–	–	6	1750
		80	7,5	8,0	4,5	19	1750



### **Контрольные вопросы и задания**

1. Объясните назначение и принцип действия индукционных канальных печей.
2. Каковы конструкция и назначение индукционного канального миксера вместимостью 40 т?
3. Приведите характеристику огнеупорных масс и способов футеровки индукционных канальных печей.
4. Перечислите достоинства и недостатки индукционных канальных печей.

## **3.6. Плавка цветных сплавов**

### **3.6.1. Плавка медных сплавов**

Для плавки медных сплавов применяют пламенные отражательные, электрические индукционные печи, футерованные шамотом, диасом или имеющие графитовые тигли.

Перед загрузкой материалов печь и шихтовые материалы тщательно очищают от шлака, остатков металла. Сначала печь загружают медью, проплавляют ее, догружая по ходу плавления до расчетного количества. Затем вводят в расплав другие шихтовые материалы, предварительно нагретые до 100–150 °С. Для предупреждения образования твердых нерастворимых окислов расплав меди перед введением легирующих элементов раскисляют при температуре 1200 °С фосфористой медью (0,3–1,0% от массы расплава). Далее плавку ведут при температуре не выше 1200 °С для исключения насыщения расплава газами. В качестве веществ, ошлаковывающих окисные или хлористые соединения вредных примесей, применяют буру, смесь буры с боем стекла, кальцинированную соду, древесный уголь. После завершения плавки подогретый до температуры 1250–1280 °С расплав выдерживают 5–10 мин, отбирают пробу на содержание окислов и газовых включений. Для улучшения жидкотекучести при производстве тонкостенных отливок в ковш на выпуске добавляют 0,1–0,2% фосфористой меди.

Особенностью плавки *двойных латуней* (Л68, Л62) является высокая летучесть цинка, обусловленная его низкой температурой кипения – 907 °С, поэтому плавку латуней ведут в основном в индукционных печах, футерованных кварцем.

В качестве защитного покрова используют древесный уголь, который загружают в печь вместе с первой порцией шихты. Затем расплавляют медь, в расплав вводят вторичную латунь и цинкосодержащие от-

ходы, нагревают расплав до 1000–1050 °С, добавляют цинк, который является хорошим раскислителем.

**Сложные латуни** (ЛМц, ЛАЖМц, ЛН) плавят так же, как и двойные, но перед введением отходов и легирующих компонентов, особенно алюминия, медь раскисляют фосфором. Для удаления неметаллических включений сложные латуни рафинируют хлористым марганцем или фильтруют через зернистые фильтры.

Плавку **кремнистых латуней** ведут в окислительной атмосфере под слоем флюса из 30% боя стекла, 40% плавикового шпата и 30% кальцинированной соды, не допуская перегрева более 1100 °С. Кремнистые латуни имеют большую склонность к поглощению водорода, чувствительны к перегреву – газонасыщенность расплава резко возрастает при перегреве более 1100 °С. После расплавления меди расплав раскисляют фосфором. Кремний вводят лигатурой медь – кремний (15–20% Si), перемешивают, вводят цинк и свинец. Готовность сплава оценивают пробами на излом и газонасыщенность. Если излом мелкозернистый без ликвационных наплывов, расплав разливают в формы при температуре 950–980 °С.

Особенности плавки **оловянистых бронз** – образование окислов олова, которые значительно снижают механические и эксплуатационные свойства оловянистых бронз. Поэтому перед введением олова или оловосодержащих отходов медь раскисляют фосфором. Плавку ведут в окислительной атмосфере под слоем флюса (кальцинированная сода и древесный уголь). Вначале под слоем угля расплавляют медь и нагревают ее до 1100–1500 °С, раскисляют фосфористой медью (9–13% P), затем вводят цинк, олово и в последнюю очередь – свинец. Расплав нагревают до 1100–1200 °С, рафинируют хлористым марганцем или азотом, модифицируют и разливают в формы.

**Алюминиевые бронзы** чувствительны к перегреву и склонны к поглощению газов, поэтому плавку их ведут под слоем флюса из 50% кальцинированной соды и 50% боя стекла. Перед введением легирующих компонентов медь раскисляют фосфором. Плавку начинают с расплавления меди под слоем флюса, вводят фосфор (0,05–0,1% от массы меди), затем в расплав добавляют медножелезистые и медномарганцовистые лигатуры. После этого расплав вторично раскисляют фосфором и вводят лигатуру медь – алюминий, сразу же после растворения алюминия поверхность расплава засыпают флюсом. Перед заливкой при 1100–1200 °С расплав рафинируют.

### **3.6.2. Плавка алюминиевых сплавов**

Плавку алюминиевых сплавов ведут под флюсами в канальных и тигельных электрических индукционных печах типа ИАТ вместимо-

стью 0,5–5 т, в стационарных электропечах сопротивления типа САК и качающихся типа САП, в пламенных отражательных печах, тигельных поворотных газовых печах типа «Калеман» и тигельных печах с графитовым тиглем.

При плавке с чушковым силумином в тигель индукционной печи, нагретой до темно-красного каления, загружают чушковый силумин и отходы сплава. После проплавления всей шихты при температуре 690–710 °С расплав подвергают металлургической обработке.

В тигельных газовых печах (рис. 3.35) устанавливают литые чугунные тигли вместимостью 125–300 кг. Топочная камера футеруется огнеупорным составом, окрашивается противопригарной краской и высушивается в течение 3–5 ч при температуре 500–600 °С. Тигель нагревается пламенем форсунки или газовой горелкой. После расплавления и раскисления расплав выпускают в ковш через носок тигля.

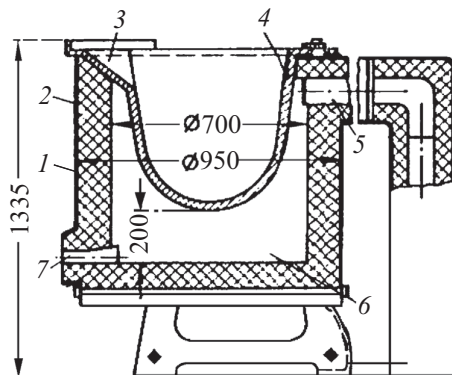


Рис. 3.35. Тигельная поворотная газовая печь:

1 – кожух печи; 2 – футеровка печи; 3 – носок тигля; 4 – чугунный тигель; 5 – дымоход; 6 – топочная камера; 7 – форсунка

Алюминиевые сплавы склонны к поглощению газов, особенно водорода, что ведет к образованию в отливках дефектов с газовыми раковинами и пористостью. Для исключения таких дефектов осуществляют *металлургическую обработку* расплавов рафинированием (очистка от неметаллических включений и водорода), вакуумированием и модифицированием (улучшение структуры сплава, измельчение зерна с целью повышения его плотности и механических свойств).

*Рафинирование* осуществляется продувкой расплава инертными газами (аргон, азот) или хлором, обработкой хлоридами марганца, цинка, титана, флюсами и выдержкой в вакууме на специальных установках.

*Вакуумирование* производят для удаления неметаллических включений, выдерживая ковш с расплавом перед заливкой в формы в печи под вакуумом при температуре 730–760 °С в течение 10–15 мин.

*Модифицирование* проводят введением в расплав сотых долей натрия или его хлористых и фтористых солей при температуре 800–820 °С, покрывая зеркало расплава солями из расчета 1–2% от массы расплава в течение 10–15 мин.

### **3.6.3. Ковшовая обработка расплава**

Основным видом ковшовой обработки расплава является *модифицирование* – процесс ввода малого количества веществ, модификаторов, в расплав с целью улучшения механических свойств отливок посредством изменения структуры зерна и его измельчения. Из-за активного взаимодействия с жидким металлом эффект модифицирования является кратковременным, длится не более 15 мин, поэтому этот вид ковшовой обработки металла применяют непосредственно перед заливкой форм.

Все модификаторы подразделяются на два рода.

*Модификаторы 1-го рода* – это тугоплавкие вещества, имеющие параметры кристаллической решетки, близкие к параметрам решетки кристаллизующегося вещества. Эти модификаторы образуют дополнительные центры кристаллизации и измельчают зерно. К ним относят добавки титана для стали, алюминиевых и медных сплавов, добавки ванадия и хлористого натрия для алюминиевых сплавов.

*Модификаторы 2-го рода* являются поверхностно-активными к кристаллизующейся фазе, малые добавки этих веществ не только измельчают зерно, но и изменяют его форму. При кристаллизации сплава поверхностно-активные вещества, имеющие низкие температуры плавления, отгесняются на поверхность растущих кристаллов, тормозя их рост. Они препятствуют росту игольчатых и пластинчатых кристаллов, придавая им округлые формы. Примерами могут служить добавки натрия и алюминий-кремниевых сплавов и магнезия в чугуны с шаровидным графитом (высокопрочные чугуны).

В качестве материалов для ковшовой обработки расплава чугуна применяют:

- модификаторы 1-го рода (Elmag, ФСМг) с содержанием 5,7–6,3% магнезия, 1,0–1,5% кальция, 0,8–1,2% редкоземельных элементов (РЗМ), 45–48% кремния, не более 1,2% алюминия, с фракционным составом 1–6 мм.

- модификаторы 2-го рода (Zircinoc, Barinoc) с содержанием 73–78% кремния, 2,0–2,5% кальция, 1,0–1,5% алюминия, 1,3–1,8% циркония, с фракционным составом 1–6 мм.

Кроме раздельного применения модификаторов 1-го и 2-го рода находят применение комплексные модификаторы, включающие вещества, комплексно воздействующие на структуру сплавов, например модификатор Fe – Si – Ca с добавками Al, Ti, La для модифицирования расплава серого чугуна.

Модифицирование литейных чугунов производят одним из следующих четырех способов или их комбинацией:

- в разливочном ковше во время его наполнения чугуном;
- на струю металла при заполнении литейной формы;
- непосредственно в литейной форме («ин-моулд» процесс);
- проволочным модификатором с помощью трайб-аппарата.

**Модифицирование в ковше.** В связи с длительным периодом пребывания чугуна в ковше возникает необходимость использовать относительно большие порции (навески) модификатора с целью компенсации эффекта «старения» модифицирующего воздействия модификатора. Величина навески составляет от 0,2% для большинства серых чугунов до 0,75% для большинства ответственных марок высокопрочных чугунов. Модификатор выбирается в зависимости от вместимости ковша и не должен содержать фракции малых размеров (пылевидные), которые при попадании в ковш окисляются или выносятся воздушными тепловыми потоками, что приводит к неизбежным потерям модификатора. Обычно в ковшах вместимостью до 300 кг используют модификатор фракциями 0,5–3,0 мм, а в ковшах большей вместимости – материал фракциями 1–6 мм.

Для достижения наивысшей эффективности действия модификатора необходимо руководствоваться следующими правилами:

- модификатор следует вводить в струю чугуна, заполняющего ковш;
- модификатор рекомендуется вводить в струю металла при заполнении ковша на 25–75% от его вместимости, чем достигается хорошее перемешивание и растворение материала;
- перед выпуском металла в ковш необходимо тщательно удалить шлак, так как модификатор, попавший в шлак, не оказывает никакого воздействия на расплав;
- при необходимости осуществлять несколько переливов чугуна из ковша в ковш следует производить модифицирование при последнем переливе, непосредственно перед разливкой металла, с целью снижения «старения» модифицирующего эффекта.

## **Требования безопасности при работе на индукционных тигельных и канальных печах, при плавке цветных сплавов**

1. Каркас индукционной печи должен быть изолирован от витков обмотки индуктора. Кабели, подводящие ток к индуктору, должны быть надежно изолированы и ограждены.
2. Загрузка шихты, подшихтовка, снятие шлака, отбор проб, замер температуры термопарой должны производиться при снятом напряжении индуктора.
3. Запрещается подача в печь влажной шихты, ферросплавов, лома с замкнутыми полостями, труб длиной более 200 мм.
4. Перед началом плавки необходимо проверить состояние футеровки тигля. Не допускается наличие трещин и выбоин в футеровке, разгар подины и стенок тигля печи должен быть не более 20% первоначальной толщины.
5. Осаживание шихты, отбор проб, снятие шлака следует производить инструментом с изолированными ручками.
6. При образовании в верхней части тигля во время плавления сплошной корки (моста) из нерасплавившейся шихты должны быть приняты меры по ликвидации образовавшейся корки.
7. Необходимо следить за состоянием футеровки воротника и сливного желоба, не допускать разбрызгивания расплава при сливе из печи.
8. Металлическая стружка цветных металлов, используемая в качестве шихты для плавки цветных сплавов, должна быть обезжирена, просушена и подогрета перед поступлением в печь.
9. Камеры горения и дымовые борова газовых печей должны вентилироваться, продуваться перед растопкой.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Перечислите операции плавки медных сплавов в различных печах.
2. Каковы особенности плавки латуней?
3. Опишите технологию плавки латуней.
4. Перечислите операции плавки алюминиевых сплавов.
5. Назовите способы и факторы модифицирования.
6. Опишите технологию модифицирования в ковше.
7. Перечислите основные требования безопасности при работе на индукционных тигельных и канальных печах.
8. Каковы основные правила безопасности при плавке цветных сплавов?

## ГЛАВА 4. ЗАЛИВКА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

### 4.1. Ковши для заливки литейных форм

Ковш представляет собой стальной футерованный внутри высокоогнеупорным материалом сосуд для транспортирования, проведения внепечной обработки расплава и заливки его в форму.

#### 4.1.1. Условия выбора ковшей, требования к их эксплуатации

Основными факторами, учитываемыми при выборе типа и вместимости ковшей, являются металлоемкость литейных форм и способ их заливки (табл. 4.1, 4.2).

Таблица 4.1

**Тип и вместимость конических и барабанных ковшей для заливки форм серым чугуном**

Масса отливка, кг	Тип ковшей	Вместимость ковшей, кг	Масса отливка, кг	Тип ковшей	Вместимость ковшей, кг
До 10	Ручные	20–50	250–500	Крановые	750–1000
10–30	То же	50–80	500–2000	То же	2000–5000
30–50	Крановые	150–250	2000–5000	»	5000–10000
100–250	То же	350–500			

Таблица 4.2

**Вместимость разливочных ковшей для заливки форм на конвейерах**

Назначение конвейера	Средняя масса металла в одной форме	Число форм, заливаемых из одного ковша	Вместимость ковша, кг	Способ доставки расплава к формам на конвейере
Для безопочной формовки	9	18–20	150–180	По монорельсу
Для мелкого литья	14	14–18	200–250	В ковше без перелива
Для различных отливок	25	8–10	200–250	То же
То же	100	5	550	»

В литейных цехах при получении мелких отливок применяют систему набора расплава из печи в раздаточные ковши вместимостью

0,5–1,8 т с последующим его переливом со стационарного стенда на заливочных площадках в ковши вместимостью 30–140 кг.

Для соблюдения эксплуатационных и технологических требований к проведению плавильно-заливочных операций конструкция и условия эксплуатации разливочных ковшей должны обеспечивать:

- минимальную теплотерю залитого в ковш расплава;
- равномерность и непрерывность струи заливаемого в форму расплава;
- наименьшую высоту заливки – расстояние от носка ковша до чаши формы;
- надежное удержание шлака, исключающее его попадание со струей расплава в форму;
- легкость наклона и управления ковшом во время заливки формы;
- безопасность при транспортировании жидкого металла.

Для снижения теплотери размеры ковша строго регламентируются: высота ковша должна быть равна верхнему диаметру внутреннего конуса футеровки, который является основным размером ковша.

Равномерность и непрерывность струи заливаемого в форму расплава обеспечивается наличием в ковше носка или горловины, наименьшая высота струи при заливке – наклоном ковша. Во избежание опрокидывания при наклоне разливочные ковши конструируются таким образом, чтобы центр тяжести наполненного ковша находился на 30–100 мм ниже центра осей цапф подвески. С той же целью наклон крупных ковшей производится самотормозящим червячным механизмом.

Для удержания шлака ковши оборудуются огнеупорными перегородками. Для защиты крюка, канатов и стропов грузоподъемных и транспортных механизмов от разрушающего действия лучистой энергии расплава ковши оборудуются защитными щитками или кожухами с асбестовой прокладкой.

#### ***4.1.2. Типы разливочных ковшей***

Разнообразие технологических операций и способов заполнения литейных форм, а также необходимость удовлетворения требований к проведению операций заливки в комплексе явились основанием для разработки широкого спектра разливочных ковшей, отличающихся способом перемещения, формой, вместимостью, конструкцией, футеровкой и т.д.

По способу перемещения ковши подразделяются на ручные, монорельсовые и крановые. В последнее время используются ковши для заливки с напольного транспорта и различных устройств.



**Ручные ковши** подразделяются на ковши-ложки и ковши-носилки (рис. 4.1). *Ковши-ложки* изготавливают вместимостью 6, 10, 16 кг. Для переноски и заливки они снабжаются ручкой с кольцом.

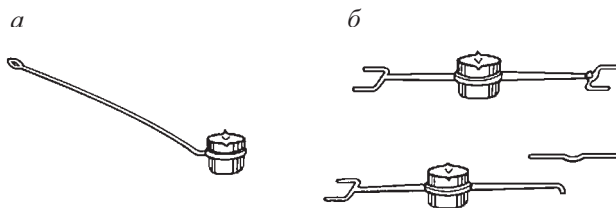


Рис. 4.1. Ручные разливочные ковши:

*a* – ковш-ложка; *б* – ковши-носилки

Ковши-носилки изготавливают вместимостью 25, 40 и 60 кг и выполняют с одним или двумя носками. Для переноски и заливки они снабжаются съемными двусторонними носилками с кольцом, охватывающим корпус ковша.

**Монорельсовые ковши** перемещаются по монорельсам (однорельсовые балки) и бирельсам (двухрельсовые балки). Эти ковши подразделяются на конические, чайниковые и барабанные (рис. 4.2).

*Конические монорельсовые ковши* (рис. 4.2, *a*, *б*) изготавливают вместимостью от 100 до 800 кг. Ковш 1 снабжается двумя носками. К съемному стальному кольцу 2 прикреплены две цапфы 3, служащие осями поворота ковша, что осуществляется с помощью рукоятки 4 или червячного редуктора 8. Траверса 6 позволяет подвешивать ковш на грузоподъемном механизме при его транспортировании и заливке форм. Для предохранения ковша от опрокидывания на траверсе предусмотрена откидная ручка 5 или защелка 7, закрепленная на корпусе ковша.

*Чайниковые монорельсовые ковши* (рис. 4.2, *в*, *г*) вместимостью 100, 160 и 250 кг по конструкции конической части аналогичны коническим ковшам, но в них предусмотрены сливной носок из шамотной трубки 9 или набивной носок из жидкостекольной смеси, выполняющие роль шлакоудерживающей перегородки.

*Барабанные монорельсовые ковши* (рис. 4.2, *д*) изготавливают вместимостью 400–800 кг. Они состоят из сварного цилиндрического корпуса 11 с горловиной 12 и двух торцовых стенок 13, прикрепляемых к корпусу болтами. В торцовых стенках ковшей, армированных ребрами жесткости, закреплены цапфы 3 для их поворота и транспортирования. На цапфах шарнирно закреплены траверсы 6, которые крепятся

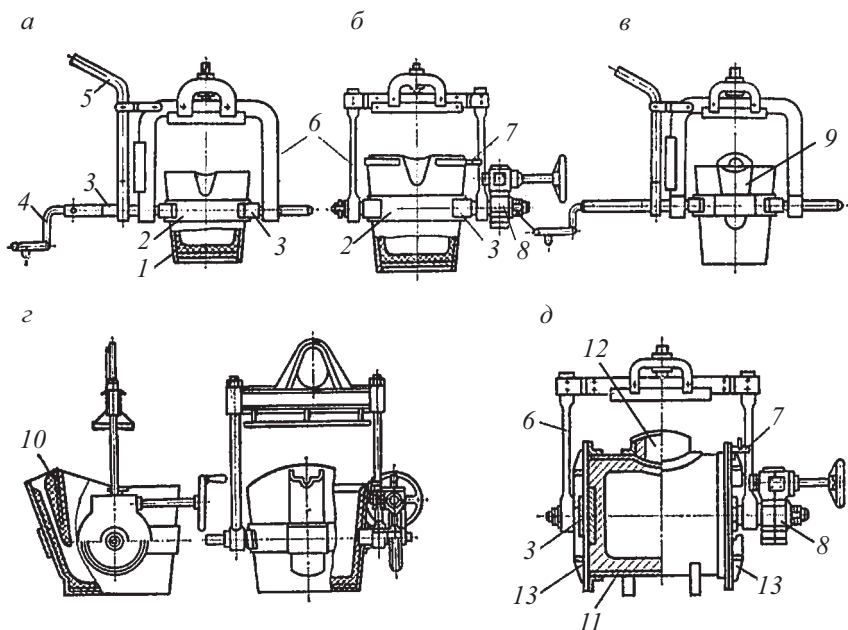


Рис. 4.2. Монорельсовые разливочные ковши:

*а* – конический вместимостью 100–200 кг; *б* – конический вместимостью 400–800 кг; *в* – чайниковый вместимостью 100–250 кг; *г* – чайниковый вместимостью более 250 кг; *д* – 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 – шамотная трубка; 10 – чайниковые устройства в крупных ковшах; 11 – корпус; 12 – горловина; 13 – торцовые стенки барабанного ковша

к транспортному устройству. Поворот ковша осуществляется с помощью червячного редуктора 8, самопроизвольное опрокидывание ковша предупреждается защелкой 7.

**Крановые ковши** подразделяются на конические для заливки форм через носок, стопорные, конические бесстопорные с шибберным затвором и барабанные.

*Конические крановые ковши для заливки форм через носок* вместимостью 1–10 т (рис. 4.3) поворачиваются с помощью ручного червячного редуктора, а вместимостью 12–70 т – редуктором с электрическим приводом.

*Стопорные крановые ковши* (рис. 4.4) характерны выпуском и заливкой расплава через отверстие калиброванного стакана 7, расположенного в днище ковша, которое перекрывается стопором 1 с помощью рычажного механизма 2. Стопор набирается из керамических тру-

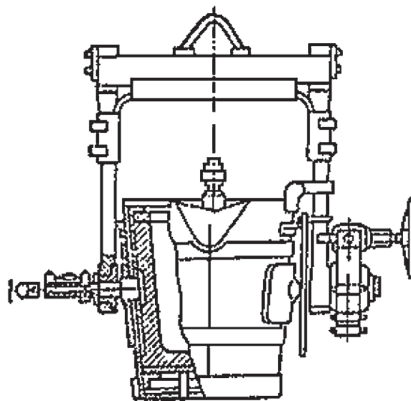


Рис. 4.3. Конический крановый ковш для заливки форм через носок

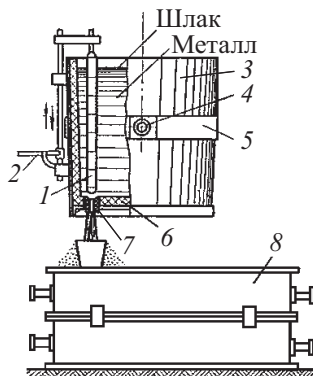


Рис. 4.4. Стопорный крановый ковш для разливки стали:

1 – стопор; 2 – рычажный механизм подъема стопора; 3 – кожух; 4 – цапфа поворота ковша; 5 – стальное кольцо ковша; 6 – футеровка ковша; 7 – калиброванный стакан; 8 – форма

бок на металлической штанге. Кожух 3 устанавливается на съемное кольцо 5, снабженное цапфами 4, на которые монтируются траверсы для подвески ковша на крюк мостового крана. Стопорные ковши вместимостью до 6 т снабжаются одним стопором, вместимостью от 8 до 70 т – двумя. К достоинствам стопорных ковшей относятся возможность точного подвода калиброванного стакана к центру литейной чаши, обеспечение минимальной высоты струи и четкого регулирования и выполнения всех условий заливки.

*Конические бесстопорные ковши с шиберным затвором* (рис. 4.5) характерны выпуском расплава через отверстие стакана 1, расположенного в днище ковша, которое перекрывается плитой-шибером 4. Подвижная часть бесстопорного устройства шиберного типа вмонтирована в металлический корпус. Плита-шибер прижимается к верхней неподвижной плите 3 нажимными болтами, пружинами и гидравлическими устройствами. Перемещаясь под воздействием механизма передвижения 5, шибер открывает калиброванное отверстие подвижного огнеупорного стакана 2, дросселирует или перекрывает струю стали, вытекающую из ковша по каналу направляющего стакана-коллектора 6 шиберного устройства, и направляет ее в чашу литейной формы. Бесстопорная разливка более надежна и удобна по сравнению с традиционной стопорной.

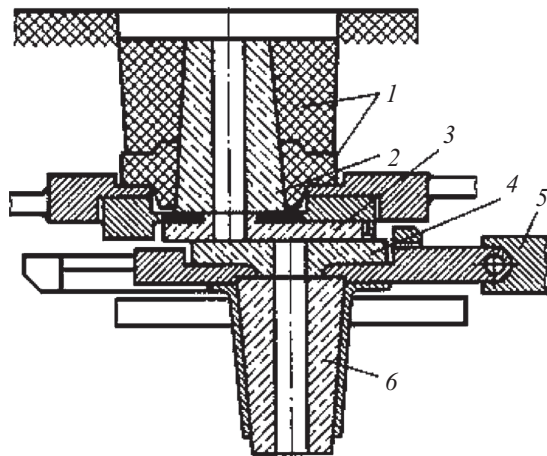


Рис. 4.5. Бесstopорное устройство для разлики стали:

1 – неподвижный огнеупорный стакан; 2 – калиброванный подвижный огнеупорный стакан; 3 – неподвижная плита; 4 – плита-шибер; 5 – шток гидропровода; 6 – стакан-коллектор

Баранные крановые ковши (рис. 4.6) изготавливают вместимостью 1–5 т. От мопорельсовых они отличаются более жесткой конструкцией торцовых стенок, в которых закреплены цапфы для поворота и транспортирования ковша.

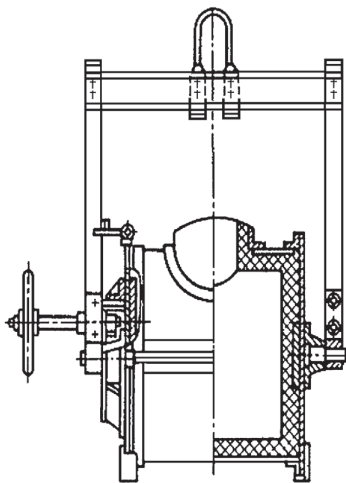


Рис. 4.6. Баранный крановый ковш

Характерной особенностью барабанных ковшей является минимальная потеря тепла жидким металлом, так как он со всех сторон, за исключением узкой горловины, закрыт футеровкой. Кроме того, барабанные ковши обеспечивают меньшую высоту струи расплава по сравнению с коническими ковшами и более спокойную заливку форм, так как горловину барабанного ковша легче подвести ближе к заливочной воронке или чаше формы, чем носок конического ковша. Основным недостатком барабанных ковшей является трудность их футеровки.

### 4.1.3. Футеровка ковшей

Для футеровки ковшей используются огнеупорные материалы в виде кирпича, фасонных керамических изделий, порошков, паст, футеровочных составов, огнеупорных растворов.

При изготовлении футеровочных составов для разливочных ковшей используются следующие исходные материалы:

- песок формовочный кварцевый класса 1К, ГОСТ 2138–91;
- глина формовочная огнеупорная, ГОСТ 28177–89;
- магнезитовый, хромомagneзитовый, шамотный порошок (из сухого битого или бывшего в употреблении кирпича);
- графит аморфный, ГОСТ 5420–91;
- жидкое стекло (модуль 2,6–3,0), ГОСТ 8264–91;
- теплоизоляционные материалы – картон асбестовый, паранит.

Футеровочные составы, огнеупорные растворы для обеспечения долговечности футеровки и кирпичной кладки ковша должны иметь химический состав и огнеупорность, отвечающие виду разливаемого расплава. Рецептура футеровочных составов и огнеупорных растворов, а также составов краски для футеровки ковшей приведена в табл. 4.3–4.6.

Таблица 4.3

**Составы футеровок для ручных ковшей вместимостью 6–60 кг  
и монокельсовых ковшей вместимостью 100–500 кг\***

Расплавы	Типы ковшей	Исходные материалы, %				
		Песок кварцевый	Глина огнеупорная	Шамотный порошок	Магнезитовый порошок	Хромомagneзитовый порошок
1	2	3	4	5	6	7
Чугун, медные и алюминиевые сплавы, кислые стали	Ручной, монокельсовый	75	25	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7
	Монорельсовый	–	25	75	–	–
	Ручной, моно- рельсовый	25	25	50	–	–
Основные стали	Ручной, моно- рельсовый	–	30	–	70	–
	Ручной	–	30	–	–	70
	Монорельсовый	–	25	–	–	75

\* Влажность составов должна быть в пределах 20%. Для футеровки носка и перегородок добавляется до 10% жидкого стекла.

Таблица 4.4

**Огнеупорные растворы для кирпичной кладки монорельсовых ковшей  
емкостью 500–800 кг\***

Расплавы	Исходные материалы, %		
	Шамотный порошок	Хромомагнетитовый порошок	Глина огнеупорная
Чугун, медные, алюминиевые, кислые стали	75	–	25
Основные стали	–	75	25

\* Составы увлажняются до консистенции сметаны.

Таблица 4.5

**Составы красок для футеровки ковшей**

Расплавы	Составы красок, %						
	Графит	Пылевидный кварц	Тальк	Бентонит	Сульфитная барда	Вода	Плотность готовой краски, г/см <sup>3</sup>
Чугун, медные сплавы	58,5	–	–	3,5	10	28	1,3–1,35
Стали	–	70,0	–	3,0	10	17	1,4–1,55
Алюминиевые сплавы	–	–	61	4	–	35	1,25–1,3

Таблица 4.6

**Составы для футеровки и огнеупорные растворы для кирпичной кладки  
крановых ковшей**

Виды составов, огнеупорных растворов	Исходные материалы, %							
	Хромо-магнетитовый порошок	Мертель динасовый	Глина огнеупорная	Шамотный порошок	Песок кварцевый	Жидкое стекло	Сульфитно-спиртовая барда	Графит
Для кирпичной кладки ковшей	–	–	25	75	–	–	–	–
	–	–	25	50	25	–	–	–
	–	–	30	–	70	–	–	–
	85	–	15	–	–	–	–	–
	–	70	30	–	–	–	–	–
Для набора стопора	73	–	10	–	–	–	15	2
Для кладки рабочего слоя футеровки	–	–	40	60	–	–	–	–
Для футеровки носка ковша	–	–	–	–	90	10	–	–
Для кладки арматурного слоя	–	–	40	–	60	–	–	–
Ремонтная паста для заделки швов	85	–	–	–	–	15	–	–
	–	–	–	85	–	15	–	–

Приготовление футеровочных составов производится в смешивающих бегунах и смесителях.

В практике литейного производства известно множество технологических способов выполнения футеровки ковшей. Наиболее распространенными среди них являются следующие.

**Футеровка обмазкой** – применяется для ручных и монорельсовых ковшей вместимостью до 250 кг. Огнеупорный состав наносится вручную слоем определенной толщины на стальной кожух, выравнивается гладилкой, внутреннему пространству придается строго определенная для данной конструкции ковша форма. Выравнивается слой футеровки кистью или щеткой, смоченной в растворе жидкого стекла.

**Футеровка набивкой** – применяется для монорельсовых и крановых ковшей вместимостью до 5 т. Сначала выкладывается огнеупор-

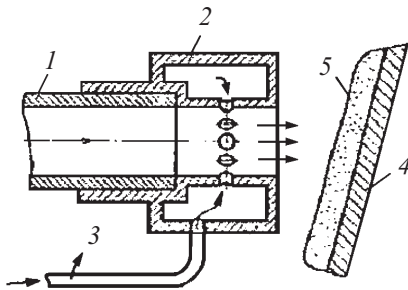


Рис. 4.7. Устройство для торкретирования разливочных ковшей:

1 – резиновый шланг; 2 – наконечник; 3 – шланг подачи воды; 4 – стенка ковшу; 5 – футеровка ковшу

ки ковшу с помощью сжатого воздуха (рис. 4.7). Перемешанные сухие материалы из дозировочной машины по резиновому шлангу 1 подаются сжатым воздухом к металлическому наконечнику 2, представляющему собой пустотелое кольцо с отверстиями, в которые по шлангу 3 под давлением подается вода для увлажнения смеси. Приготовленная таким образом футеровочная масса направляется на стенки ковшу 4 и образует слой футеровки 5 необходимой толщины.

**Футеровка огнеупорным кирпичом** – применяется для монорельсовых ковшей вместимостью 500–800 кг, крановых конических, барабанных, стопорных и бесстопорных с шиберным затвором ковшей. Футеровку ковшей выполняют в три слоя.

Способ футеровки и применяемые огнеупорные материалы выбирают в зависимости от вида расплава, для разлива которого предназначен ковш.

После окончания футеровочных работ ручные ковши сушат в закрытых шкафах с газовым или электронагревом, монорельсовые – газовыми горелками, предварительно накрывая ковши специальными крышками. Крановые ковши сушат на специально оборудованных газовыми горелками стендах.

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие требования предъявляются к разливочным ковшам?
2. Перечислите типы разливочных ковшей.
3. Назовите характерные особенности монорельсовых барабанных ковшей, опишите их устройство.



4. Каковы достоинства и условия применения стопорных крановых ковшей?
5. В каких случаях применяют конические бесстопорные ковши с шиберным затвором?
6. Перечислите материалы для футеровки ковшей, способы футеровки.

## **4.2. Технология заливки литейных форм**

### ***4.2.1. Условия заполнения литейных форм***

В начале заливки струя расплава поступает с большой скоростью в полость песчано-глинистой формы и может размыть ее поверхность, разрушить выступающие части и перенести продукты разрушения в полость формы, вследствие чего возможно образование в теле отливки концентрированных или рассредоточенных песчаных раковин. Кроме того, заполняющий форму расплав может сдвинуть или поднять непрочные закрепленные стержни и вызвать искажение размеров отливки. По мере заполнения полости формы повышается гидростатическое давление расплава на ее стенки, что может привести к разрушению формы при ее недостаточной прочности из-за неравномерного уплотнения смеси, нарушению конфигурации полости формы и, как следствие, искажению геометрических размеров отливки и ее массы.

В процессе заливки формы расплавом в результате испарения влаги и сгорания органических и синтетических веществ формовочной смеси увеличивается количество газов и их давление, что влияет на качество отливок и безопасность работы заливщиков. При газовом давлении, превышающем давление расплава, поступающего в форму, пары и газы не успевают выходить через поры и газоотводящие каналы формы и стремятся прорваться из формы через стояк, что вызывает кипение в нем расплава. При этом часть паров и газов остается в расплаве, образуя в отливке пустоты – газовые раковины. Если формовочная смесь содержит повышенное количество влаги, то при заливке это может привести к большому скоплению паров и газов в форме и выбросу из нее расплава. Чтобы устранить чрезмерное скопление газов в форме и снизить их давление, строго следят за содержанием влаги в смеси, не допуская ее чрезмерного переувлажнения. Кроме того, устраивают искусственную вентиляцию формы (наколы, газоотводные каналы), повышают давление заливаемого в форму расплава путем установки на форму литниковых чаш, способных поддерживать достаточно высокий напор заливаемого расплава.

Для получения качественной отливки расплав при заливке в формы должен отвечать установленным требованиям:

- соответствовать химическому составу, заданному для данной отливки;
- иметь заданную температуру перед выпуском из печи;
- иметь необходимую жидкотекучесть;
- не содержать шлак на зеркале металла;
- гарантировать отсутствие отбела при заливке.

С целью обеспечения этих требований на предприятиях осуществляют ряд организационно-технических мероприятий.

**Контроль химического состава** – ведется в цеховой экспресс-лаборатории, где с помощью химического или спектрального анализа стружки из пробы определяется содержание элементов в расплаве.

**Температура расплава** – определяется перед выпуском из плавильной печи с помощью оптических пирометров или термопар погружения. Рекомендуемая температура расплавов перед выпуском представлена в табл. 4.7.

Таблица 4.7

**Температура расплава перед выпуском из плавильной печи**

Материал	Вид литья, толщина стенки, мм	Температура по оптическому пирометру, °С
1	2	3
Серый чугун СЧ-15	Мелкое	1380
	Среднее	1340
	Крупное	1310
Серый чугун СЧ-20 и выше	Мелкое	1400
	Среднее	1370
	Крупное	1340
Высокопрочный чугун		1380–1450
Ковкий чугун		1400–1450
Углеродистая и низколегированная сталь	Мелкое и среднее	1550
	Крупное	1520
Высоколегированная сталь	Мелкое и среднее	1570
	Крупное	1540
Алюминиевое литье	До 10	730–750
	10–20	710–730
	Свыше 20	700–710

1	2	3
Оловянистые и фосфористые бронзы	До 10	1150–1200
	10–20	1100–1150
	Свыше 20	1050–1100
Кремнистая латунь	До 10	1130–1180
	Свыше 10	1080–1130
Алюминиевая бронза	До 10	1150–1250

**Жидкотекучесть расплава** – контролируется по технологическим пробам.

**Очистка расплава от шлака** – производится перед выпуском из плавильной печи по установленной технологии, а из разливочных ковшей – вручную деревянными или металлическими, окрашенными противопригарными красками счищалками. Для лучшего шлакоудаления применяются шлакозадерживающие перегородки в носках ковшей и литейных чашах, сетки-фильтры на литниковых системах литейных форм, шлакоуловители в формах.

**Величина отбела** – контролируется по виду излома клиновой технологической пробы, отлитой в песчаной форме. Для каждой марки чугуна и вида отливки она должна иметь строго установленные пределы.

#### 4.2.2. Контроль готовности литейных форм к заливке

Перед заливкой проверяют готовность литейных форм, контролируя:

- правильность выполнения литейных чаш и воронок, их чистоту;
- правильность установки и крепления на поверхности формы литниковых, прибыльных и выпоровых надставок (чаш);
- наличие и готовность к заливке шлакозадерживающих приспособлений – сеток, пробок, перегородок в чашах;
- наличие и правильность установки жакетов при безопасной формовке;
- правильность и надежность установки форм на тележках конвейера или на заливочном плацу, наличие прохода между формами;
- надежность скрепления частей формы, установки грузов.

#### 4.2.3. Требования к заливке форм

Для получения отливок высокого качества и предотвращения брака литья по вине заливки должны соблюдаться определенные условия:

- температура расплава при заливке в форму;

- продолжительность заливки формы расплавом;
- характер поступления расплава в форму;
- степень наполненности литниковой чаши расплавом;
- высота струи расплава;
- своевременность заливки формы;
- предупреждение попадания в форму шлака и неметаллических включений.

**Температура расплава при заливке в форму** – обуславливается особенностью получаемых отливок: толщиной стенок, габаритами отливок, химическим составом, величиной усадки сплава. В табл. 4.7 приведены данные о рекомендуемой температуре расплава перед выпуском из плавильной печи. При определении температуры расплава при заливке в форму следует учитывать понижение температуры при выдержке в ковше (табл. 4.8).

Таблица 4.8

**Понижение температуры чугуна при выдержке в ковше**

Технологические операции	Вместимость ковша, кг	Понижение температуры, °С
Выпуск из печи или перелив из ковша в ковш	–	20–50
Выдержка в течение 1 мин в ковше	50	20–40
То же	150	15–30
»	300	10–20
»	1000–3000	5–10
»	3000–6000	До 6

**Продолжительность заливки формы расплавом** – существенный параметр, определяющий характер и качество образования отливки в форме. Продолжительность заливки зависит от массы получаемой отливки и вместимости формы (табл. 4.9).

Таблица 4.9

**Продолжительность заливки форм расплавом серого чугуна**

Вместимость формы, кг	Продолжительность заливки, с	Вместимость формы, кг	Продолжительность заливки, с
1	2	3	4
3–5	4–5	250–500	24–28
5–10	4–11	500–1000	28–40

1	2	3	4
10–50	11–18	1000–5000	40–100
50–100	18–20	5000–10000	100–120
100–200	20–24		

**Характер поступления расплава в форму** – оказывает влияние на чистоту расплава и предупреждает загрязнение тела отливки неметаллическими включениями и газами. Обязательное условие – обеспечение непрерывности поступления струи расплава в форму во избежание подсоса воздуха, попадания шлака и других включений и предотвращения брака отливок по газовым и шлаковым раковинам, засорам, срям, недоливу.

**Степень наполненности литниковой чаши расплавом** – в течение всего периода заливки формы добиваются постоянного заполнения чаши расплавом, что способствует равномерному заполнению формы расплавом с одинаковой скоростью, всплыванию шлака и исключению попадания его в стояк и форму.

**Высота струи расплава** – расстояние от верха чаши, воронки до носка ковша – должна быть возможно минимальной, чтобы не вызывать повышенного давления расплава на стенки и полости формы и искажения ее геометрических размеров. Кроме того, большая высота струи ведет к повышенному окислению металла, размыву стенок литевой чаши, воронки, возникновению завихрений в ней расплава и возможному образованию брака отливок по газовым, песчаным и шлаковым раковинам. Рекомендуется подводить носок ковша к литниковой воронке или чаше на 150–300 мм.

**Своевременность заливки формы** – длительная выдержка форм перед заливкой вызывает появление конденсата на рабочих поверхностях формы, стержнях, обсыхание и осыпание смеси в углах и сложных контурах, что приводит к «вскипам» формы, выбросам металла через выпоры и прорывам через плоскости разъема, засорам и неизбежному браку отливок.

**Предупреждение попадания в форму шлака и неметаллических включений** – достигается тщательной очисткой (скачиванием) шлака с поверхности расплава в ковше, применением шлаковых перегородок в ковшах и металлоприемниках, литниковых систем с сетками, зигзагообразными и ступенчатыми шлакоуловителями.

**Контроль правильности заполнения формы** и определения момента окончания заливки производят по характеру вывода газов и паров из формы через выпоры. При заполнении всего объема формы интен-

сивность струи газов уменьшается, расплав выходит из выпоров, что сигнализирует об окончании заливки формы. Некоторое время наблюдают за усадкой расплава в чаше, выпорах и прибылях, особенно в крупных формах, и производят подкачку расплава в литейную чашу, обеспечивая подпитку жидким расплавом массивных частей отливки при затвердевании расплава.

#### 4.2.4. Контроль температуры расплавленного металла

Температуру расплава обычно измеряют оптическими пирометрами и термопарами кратковременного погружения.

**Оптические пирометры** работают по принципу оценки интенсивности излучения нагретых тел. В промышленности применяют три типа оптических пирометров: *фотометрические (яркостные)*, *радиационные* и *цветовые*, основанные на принципе изменения цвета поверхности металла в зависимости от температуры. Наиболее просты и надежны в работе фотометрические пирометры (рис. 4.8), оценивающие температуру светящегося тела путем сравнения яркости излучаемых им лучей света с яркостью излучения нити эталонной лампочки накаливания, находящейся в приборе.

При измерении температуры расплава пирометр направляется объективом 1 на измеряемый предмет, а глаз наблюдателя находится перед окуляром 6, имеющим красное стекло 5 и линзу 4, и дымчатым стеклом 2. В окуляр видно поле, освещенное светом измеряемого предмета; на этом поле видна нить накаливания лампочки 3. Лампочка питается током от батареи 8, сила тока измеряется гальванометром 7, шкала которого отградуирована в градусах измеряемой температуры. Регулируя свечение лампочки реостатом 9, добиваются того, чтобы яркость поля и нити накаливания была одинакова, нить лампочки стала незаметна на поле, тогда стрелка гальванометра покажет температуру тела.

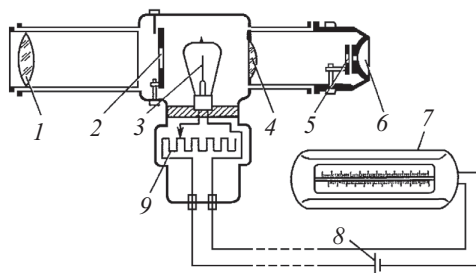


Рис. 4.8. Оптический фотометрический пирометр

**Термопары кратковременного погружения** (термоэлектрические пирометры) (рис. 4.9) применяются для более точного измерения температуры расплавленного металла. Устройство термоэлектрических пирометров основано на обнаружении и измерении гальванометром (милливольтметром) силы электрического тока, возникающего при нагревании концов спая двух проволок из разных металлов или сплавов. Сила тока оказывается тем больше, чем больше разность температур горячего спая и холодных концов проволоки.

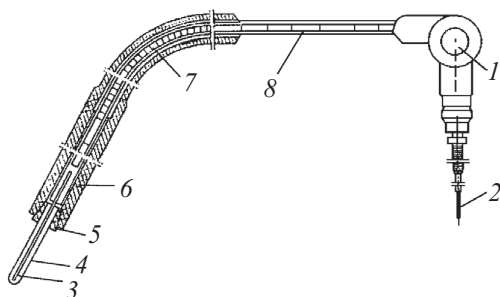


Рис. 4.9. Термопара кратковременного погружения

В головке термопары 1 находятся холодные концы проволок и запас проводов к двум катушкам. Термопара присоединяется к потенциометру с помощью гибких соединительных проводов 2. Рабочий конец термопары 3 находится внутри защитного колпачка 4. Колпачок с помощью промежуточной пробки из огнеупорного материала 5 крепится в графитовом или стальном защитном блоке 6, который служит для предохранения рабочего конца от воздействия высокой температуры при прохождении через слой шлака. Провода термопары помещаются внутри стальной трубы 8 и изолируются двухканальными трубками 7. В качестве измерительных приборов для термопар применяют электронные потенциометры ЭПС-360, БП-6105.

Выпускаются следующие виды термопар для измерения температуры расплавленного металла.

*Платино-платинородиевые термопары* в комплекте с электронными потенциометрами предназначены для измерения температуры расплавов стали и чугуна, выплавляемых в индукционных, электродуговых и мартеновских печах. Пределы измерения температур такими термопарами – 1300–1700 °С.

*Вольфраморениевые термопары* (ТВР-251 и ТВР-299) применяются для измерения температуры в электрических высокотемпературных

печах. Пределы измерения температур составляют 1800–1950 °С. Вольфраморениевые термопары наиболее распространены при измерениях температур расплавленного чугуна в пределах 1400–1800 °С практически во всех металлургических переделах.

#### 4.2.5. Способы заливки форм

В зависимости от метода установки форм под заливку различают основные способы заливки: на полу (плацу) литейного цеха, на рольганге и на конвейере. В зависимости от вида и назначения получаемой отливки применяют заливку в наклонную форму, заливку в автоклаве и автоматическую заливку форм.

**Заливка форм на плацу** применяется для заливки форм крупного и среднего литья и на участках ручной формовки. Для удобства заливки формы устанавливают заливочными чашами (воронками) в одну сторону с оставлением прохода для движения заливщика с ковшом. Мелкие формы можно устанавливать для стопочной заливки, располагая их уступом или поэтажно.

**Заливка форм на рольганге** (рис. 4.10) производится при подаче формы на участок заливки по рольгангу. Заливку осуществляют из монорельсового ковша, который наполняется расплавом из раздаточного барабанного ковша вместимостью 1,5–1,8 т, установленного краном на раздаточный стационарный стенд. Для слива из ковша остатков металла на участке заливки устанавливают изложницы или кокиля для отливки «звездочек» – наполнителей очистных галтовочных барабанов.

**Заливка форм на конвейере** (рис. 4.11) осуществляется со стационарной заливочной площадки. Формы среднего литья заливают из кра-

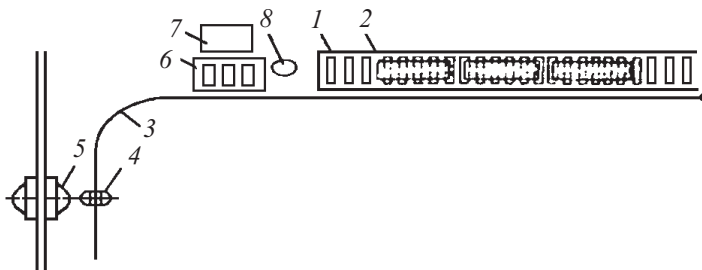


Рис. 4.10. Схема рабочего места при заливке форм на рольганге:

1 – рольганг; 2 – участок заливки формы; 3 – монорельс; 4 – заливочный ковш; 5 – раздаточный ковш; 6 – изложницы для слива остатков металла; 7 – тара для хранения слитков; 8 – противопожарное покрытие



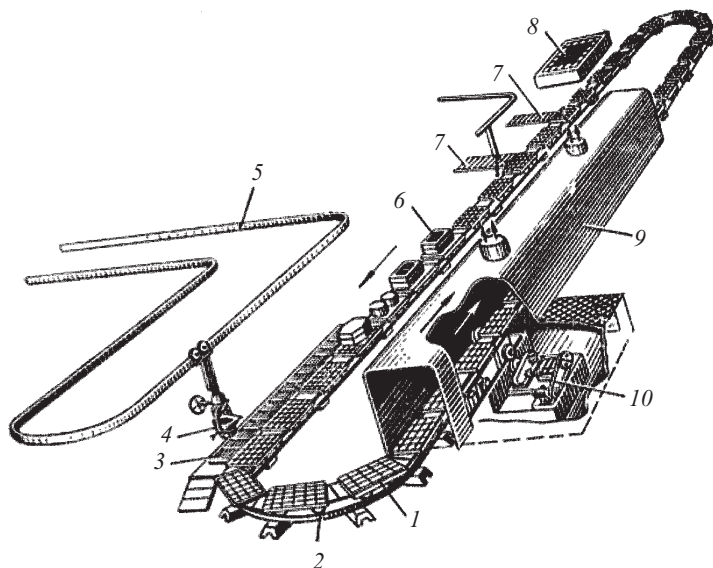


Рис. 4.11. Горизонтально замкнутый литейный конвейер:

1 – тележки; 2 – рельсовый путь; 3 – заливочная площадка; 4 – ковш; 5 – монорельс; 6 – форма; 7 – сборочные рольганги; 8 – выбивная решетка; 9 – охлаждающий кожух; 10 – привод конвейера

новых ковшей. Заливка форм на конвейере автоматических линий производится крановым барабанным ковшом вместимостью 1–3 т, наполняемым расплавом из индукционных печей. При заливке заливочный ковш перемещается по фронту заливки мостовым краном, монорельсом или другими подъемно-транспортными механизмами.

**Заливка в наклонную форму** с последующим изменением ее положения (рис. 4.12) позволяет получать отливки с высокой плотностью, так как в этом случае создаются наиболее благоприятные условия направленного затвердевания расплава.

**Заливка форм в автоклаве** применяется при производстве мелких и средних отливок (массой до 700 кг) из алюминиевых сплавов. В автоклав – специальную камеру, в которой может быть создано повышенное давление воздуха, формы через дверцу вводятся так, чтобы их литниковые чаши оказались под люками автоклава. После заливки форм дверцу и люки немедленно герметически закрывают, подают сжатый воздух и поднимают в автоклаве давление до 4–6 атм. Такое давление поддерживают до полного затвердевания отливок, после чего снижают до атмосферного, дверцы открывают, установленные на те-

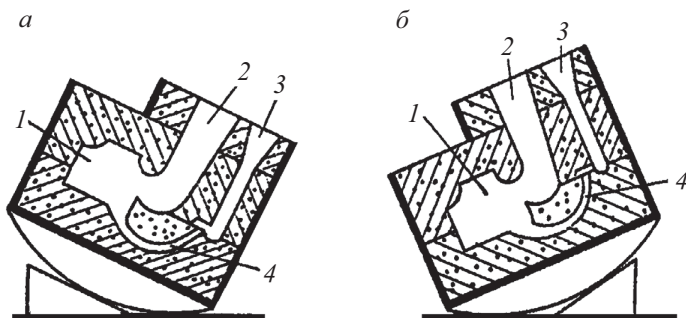


Рис. 4.12. Схема получения отливок при заливке расплава в наклонную форму: а – положение формы во время заливки; б – положение формы после заливки; 1 – отливка; 2 – выпор, приборьль; 3 – стояк; 4 – питатель

лежки формы выкатывают и заменяют новыми. Заливка в автоклаве полностью устраняет брак отливок по газовой пористости, характерной для литья из алюминиевых сплавов.

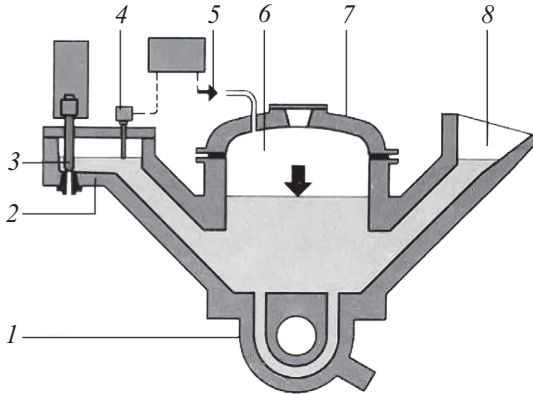
**Автоматическая заливка форм** в литейных цехах с непрерывно работающими формовочными линиями дает существенные преимущества, такие как повышение производительности, снижение затрат на материалы, снижение трудоемкости при заливке, повышение качества отливок, улучшение условий труда. Автоматизированные заливочные системы обеспечивают заливку металла в формы точно в соответствии с техническими требованиями, т.е. нужного качества, в нужном количестве, с заданной скоростью заливки. Автоматические заливочные устройства позволяют:

- содержать и выдавать на заливку расплав постоянной температуры и постоянного химического состава;
- выдавать на заливку металл, свободный от шлаковых включений;
- вводить модификаторы и легирующие добавки в нужное время и в точно заданных количествах;
- обеспечивать стабильность массы отливок;
- производить заливку при непрерывно движущихся формах.

Данные технологические процессы осуществляются через заливочные устройства с индукционным нагревом, которые производят выдачу жидкого металла через стопорную систему непосредственно в форму или дозами в промежуточный заливочный ковш.

Индукционные заливочные устройства успешно эксплуатируются в литейных цехах, в конструкции их применяется стопорный механизм, обеспечивающий точность дозировки расплава.

**Устройство и эксплуатация заливочных устройств.** Заливочное устройство (рис. 4.13) состоит из цилиндрического футерованного резервуара с герметичной крышкой, канального индуктора, стопорного механизма и системы регулирования давления. Подача металла в печь и слив осуществляются через два сифона, идущих от дна ванны.



*Рис. 4.13.* Заливка литейных форм с помощью избыточного давления:  
 1 – каналный индуктор; 2 – заливочная чаша; 3 – стопор; 4 – датчик уровня металла; 5 – нагнетающий компрессор; 6 – нагнетающая камера; 7 – корпус; 8 – заливочная воронка

Металл под давлением газа поступает из индукционно нагреваемой ванны печи в заливочную чашу с выпускным каналом, перекрываемым подвижным стопором. Постоянный уровень расплава в чаше обеспечивается за счет регулирования газового давления на ванну, уровень металла в которой может изменяться. Количество металла, выдаваемого заливочным устройством в единицу времени (скорость заливки), определяется ходом стопора и диаметром выпускного канала. Плавно регулируемый пневматический сервоцилиндр перемещает стопор в позицию, заданную программой. Количество заливаемого металла в форму регулируется специальными датчиками, контролирующими время заливки металла в форму и массу расплава (рис. 4.14, 4.15).

Для установки заливочного устройства на нужную позицию его перемещают по фронту заливки. Слив металла при необходимости осуществляется наклоном ванны с помощью гидравлического механизма.

Как правило, автоматическую заливочную установку размещают над литейным конвейером (рис. 4.16).

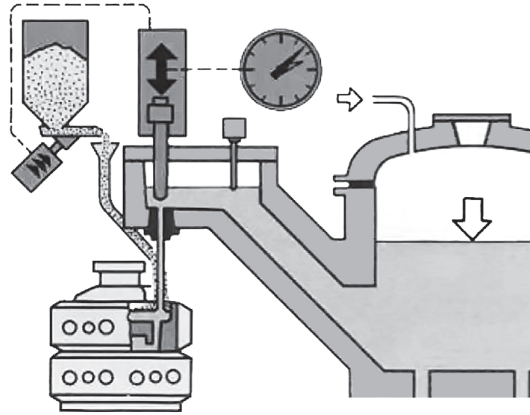


Рис. 4.14. Автоматическая заливка с дозированием металла по времени заливки в форму

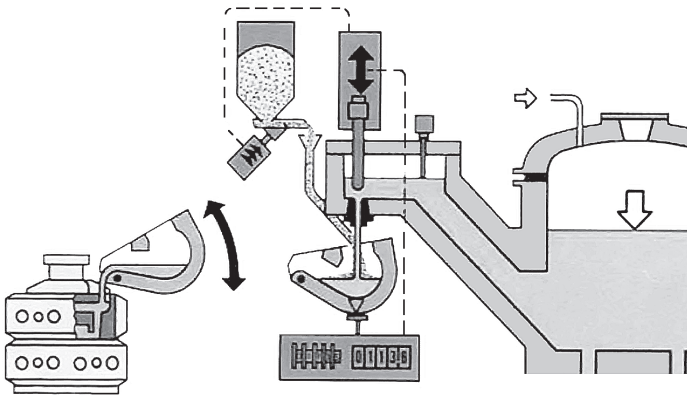
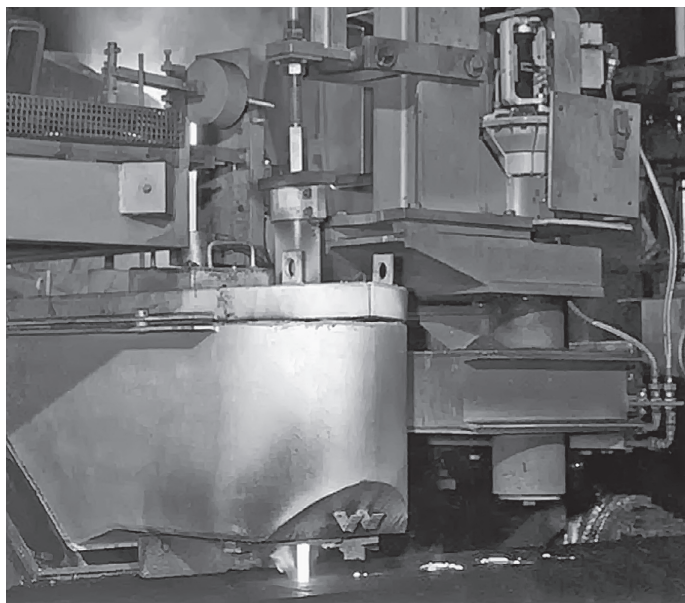


Рис. 4.15. Автоматическая заливка форм с дозированием металла по массе

На линиях безопасной формовки необходимо производить заливку до 400 форм в час, такой темп обеспечивает заливка форм непосредственно из-под стопора заливочной печи. Заливочные ковши в сочетании с заливочным стопорным устройством применяются при большой металлоемкости форм, когда время заливки форм превышает время цикла формовочной линии; при особых условиях модифицирования или легирования чугуна.



*Рис. 4.16.* Автоматическая заливочная установка

### **Требования безопасности при заливке форм**

1. Транспортирование расплавленного металла к местам заливки должно быть механизировано и осуществляться по заранее установленным маршрутам.

2. Сушка и ремонт разливочных ковшей должны производиться на специальных участках и стендах с местной вытяжной вентиляцией.

3. Ремонт и футеровка ковшей должны выполняться после охлаждения их до температуры не выше 45 °С.

4. Заливочная площадка конвейера должна быть оборудована верхним и боковыми отсосами.

5. При ручной переноске расплавленного металла в ковшах и тиглях должны быть устроены проходы шириной 2 м.

6. Масса переносимого вручную металла должна быть не более 15 кг на одного человека.

7. Заливочные ковши должны наполняться металлом не более чем на 88% их внутренней высоты.

8. При перемещении ковшей с расплавленным металлом на тележках должны быть приняты меры, исключающие их опрокидывание.

9. При скачивании шлака и отборе проб ручной инструмент должен быть просушен и окрашен.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Назовите параметры, по которым осуществляется контроль свойств расплавов перед заливкой.
2. Каковы критерии выбора разливочных ковшей?
3. Каковы условия заливки форм?
4. Какие процессы протекают в форме при заливке ее расплавом?
5. Перечислите способы заливки форм.
6. Перечислите особенности заливки форм на конвейере.
7. Как осуществляется заливка литейных форм заливочными устройствами с помощью избыточного давления?
8. Опишите порядок замера температуры расплава оптическим пирометром перед заливкой в форму.
9. Перечислите основные требования безопасности при ремонте ковшей и заливке форм.

## **ГЛАВА 5. КОКИЛЬНОЕ ЛИТЬЕ. ДРУГИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ**

### **5.1. Кокильное литье**

#### ***5.1.1. Особенности кокильного литья***

**Кокилем** называют металлическую литейную форму, в которую заливают расплав из разливочного ковша при атмосферном давлении. Способом литья в кокиля изготавливают различные по назначению отливки из стали, чугуна и цветных сплавов.

Существуют ручные, механизированные кокиля и автоматические кокильные машины. В ручных и механизированных кокилях изготавливают:

- стальные отливки простой конфигурации со стенками толщиной более 6 мм и массой от нескольких килограммов до 15 т;
- ручные отливки простой конфигурации из серого чугуна с отбеленной поверхностью, плотной структурой, повышенной герметичностью;
- отливки из серого чугуна без особых требований к структуре;
- отливки из высокопрочного чугуна с толщиной стенок более 8 мм;

- средней сложности отливки из алюминиевых сплавов массой до 100 кг и толщиной стенок более 4 мм;
- простые и средней сложности отливки из магниевых сплавов массой до 50 кг и толщиной стенок более 5 мм;
- отливки из латуни с толщиной стенок не менее 4 мм и размерами 600 × 700 мм.

Перечисленные отливки можно изготавливать также на кокильных машинах и автоматических кокильных линиях.

Большинство современных кокильных машин используется для производства отливок из чугуна и стали массой до 300 кг и для производства отливок из цветных сплавов массой до 30 кг. Меньшие по массе отливки изготавливают на механических и автоматизированных линиях и в специализированных кокильных комплексах.

Технологические возможности изготовления отливок в кокиля зависят от особенностей конструкции кокиля и литейных свойств используемых сплавов. С увеличением толщины стенок и размеров отливок возрастают трудности их производства.

Изготовление отливок в кокиля по сравнению с литьем в песчано-глинистые разовые формы имеет *ряд преимуществ*:

- повышение размерной точности и уменьшение шероховатости поверхностей отливки, что снижает припуски на механическую обработку или вообще исключает последнюю, так как литая поверхность меньше подвержена износу и коррозии;
- полная и мелкозернистая структура отливок с лучшими механическими свойствами и гидроплотностью;
- многократное использование металлической литейной формы – кокиля;
- увеличение выхода годного за счет уменьшения расхода металла на литниковую систему;
- улучшение условий труда и повышение производительности;
- уменьшение брака отливок;
- создание благоприятных условий для комплексной механизации и автоматизации производства отливок.

Наряду с достоинствами кокильное литье имеет *ряд недостатков*:

- ограниченность по геометрической сложности и массе отливок;
- требования по серийности отливок;
- длительность подготовки производства;
- сложности в изменении параметров процесса;
- неоднородность структуры чугуна, поверхностный отбел на отливках;
- большая трудоемкость изготовления оснастки.

### 5.1.2. Конструкция и материалы кокилей

Кокиля могут иметь небольшие песчаные и металлические стержни и вставки. Большую часть рабочей поверхности кокиля выполняют из металлических сплавов, в качестве которых используют серый (СЧ-15, СЧ-20, СЧ-30) и высокопрочный (ВЧ-45, ВЧ-50) чугун, конструкционные низкоуглеродистые (15л–25л) и углеродистые (10, 20, ст3) стали (табл. 5.1). Применяют также медные и алюминиевые сплавы (АЛ-2, АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11).

Таблица 5.1

Материалы для изготовления кокилей

Отливки		Материал кокиля	Стойкость кокиля (число заливок до выхода кокиля из строя)
Сплав	Масса		
Алюминиевый Магниевый Цинковый	Мелкие Средние Крупные	Чугун СЧ-20	Сотни тысяч Десятки тысяч Несколько тысяч
Медный	Мелкие, средние	Чугун СЧ-20, СЧ-25 Сталь 15л	1000–10 000 1000–8000
	Мелкие, средние	Сталь 15л, 20л	500–1500 500–1000
Серый чугун	Мелкие Средние Крупные	Чугун СЧ-20	1000–8000 500–3000 200–1000
	Мелкие Средние	Латунь	3000–10 000 1000–8000
	Крупные	Сталь 15л, 20л	400–1000
Сталь	Мелкие	Чугун СЧ-20	400–600
	Средние		100–300
	Крупные		50–100
	Очень крупные		10–50

Многokrатно используемые стержни и вставки кокилей, испытывающие при работе большие тепловые нагрузки, изготавливают из легированных сталей (30ХГС, 35ХГСА, 4ХМФС), а выталкиватели – из инструментальных сталей (У8А, У10А), обладающих большей твердостью и стойкостью при частых теплосменах. Для увеличения срока службы (стойкости) кокилей их поверхность покрывают тонкослойными покрытиями (табл. 5.2).



**Классификация кокилей с тонкослойным покрытием**

Признак классификации	Разновидность кокилей
Отношение глубины рабочего гнезда к габаритному размеру и поверхности разъема	Плоские Цилиндрические
Расположение в пространстве поверхности разъема	Неразъемные вытряхные С горизонтальной плоскостью разъема С вертикальной плоскостью разъема С комбинированной поверхностью разъема Стопочный
Число рабочих гнезд	Одноместные Многომестные
Конструктивное исполнение рабочих стенок	Цельные Составные
Способ охлаждения	С воздушным естественным и искусственным охлаждением С жидкостным охлаждением С комбинированным охлаждением

Заготовки кокилей, их сложные вставки изготавливают литьем, а рабочие посадочные поверхности и отверстия доводят до необходимых параметров, требуемой точности и шероховатости поверхности механической обработкой. Поэтому к материалу кокилей предъявляют повышенные требования, связанные с литейными свойствами (высокая жидкотекучесть, минимальная усадка, устойчивость к трещинообразованию) и обрабатываемостью резанием.

Внутреннюю рабочую поверхность кокиля выполняют по размерам отливки с плюсовой поправкой на линейную усадку и минусовой поправкой на расширение материала кокиля при его нагреве и толщину слоя противопригарного и теплоизоляционного покрытия. Подобным образом определяют размеры частей вставок, вкладышей и стержней.

По конструктивному исполнению кокиля должны быть технологичными, иметь минимально необходимое число разъемов и используемых стержней, состоять из унифицированных или стандартных сборочных единиц и деталей.

*Конструкция кокиля должна обеспечивать:*

- получение одной или нескольких отливок с заданными размерами и высоким качеством поверхности;
- быстрое и полное удаление газов из рабочей полости кокиля через вентиляционные каналы, подвижные соединения, разъемы, выпоры, прибыли;

- удобную замену вышедших из строя частей и деталей;
- высокую стойкость и максимальное число заливок для данной конструкции и материала кокиля.

Различают следующие конструктивные разновидности кокилей (рис. 5.1):

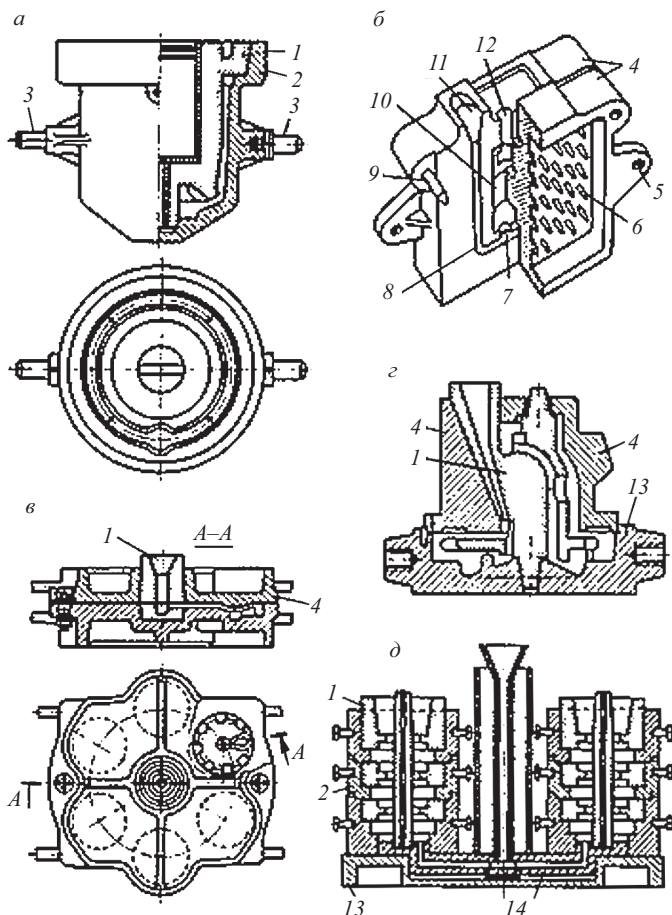


Рис. 5.1. Разновидности кокилей:

*a* – неразъемный вытряхной; *б* – с вертикальной плоскостью разреза; *в* – с горизонтальной плоскостью разреза; *г* – с комбинированной плоскостью разреза; *1* – стержень; *2* – кокиль; *3* – поворотные цапфы; *4* – половины кокиля; *5* – ушки для крепления части кокиля к плите машины; *6* – охлаждающие кокиль пальцы; *7* – питатель; *8* – литниковый канал; *9* – штырь; *10* – полость кокиля; *11* – воронка; *12* – выпор; *13* – поддон; *14* – песчаная засыпка

- неразъемный вытряхной;
- с вертикальной плоскостью разреза;
- с горизонтальной плоскостью разреза;
- с комбинированной плоскостью разреза;
- стопочный.

Разъемные кокиля по конструктивному исполнению подразделяются на кокиля с одним горизонтальным разрезом, с одним вертикальным разрезом, с тремя горизонтальными разрезами, с криволинейным разрезом, комбинированные и др. (рис. 5.2–5.6).

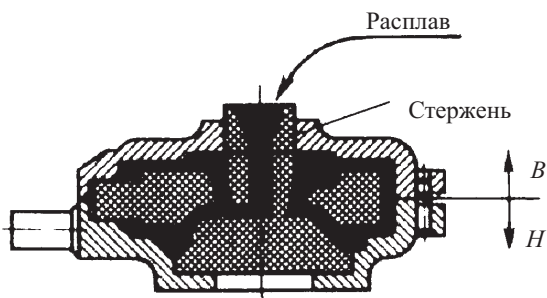


Рис. 5.2. Кокиль с одним горизонтальным разрезом для производства отливок небольшой высоты из любых сплавов (литниковая система отсутствует или выполняется в песчаном стержне)

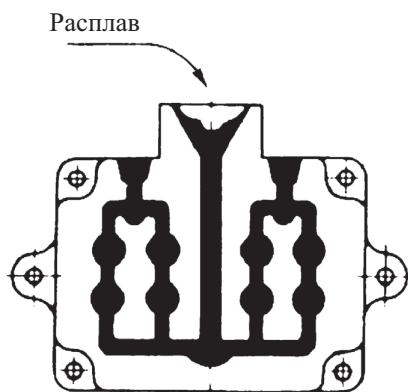


Рис. 5.3. Кокиль с одним вертикальным разрезом для производства отливок из любых сплавов на машинах и ручных кокильных станках (литниковая система выполняется в стенках кокиля по разрезу или в песчаном стержне)

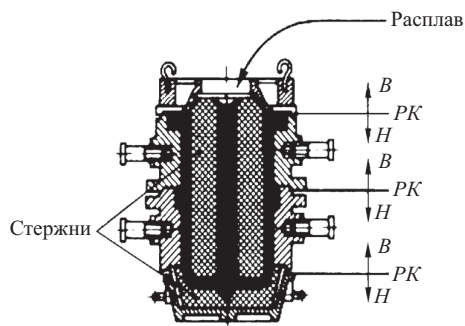


Рис. 5.4. Кокиль с тремя горизонтальными разрезами для производства сложных высоких отливок (литниковая система выполняется в песчаном стержне)

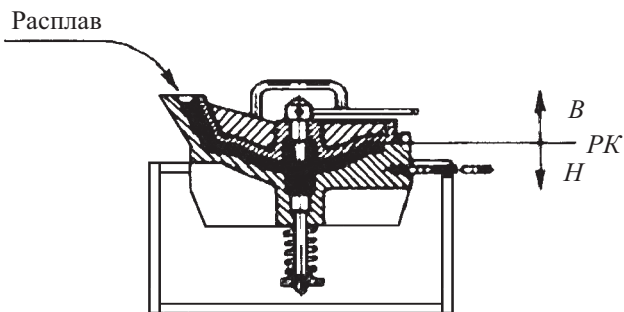


Рис. 5.5. Кокиль с криволинейным разрезом для производства сложных отливок из легких сплавов (литниковая система выполняется по разрезу в стенках кокиля)

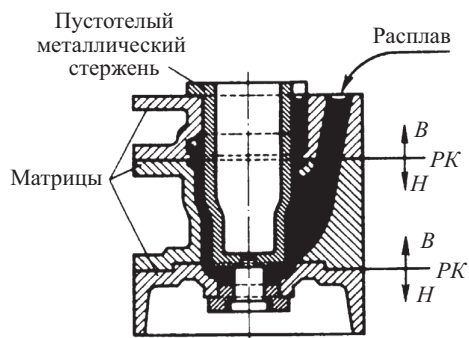


Рис. 5.6. Комбинированный кокиль для производства сложных отливок из цветных сплавов (собирают кокиль из нескольких частей; литниковая система выполняется по разрезу в стенках кокиля)

## *Контрольные вопросы и задания*

1. Перечислите основные достоинства кокильного литья.
2. Какие материалы используются для изготовления кокилей?
3. Каковы пределы стойкости кокилей для отливок из медных сплавов?
4. Перечислите признаки и разновидность классификации кокилей с тонкослойным покрытием.
5. Для производства каких отливок применяют кокиля с одним вертикальным разъемом?

## **5.2. Конструктивные и технологические элементы кокилей**

### *5.2.1. Литниковая система*

Для заливки расплава в песчаные и металлические формы чаще всего используют литниковую систему. Если точность получаемой верхней части отливки не регламентирована или в этой части предусмотрена механическая обработка для снятия большого припуска, применяют открытую заливку расплава в кокиль без литниковой системы. Кокильная литниковая система может быть горизонтальной и вертикальной (рис. 5.7).

В *горизонтальной литниковой системе* питатели расположены в горизонтальной плоскости разъема кокиля. Ее применяют для изготовления отливок в неразъемных кокилях.

В *вертикальной литниковой системе* питатели размещены в вертикальной плоскости разъема кокиля. Ее чаще используют в кокилях с вертикальным разъемом для получения отливок из различных сплавов. Вертикальную литниковую систему для подачи расплава сверху называют верхней, при подаче расплава несколькими рассредоточенными питателями – дождевой (ее применяют для уменьшения термодинамического воздействия струи заливаемого расплава на дно и стержни, расположенные внутри полости кокиля).

Вертикальную или горизонтальную литниковую систему, по которой производят подачу расплава в полость кокиля снизу, называют сифонной (ее используют, если необходимо обеспечить плавное и спокойное заполнение расплавом полости кокиля снизу).

*Ярусные литниковые системы* применяют при изготовлении крупных и массивных отливок. Конструкции таких литниковых систем обеспечивают поочередную работу сначала нижних, а затем верхних питателей.

*Комбинированные литниковые системы* предназначены для высоких тонкостенных отливок и представляют собой сочетание, как правило, сифонной и дождевой литниковых систем. В начале заливки форма заполняется через сифонную литниковую систему, а затем через

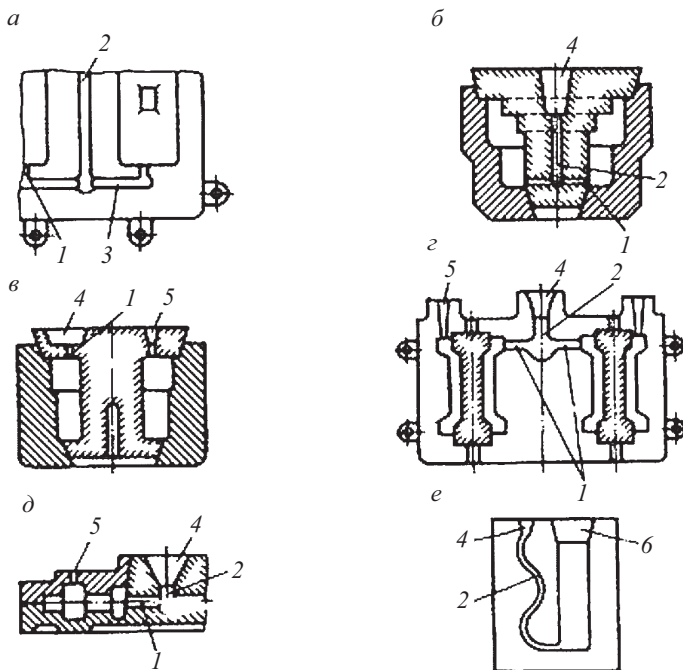


Рис. 5.7. Литниковые системы кокиля:

*a* – вертикальная сифонная в стенках кокиля; *б* – горизонтальная сифонная в центральном песчаном стержне; *в, г* – вертикальная с верхним подводом расплава; *д* – горизонтальная с подводом расплава по разьему кокиля; *е* – горизонтальная сифонная с изогнутым стояком; 1 – питатель; 2 – стояк; 3 – литниковый ход; 4 – воронка; 5 – выпор; 6 – прибыль

дождевую. Благодаря такому заполнению форма не разрушается и не образуются «корольки», характерные для дождевой системы.

### 5.2.2. Система вентиляции кокилей

В процессе заливки расплава в кокиль воздух, находящийся в его полости, быстро нагревается и многократно увеличивается в объеме. Одновременно в результате контакта защитного покрытия и стержня с расплавом выделяются газы, создающие вместе с находящимся в кокиле воздухом избыточное давление, которое замедляет скорость заливки кокиля и может быть причиной брака отливок по недоливам, газовой пористости и раковинам. В отличие от песчаных разовых форм кокиль газонепроницаем, газ из его полости можно удалить только через встроенные вентиляционные каналы, соединяющие полость фор-

мы с атмосферой. Эти каналы выполняют по разьему, в знаковых частях, между подвижными соединениями и в стенках кокиля, располагая их в верхней полости кокиля (рис. 5.8).

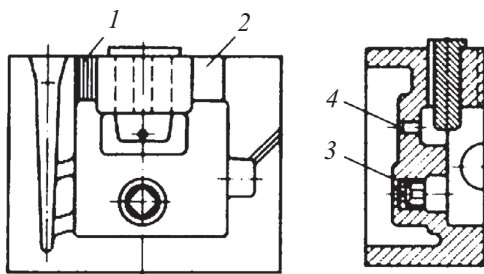


Рис. 5.8. Система вентиляции кокиля:

1 – риски-насечки; 2 – щель; 3 – опорная пробка; 4 – сквозная пробка

### 5.2.3. Система подогрева кокилей

От температуры кокиля перед заливкой зависят качество получаемой отливки, стойкость стенок, вкладышей, стержней, безопасность работников. На холодных стенках кокиля, особенно на защитных покрытиях из краски и облицовки, в щелях по разьему конденсируется влага. При заливке такого кокиля в результате контакта расплава с влагой может произойти выброс расплава и даже разрушение кокиля. Поэтому кокиль, в котором есть конденсат, должен быть прогрет до 100–120 °С. Такой нагрев достаточен для испарения влаги, но не обеспечивает получения качественных отливок. Холодный кокиль быстро отводит теплоту заливаемого расплава, в результате чего рабочая полость кокиля заполняется расплавом не полностью и на отливках образуются неспай, трещины, раковины, поверхностный или сквозной отбел. Холодный кокиль испытывает максимальный по силе термический удар, вызванный разницей температур системы кокиль – жидкий металл и ускоряющий разрушение кокиля.

Для предотвращения недоливов, неспав, отбела чугуна производят подогрев кокилей до 120–500 °С в зависимости от вида заливаемого сплава, массивности и сложности отливки, толщины ее стенки, материала кокиля и толщины теплоизоляционного покрытия.

Подогревают кокиля теплотой остывающих отливок, с помощью газовых горелок, переносных или стационарных нагревательных устройств, а также электроподогревом.

#### 5.2.4. Система охлаждения кокилей

Охлаждение кокиля может быть естественным – в воздушной среде производственного помещения. Однако скорость естественного охлаждения кокиля зачастую оказывается недостаточной. С целью увеличения скорости затвердевания и охлаждения отливки используют искусственное охлаждение. Для незначительного уменьшения температуры (например, тонкостенных отливок) применяют сжатый воздух, для интенсивного охлаждения – воду, эмульсию, масло, для местного охлаждения – водные краски.

**Искусственное охлаждение** может проводиться:

- по всей рабочей поверхности кокиля;
- местно, с рабочей стороны кокиля;
- по всей наружной поверхности кокиля;
- по всем поверхностям кокиля.

В зависимости от необходимого теплоотвода охлаждение может осуществляться в течение всего процесса литья, после выбивки отливки и во время нахождения отливки в кокиле.

Скорость **естественного охлаждения** (рис. 5.9, а, б) увеличивается с уменьшением толщины стенки кокиля и увеличением его наружной поверхности. Для увеличения наружной поверхности применяют цилиндрические штыри-выступы 2, медные вставки – холодильники, впрессованные в стенку кокиля. Массивная часть хвостовика 3 является частью рабочей поверхности кокиля, а ребристая его часть 4 выступает наружу.

Различают несколько способов искусственного охлаждения.

**Воздушное искусственное охлаждение** (рис. 5.9, в, г, д) кокиля ведут через полость 5 на наружной стенке со штырями или ребрами в перегородке 6 кокиля. Через мелкие отверстия в трубе 8 обдувают выступающую за пределы кокиля ребристую часть 7 стержня. Для охлаждения пустотелых металлических стержней 9 внутрь их помещают трубки 10 с отверстиями для прохождения через них сжатого воздуха.

**Искусственное охлаждение жидкостями** (рис. 5.9, е, ж) производят через систему латунных трубок 11 в стенках кокиля и через камеру 12 с отверстиями 13 и 14 подачи воды.

**Охлаждение водным орошением** (рис. 5.9, з) применяют для кокилей с равной толщиной стенок и жесткой конструкцией. Вода под давлением подается трубой 15, вытекает из отверстий в ее стенках и отводит теплоту от наружной поверхности стенки кокиля.

В вытряхных кокилях используют воздушно-водяное охлаждение стенок с помощью трубчатого змеевика (рис. 5.10, а), кольцевого кол-



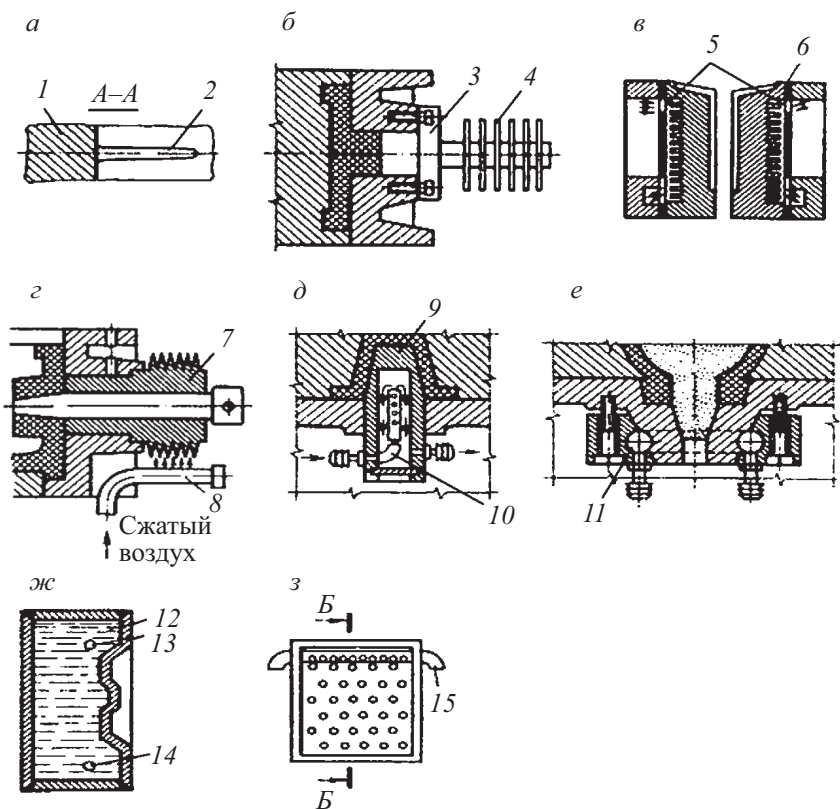


Рис. 5.9. Системы охлаждения кокшей с вертикальной плоскостью разреза:

*а, б* – естественное охлаждение; *в, г, д* – искусственное воздушное охлаждение; *е, ж, з* – искусственное водяное охлаждение; 1 – поверхность кокшия; 2 – штыри-выступы; 3 – хвостовик; 4 – ребристая часть хвостовика; 5 – полость; 6 – перегородка; 7 – ребристая часть стержня; 8 – труба; 9 – пустотелый стержень; 10 – труба с отверстиями в стенке; 11 – латунная труба; 12 – полость с водой; 13, 14 – отверстия для подачи и отвода воды; 15 – труба с отверстиями для подачи воды и ее разбрызгивания

лктора (рис. 5.10, б) с отверстиями на внутренней стороне. В обоих случаях холодная вода омывает стенки кокшия, отнимает от него теплоту и стекает вниз. Неразъемные кокшия охлаждают воздушно-водяной смесью с использованием трубчатых секторов и форсунок (рис. 5.10, в, г).

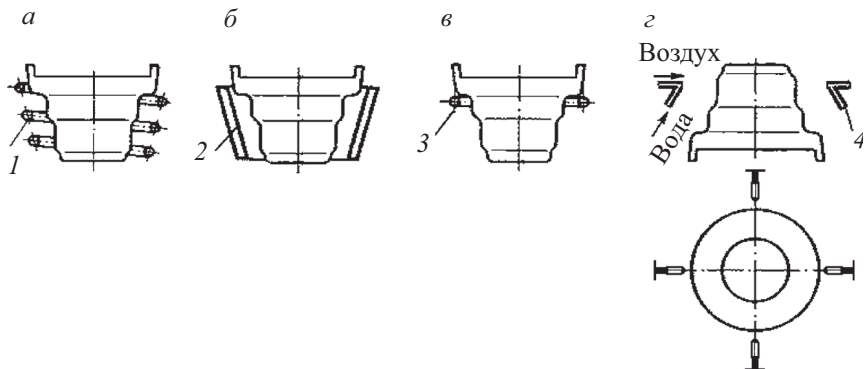


Рис. 5.10. Системы искусственного охлаждения вытряхных кокилей:  
*а* – охлаждение трубчатым змеевиком *1*; *б* – охлаждение кольцевым коллектором *2*; *в* – охлаждение кокиля разбрызгиванием воды через трубчатый сектор *3* с отверстиями в стенках; *г* – охлаждение кокиля воздушно-водяной смесью через форсунки *4*

### 5.2.5. Механизмы запирания кокиля, вспомогательные конструктивные элементы кокиля

В ходе заливки кокиль должен выдерживать динамический и статический напор, гидравлический удар, возникающий в момент его полного заполнения. Гидравлический удар по своей силе многократно превышает динамический напор расплава на стенки кокиля, может раздвинуть стенки разъемного кокиля, сместить или разрушить установленный в кокиле песчаный стержень.

Для удержания частей кокиля и стержней в рабочем положении применяют **запорные устройства**. Крепление частей ручных кокилей производят скобами, которые плотно надвигаются на клиновые скрепляемые части разъемного кокиля (рис. 5.11, *а*), фрикционными накладными рукоятками (рис. 5.11, *б, в*), эксцентриковыми винтовыми запорными устройствами (рис. 5.11, *г*). Для кокилей, работающих в составе машин и автоматов, используют запорные механизмы с электро-механическим и гидравлическим приводом.

К вспомогательным конструктивным элементам кокиля относятся ребра жесткости, охлаждающие штыри, направляющие, ручки, рукоятки, колонки, вталкиватели, приспособления для выталкивания из кокиля отливок и стержней, фиксаторы, направляющие штыри, пробки, рым-болты.

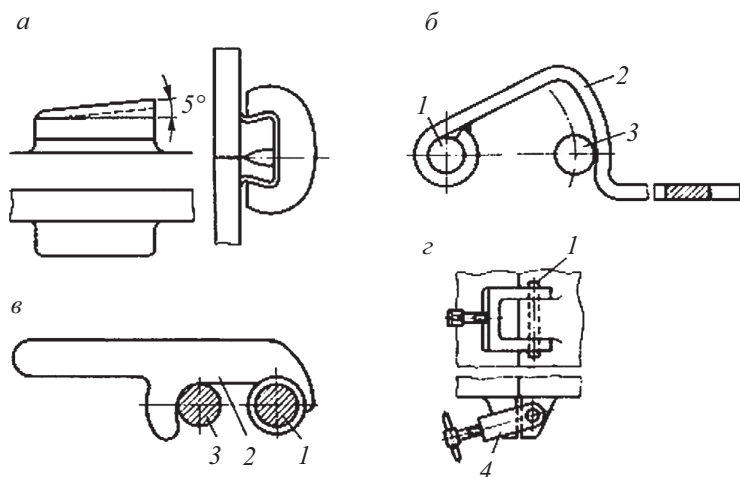


Рис. 5.11. Запорные устройства для скрепления частей кокиля:

*а* – скобами; *б, в* – фрикционными накладными рукоятками; *г* – эксцентриковым винтом; 1, 3 – оси поворота и упора; 2 – рукоятка; 4 – накладная скоба с винтом

### 5.2.6. Повреждения, ремонт и хранение кокилей

Кокиля в процессе эксплуатации подвергаются тепловым, механическим и химическим воздействиям. Стойкость кокиля зависит от материала, из которого он изготовлен, вида сплава отливки и ее массы, габаритных размеров и толщины стенки отливки, конструкции литниковой системы, наличия и качества теплоизоляционного покрытия. К основным видам разрушений относят сетку разгара, трещины, размыв рабочей поверхности и приваривание к ней сплава, коробление и механические повреждения.

**Ремонт, профилактика кокиля.** Правильная эксплуатация и качественный своевременный ремонт увеличивают стойкость кокиля и являются гарантией качественного изготовления отливок. Перед работой кокиль должен быть проверен и подготовлен к заливке в соответствии с технологической инструкцией.

**Мелкие неисправности кокиля** – риски, забоины, заусеницы, засорение вент, гнезд выталкивателя, привар сплава к рабочим стенкам – исправляет кокильщик-сборщик.

**Текущий ремонт кокиля** включает замену одной или нескольких вент, устранение мелких трещин, коробления, повреждения толкателей, металлических стержней. Трещины на рабочей поверхности раз-

дельяют, заваривают, зачищают. Выправляют коробление половинок кокиля, добиваются их полного и плотного смыкания при закрытии. Исправляют геометрию металлических стержней, выталкивателей, заменяют и прочищают каналы вент.

**Капитальный ремонт кокиля** ведут при обнаружении крупных сквозных трещин, больших короблений, выхода из строя нескольких деталей. В этом случае заваривают трещины, заделывают места ремонта и производят термообработку для снятия внутренних напряжений.

Термообработку кокилей проводят периодически, с целью уменьшения коробления и вероятности образования трещин. Так, мелкие кокиля из стали 15л подвергаются термообработке через каждые 2500–3500 заливок по режиму нагрева до 550–600 °С, с выдержкой 4 ч, при медленном охлаждении вместе с печью до 350 °С и далее на воздухе.

После капитального, а иногда и текущего ремонта проверяют основные размеры рабочей полости кокиля, производят контрольные заливки. Полученные отливки контролируют по всем параметрам на разметочной плите, в случае необходимости осуществляют доводку.

Перед отправкой кокиля на хранение его очищают от теплоизоляционного покрытия, прочищают отверстия в вентах, рабочие поверхности смазывают для исключения коррозии.

### **5.2.7. Металлические многоразовые и разовые стержни**

В практике литья в многоразовые литейные формы – кокиля – широко используются металлические многоразовые стержни, с помощью которых в отливках выполняют прямолинейные или фигурные полости. Такие стержни применяют в механизированных и автоматизированных кокильных машинах и комплексах.

Стержни находятся в тяжелых температурных условиях, поэтому изготавливают их из термостойких материалов (сталь 45л, У8А, 6ХНМ, ХВС) и высокопрочного чугуна.

Вместо металлических стержней могут использоваться вкладыши из стали и чугуна. Вкладыши предназначены для выполнения в отливках различных выступов и поднутрений без дополнительного разъема кокиля (рис. 5.12, а). Устанавливают их в наиболее интенсивно разрушающихся частях кокиля (рис. 5.12, б) – в знаках или гнездах – и после заливки расплава удаляют вместе с затвердевшей и охладившейся отливкой, затем отделяют от отливки вручную для повторного использования.

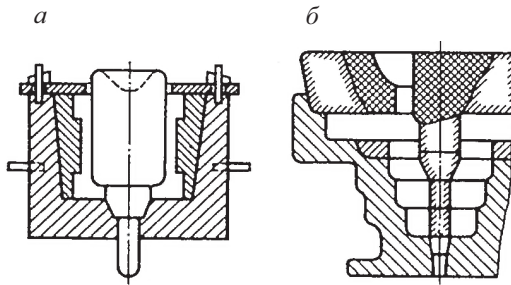


Рис. 5.12. Металлические вкладыши:

*a* – для выполнения выступов на отливке; *б* – для уменьшения разгара рабочих поверхностей кокиля

Металлические стержни, выполняющие в отливках отверстия или полости простых очертаний, изготавливают цельными (рис. 5.13, *a*) и извлекают из отливки сразу после затвердевания расплава, когда вероятность нарушения целостности отливки и возникновения трещин наименьшая.

Металлические стержни, выполняющие в отливках внутренние полости сложных очертаний, изготавливают составными (рис. 5.13, *б*). При выемке отливки 2 предварительно подготавливают центральной клин 4, затем удаляют из полости отливки боковые части 3 и 5 металлического стержня.

При извлечении стержня отливка должна иметь опору, так как в противном случае стержень увлечет ее за собой. В зависимости от конфигурации полости в отливке, размещения отливки в кокиле

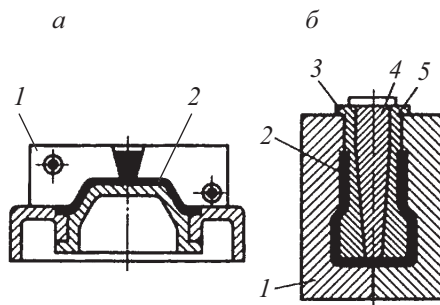


Рис. 5.13. Металлические стержни:

*a* – для отливок простых очертаний; *б* – для отливок сложных очертаний; 1 – половинка кокиля; 2 – отливка; 3, 5 – боковые части стержня; 4 – центральный клин

и числа металлических стержней их удаляют параллельно направлению смыкания и размыкания кокиля (рис. 5.14, а, б) или под разными к нему углами (рис. 5.14, в, г).

Удаление стержня и размыкание кокиля проводят в следующей последовательности: сначала из отливки извлекают стержень, затем через определенное время размыкают кокиль.

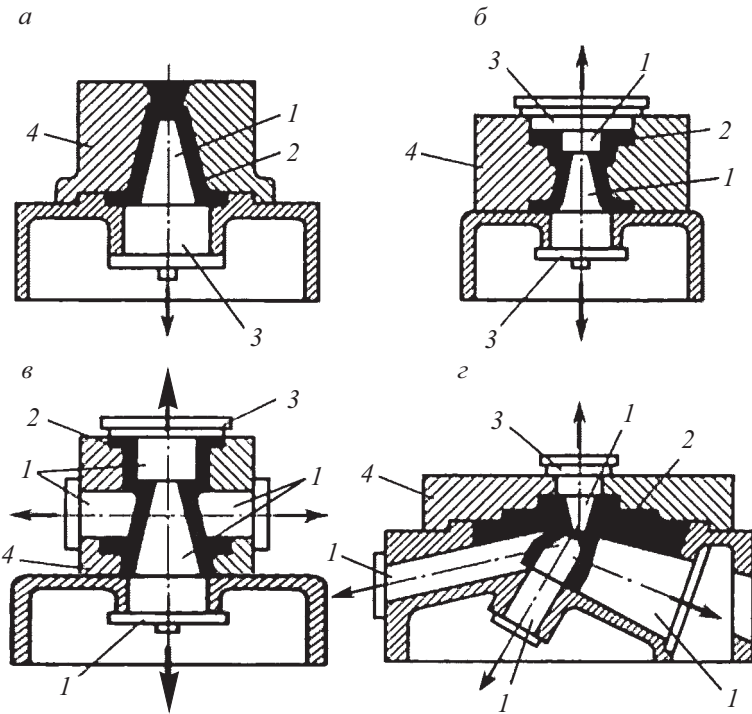


Рис. 5.14. Способы извлечения металлических стержней из полости отливки: а, б – параллельно размыканию кокиля; в, г – под разными углами к направлению размыкания кокиля; 1 – металлический стержень; 2 – отливка; 3 – хвостовик стержня; 4 – половинка или целый кокиль

Продолжительность выдержки металлического стержня в кокиле должна быть минимальной, но достаточной для формирования и упрочнения контактирующих с ним поверхностей.

Телескопическое соединение двух стержней (рис. 5.15, а) играет роль приспособления, облегчающего удаление металлических стержней из отливок. Внутренний стержень 1 извлекают первым, он захва-

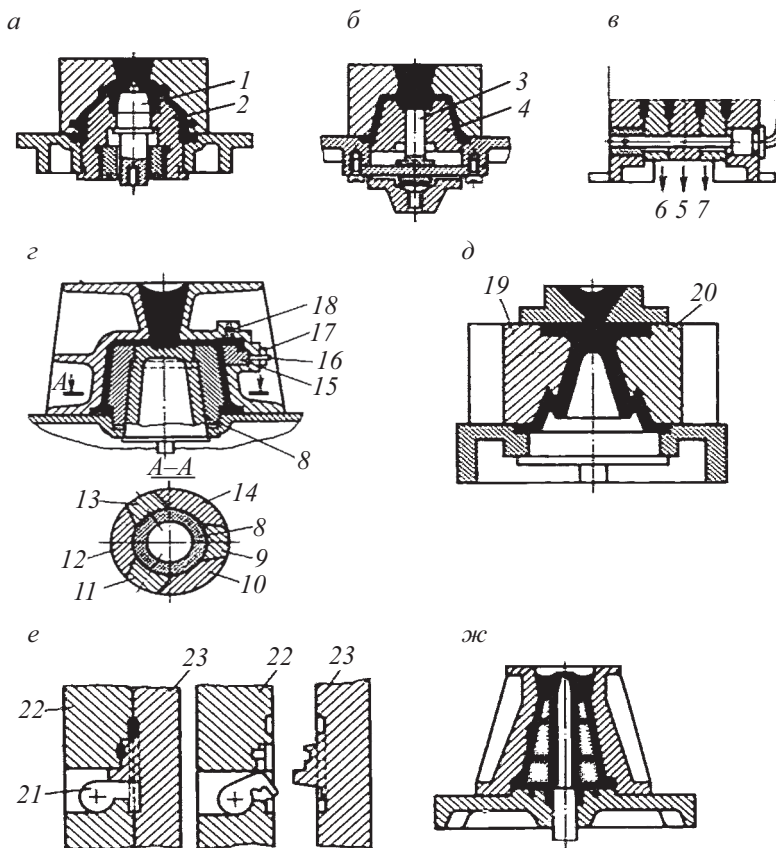


Рис. 5.15. Приспособления (а – ж) для удаления стержней

тывает наружный стержень 2, их дальнейшие движения происходят синхронно и совместно, чем исключается отрыв центральной части отливки от ее другой части.

Используют также неподвижный упор 3 (рис. 5.15, б), который поддерживает массивную часть отливки, в то время как стержень 4 опускается. Применение данного приспособления исключает возможную деформацию отливки. Если металлическим стержнем формируют внутреннюю полость ребер, то применяют составные стержни, позволяющие исключить повреждение отливки при извлечении стержня. Эксцентрическое приспособление (рис. 5.15, в) дает возможность вначале опускать центровую 5, а затем боковые 6 и 7 части стержня.

Стержни с различными специальными приспособлениями применяют для отливок со сложной конфигурацией внутренней полости. Сложные внутренние полости отливок получают с помощью составных металлических стержней (рис. 5.15, *з*) из восьми внутренних 8–14 и четырех боковых 15–18 частей. Для производства отливок с внешними глубокими поднутрениями (рис. 5.15, *д*) используют выдвижные стержни 19 и 20. После затвердевания расплава эти стержни перемещают в пазу плиты для освобождения фланцев отливки, что обеспечивает ее спокойную усадку по высоте.

Для изготовления мелких отливок (рис. 5.15, *е*) применяют кокиля с поворотным металлическим стержнем 21, входящим в полость частей 22 и 23 кокиля. Слева – положение кокиля при заливке в него расплава, справа – кокиль разомкнут, а стержень извлечен.

Для получения отливок со сложными внутренними полостями используют также комбинированные стержни, состоящие из разовых песчаных и металлических частей. Сложные полости образуют разовыми песчаными, более простые – металлическими стержнями (рис. 5.15, *ж*).

### **5.2.8. Устройства для извлечения металлических стержней**

Извлечение металлических стержней в мелких ручных кокилях производят вручную, на машинах и автоматах – с использованием различных механических устройств.

Стержни из ручных кокилей извлекают с помощью ломика, эксцентриковых приспособлений и скоб, простых клиновых устройств, рычажно-шарнирных приспособлений, воротка, реечных механизмов, винтовых приспособлений.

*Ломиком* (рис. 5.16, *а*) удаляют небольшие металлические стержни.

*Эксцентриковые приспособления* (рис. 5.16, *б*) применяют для извлечения нижних и боковых стержней. Эксцентрик устанавливают, совмещая середину его пальца 2 с центром приложения сил, необходимых для удаления стержня 1. Поворотом рукоятки 4 и цилиндрической части 3 перемещают палец по овальной прорези стержня и таким образом опускают его вниз на 10–14 мм.

*Эксцентриковые скобы* (рис. 5.16, *в*) используют для извлечения верхних и боковых металлических стержней с перемещением по длине не более чем на 10–12 мм в момент отрыва. Этот способ применяют, если удалить стержень эксцентриком невозможно.

*Простыми клиновыми устройствами* (рис. 5.16, *г*) извлекают стержни большой длины и малого диаметра. В этом случае клин 7 за-



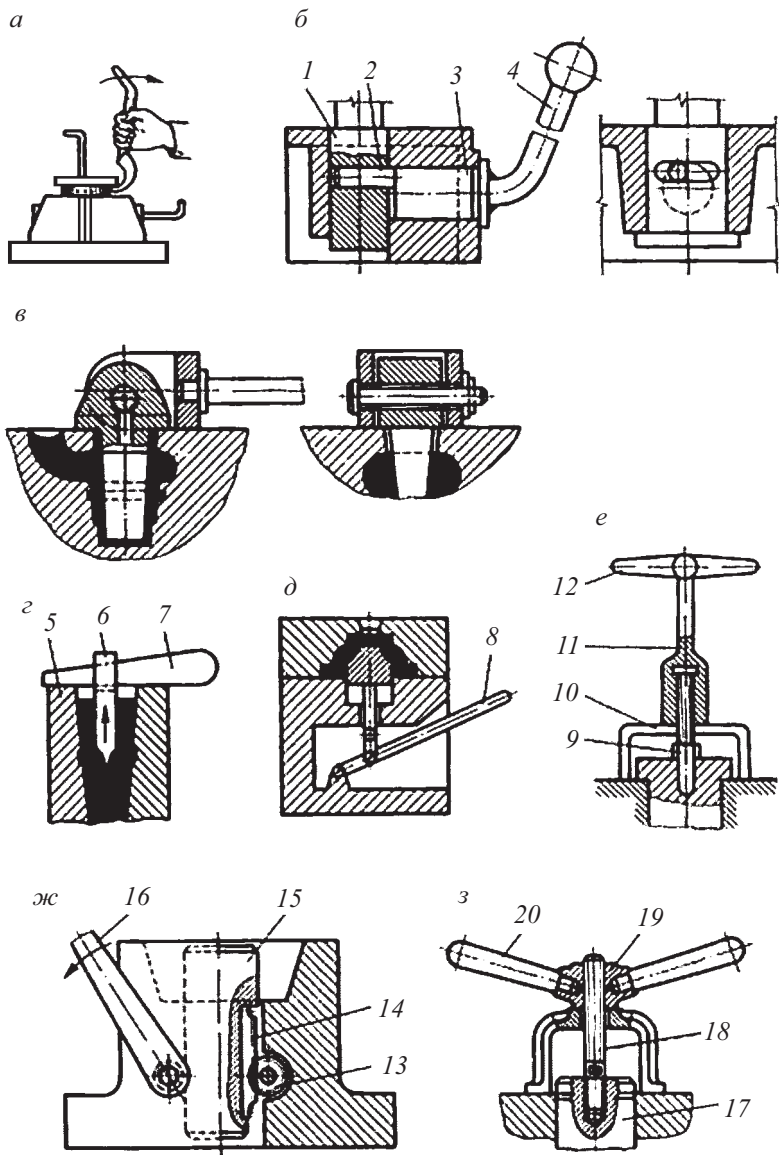


Рис. 5.16. Ручные приспособления и механизмы (а – з) для извлечения металлических стержней

бывают в паз стержня 6 молотком. Недостатком такого устройства является быстрый износ полостей клина, паза стержня и кокиля 5 в местах их контакта с клином.

**Рычажно-шарнирное приспособление 8** (рис. 5.16, д) позволяет извлекать из отливки металлический стержень.

**Вороток** (рис. 5.16, е) применяют для удаления металлических стержней с приложением больших усилий в момент отрыва. Тяга 9 воротка неподвижно укреплена в центре головки металлического стержня, на другом ее конце имеется трапецеидальная резьба, по которой перемещается вороток 11, упирающийся в скобу 10, свободно стоящую на корпусе кокиля. Вращающая рукоятка 12 приводит в движение тягу, которая поднимается вверх и увлекает за собой металлический стержень.

В **реечных механизмах** (рис. 5.16, жс) стержень извлекают вращением зубчатого колеса 13, которое перемещает в вертикальном направлении зубчатую рейку 14, имеющуюся на хвостике стержня 15. Рычаг 16 фиксирует стержень в рабочем положении.

**Винтовыми приспособлениями** (рис. 5.16, з) стержень 17 извлекают вывинчиванием из корпуса хвостовика 18 винтовой гайкой 19, соединенной со штурвалом 20.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Какую литниковую систему для подачи расплава называют верхней?
2. Назовите особенности вентиляции кокилей.
3. Какова цель проведения подогрева и нанесения теплоизолирующего покрытия кокилей?
4. Какими требованиями регламентируется подогрев кокиля перед работой?
5. Охарактеризуйте систему охлаждения кокилей.
6. Перечислите основные требования, предъявляемые к механизмам заправки кокилей.
7. Опишите особенности и условия применения металлических стержней и вкладышей.
8. Перечислите устройства для извлечения металлических стержней.

## **5.3. Технология изготовления отливок в кокиля**

### **5.3.1. Подготовка кокиля к работе**

До начала эксплуатации проверяют комплектность и исправность всех частей кокиля, наличие разовых стержней, красок или паст и не-

обходимого инструмента. Рабочую поверхность кокиля очищают от остатков красок и облицовочных покрытий, приварившегося сплава, ржавчины. Прочищают вентиляционные каналы, исправляют возможные повреждения рабочей поверхности кокиля и толкателей. В разъемных кокилях смазывают подвижные соединения, проверяют плотность смыкания частей кокиля и точность фиксации стержней в форме.

При вводе нового кокиля в эксплуатацию производится одна или несколько заливок до получения годной отливки, что свидетельствует о выходе на заданный тепловой режим кокиля. В ходе пробных заливок определяют качество поверхности отливок, технологичность удаления отливки из кокиля, герметичность смыкания его частей и возможность размыкания, толщину залива по плоскости разъема. Качественная отливка, свидетельствующая о готовности кокиля, должна соответствовать конфигурации полости кокиля, не иметь дефектов поверхности и тела. В случае необходимости регулируют ширину каналов литниковой системы, температуру расплава, количество и сечение газоотводящих каналов. Первую годную отливку проверяют на соответствие заданной геометрии по чертежу на разметочной плите. Затем производят механическую обработку с целью вскрытия в теле отливки возможных раковин, пор, неметаллических включений. После получения заключения о качестве отливки принимается решение о вводе кокиля в эксплуатацию.

Ответственным этапом подготовки кокиля к работе является *нанесение на его рабочую поверхность теплоизоляционной облицовки*. С этой целью кокиль предварительно подогревают до определенной температуры (табл. 5.3).

Таблица 5.3

**Рекомендуемая температура подогрева кокиля перед заливкой**

Сплав отливки	Характеристика отливки	Температура кокиля, °С
1	2	3
Сталь углеродистая	Тонкостенная	240–260
	Толстостенная	150–170
Серый чугун	С толщиной стенок, мм:	
	5	370–380
	5–10	370–300
	10–20	300–230
	20–40	230–130
	40–60	130–100
Латунь	Арматура	120–200

1	2	3
Бронза свинцовая	Подшипник	До 130
Магниевый	Тонкостенная Толстостенная	340–360 250–260
Алюминиевый	С ребрами высотой 80 и толщиной 1,6–2,1 мм Без ребер, с толщиной стенок: до 8 мм более 8 мм	470–490  250–350 200–250

### 5.3.2. Защитные покрытия рабочих поверхностей кокиля

Для увеличения срока службы кокильной оснастки применяют защитные покрытия, которые обеспечивают качественное изготовление отливок, улучшают поверхность литых деталей. Создавая различную толщину покрытия и регулируя его теплопроводность, можно регулировать скорость и направление затвердевания расплава при формировании отливки, режим ее охлаждения. Покрытие значительно снижает термический удар и защищает кокиль и металлические стержни от разрушающего воздействия на них расплава, улучшает заполняемость кокиля, что особенно важно при литье тонкостенных отливок со сложной поверхностью и тонкими ребрами.

**Теплоизоляционные покрытия** уменьшают износ стенок кокиля удаляемой из него отливкой за счет значительного снижения трения между ними во время извлечения отливки. В момент контакта расплава с теплоизоляционным покрытием создается значительный перепад температур по цепочке расплав – покрытие – кокиль, что уменьшает температурный перепад по толщине стенки кокиля и отливки, замедляет скорость охлаждения отливки, улучшает отвод теплоты и охлаждение кокиля.

**Противопризгарные покрытия** защищают рабочие поверхности кокиля от высокотемпературного окисления, обезуглероживания, приваривания отливки и особенно литников к стенкам и каналам кокиля. Что особенно важно, покрытия уменьшают или полностью предотвращают образование отбела чугуновых отливок. Таким образом, температурный режим и условия формирования отливки в кокиле находятся в прямой зависимости от состава и толщины защитного покрытия.

Все покрытия подразделяют на **тонкостенные** и **толстостенные**, которые в свою очередь делятся на разовые, многоразовые и постоянные.

Для **разовых** и **многоразовых** покрытий применяют краски и облицовки, разные по своим характеристикам и свойствам для различных сплавов. Толщина облицовок, наносимых на рабочие поверхности ко-

киля, может быть от 1 до 10 мм. Слои облицовки наносят кистью или распылителем, затем покрывают противопожарной краской, при этом на облицовке сглаживаются все неровности, что способствует получению качественной поверхности отливок.

К *постоянным покрытиям* относят металлические, которые наносят на рабочие поверхности пламенным, плазменным, гальваническим и другими методами, а также получают алитированием, силицированием, электрохимической или химико-термической обработкой. Защитные покрытия кокиля могут выполняться из одного материала или иметь слоистое строение. Чаще всего основной слой защитного покрытия выполняют из теплоизоляционного, а наружный (соприкасающийся с расплавом) – из огнеупорного или легированного материала. Защитные покрытия из металла, нанесенные на кокиль любым методом, немного уменьшают теплопроводность кокиля, но существенно предотвращают окисление и обезуглероживание его рабочих поверхностей.

Перед нанесением металлического защитного покрытия рабочие поверхности кокиля тщательно зачищают. При высокотемпературном напылении зачищенную поверхность покрывают металлизированным слоем (подложкой) толщиной до 0,05 мм. Для подложки используют нихром или сталь марки К18Н9Т, которые наносят на кокиль электрометаллолизатором. После этого на рабочие поверхности кокиля плазменной горелкой наносят слой оксида алюминия толщиной 0,3–0,4 мм.

### ***5.3.3. Производство отливок из стали***

Особенностью производства отливок из стали литьем в кокиль является более высокая, по сравнению с производством отливок из других сплавов, температура заливки. Это уменьшает стойкость кокиля по числу заливок и определяет необходимость применения для защиты рабочих поверхностей кокиля утолщенных покрытий с повышенной термостойкостью. Например, могут быть использованы следующие составы: 92% циркона и 8% воды; 80–85% графита, 10–5% пека и 10% смолы.

Линейная усадка углеродистой стали составляет примерно 2%, она может протекать с учетом размеров и конструкции отливки в затрудненных или незатрудненных условиях, а также изменять свое значение в пределах 1,3–2,3% в зависимости от температуры заливки и других причин. Поэтому для получения отливки заданных размеров необходимо максимально точно учитывать процент усадки литейного сплава, увеличение кокиля от нагрева, а также толщину защитного покрытия.

Температура заливаемого расплава (табл. 5.4) должна быть достаточной для получения в кокиле отливки без недолива и неспаев. Завышенная температура ускоряет разрушение кокиля и является причиной получения отливки с повышенным газосодержанием, усадочными дефектами и неоднородностью структуры слитка. Сталь в процессе ее заливки в кокиль быстро охлаждается, в результате чего уменьшается жидкотекучесть расплава.

Таблица 5.4

**Рекомендуемая температура расплава, заливаемого в кокиль**

Сталь	Толщина ребер и стенки отливки, мм	Температура расплава, °С
Углеродистая и низколегированная	10–20	1560–1545
	20–25	1560–1540
	25–30	1555–1535
	30–75	1550–1530
Высоколегированная: марганцовистая хромоникелевая	Не регламентируется	1400–1395
		1465–1445

По конструктивному исполнению отливка должна иметь по возможности простую форму, плавные переходы разной толщины между стенками и ребрами, а также сопрягаемыми частями. При этом желательно, чтобы по направлению заливки торцы отливки усиливались технологическими буртами, а выступающие части ее выполнялись с использованием песчаных стержней. Высокая температура расплава, низкая жидкотекучесть, большая усадка расплава при затвердевании, повышенная склонность к образованию трещин обуславливают особые требования к литниковой системе. Особенностью ее является большая прибыль, которую стремятся разместить в песчаных стержнях или в частях кокиля с толстым теплоизоляционным покрытием. Расплав в полость кокиля должен подаваться так, чтобы струя его не ударила под углом 90° в рабочую стенку кокиля. Заливают расплав чаще всего через прибыль или соединенный с ней короткий стояк. Элементы литниковой системы, особенно средних и крупных по массе отливок, необходимо размещать в стержнях или огнеупорных изделиях (литниковых трубках, воронках).

Для защитного покрытия рабочих частей кокиля и каналов литниковой системы применяют составы с высокими теплоизоляционными свойствами. Теплоизоляционные составы наносят кистью один-два раза в смену. Таковую облицовку после каждой заливки кокиля покрыва-

ют одним или несколькими слоями краски. Для отливок массой до 700 кг общая толщина облицовки и краски не превышает 1 мм, для более массивных отливок она должна быть более 2 мм.

### 5.3.4. Производство отливок из серого чугуна

Серый чугун имеет хорошую жидкотекучесть и относительно малую усадку, что способствует получению качественных кокильных отливок.

При литье тонкостенных отливок в кокиль существует вероятность получения их с отбелом, т.е. со структурой цемента, характеризующейся повышенной твердостью, хрупкостью и усадкой. Отбел отливки, сквозной или поверхностный, всегда нежелателен.

Для предотвращения отбела увеличивают содержание углерода и кремния в расплаве, уменьшают скорость кристаллизации и охлаждения чугуна за счет подогрева кокиля и теплоизоляции его рабочих поверхностей различными красками и облицовками, а также производят раннюю выбивку отливки из кокиля. Для предотвращения отбела применяют модифицирование расплава. В производстве используют разные облицовочные теплоизоляционные составы в зависимости от характеристики отливок (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Составы защитных облицовок

Компоненты состава	Содержание компонента, %	Область применения
1	2	3
Маршаллит Жидкое стекло Вода	10–15 3–5 87–80	Для мелких отливок
Маршаллит Молотый шамот Огнеупорная глина Жидкое стекло Вода	25 25 25 10 До плотности облицовки 1250–1300 кг/м <sup>3</sup>	Для каналов литниковой системы
Графит Молотый уголь Огнеупорная глина Жидкое стекло Вода	30 25 20 20 До плотности облицовки 1250–1300 кг/м <sup>3</sup>	Для мелких и средних отливок

1	2	3
Молотый шамот	45–55	Для крупных отливок и литниковых систем
Огнеупорная глина	6–10	
Жидкое стекло	5	
Марганцевокислый калий	0,5	
Вода	43,5–29,5	

Облицовку заданной толщины наносят на нагретую до 150–200 °С рабочую стенку кистью или пульверизатором, облицовку покрывают слоем краски толщиной 0,1–0,4 мм из пульверизатора.

Температуру заливаемого в кокиль расплава выбирают в зависимости от толщины стенки получаемой отливки, например при литье отливок из серого чугуна с толщиной стенки 5–10 мм расплав заливают в кокиль при температуре 1340–1400 °С, с толщиной стенки 10–40 мм – 1300–1360 °С, с толщиной стенки более 40 мм – 1280–1350 °С.

По степени сложности чугунные отливки, получаемые в кокилях, условно делятся на четыре группы:

- отливки с плоскими, цилиндрическими или простыми криволинейными поверхностями, для оформления которых не требуется применения разовых стержней;
- отливки средней сложности, имеющие криволинейные поверхности, небольшие ребра, выступы и неглубокие впадины. Для образования внутренних полостей используют стержни;
- сложные отливки, требующие применения стержней для внутренних и внешних полостей отливки;
- очень сложные отливки с поднутрениями, ребрами и глубокими впадинами с внешней и внутренней стороны. Внутренние полости и основная часть внешних поверхностей таких отливок формируются разовыми стержнями.

Литьем в обычные и водоохлаждаемые кокиля с огнеупорной облицовкой и краской изготавливают преимущественно отливки первых двух групп и относительно редко отливки третьей группы. С использованием облицованных кокилей создаются благоприятные условия для изготовления отливок всех групп. Для предотвращения на чугунных отливках недоливов и спаев кокиля с покрытием из огнеупорной облицовки и краски должны заполняться расплавом со скоростью его подъема в полости не менее 20 мм/с (кокиля с горизонтальным разъемом) и 50 мм/с (кокиля с вертикальным разъемом). Скорость заливки в облицованные кокиля может быть такой же, как и в разовые песчаные формы.

Удаление отливки из кокиля, если есть вероятность получения ее с отбелом, необходимо производить при максимально допустимой тем-



пературе, примерно 950–1050 °С, с условием, что отливка при выбивке не деформируется.

### 5.3.5. Производство отливок из алюминиевых сплавов

При плавке на воздухе алюминиевые сплавы окисляются и насыщаются водородом, что ведет к образованию в отливках газовых раковин и ухудшению прочностных свойств из-за остающихся в сплавах окислов. По этой причине все алюминиевые сплавы перед заливкой в формы подвергают рафинированию (очистке).

Рафинирование алюминиевых сплавов от взвешенных неметаллических включений и водорода осуществляют продувкой инертными (аргон, азот) и активными (хлор, смесь азота и хлора) газами, обработкой хлоридами ( $MnCl$ ,  $ZnCl$ ,  $TiCl_4$ ,  $C_2Cl_6$ ), флюсами, выдержкой в вакууме и фильтрованием через зернистые или спеченные фильтры. Чаще всего рафинирование производят хлоридами, которые при температуре 720–750 °С вводят в расплав в количестве 0,1–0,3% от основной массы, после чего расплав выдерживают перед разливкой в течение 10–15 мин. Рафинирование флюсом осуществляют при температуре 730–750 °С в течение 10–15 мин с расходом флюса 0,5–1% от массы обрабатываемого расплава.

Наиболее вредной примесью является железо, образующее с компонентами алюминиевого сплава фазу, кристаллизующуюся в форме в виде грубых иглообразующих кристаллов, сильно снижающих пластичность. Для нейтрализации железа в расплав вводят марганец, а для повышения прочности сплавов – магний. При литье алюминиевых сплавов кокиля должны иметь относительно тонкое покрытие (табл. 5.6), основной целью которого является не термоизоляционная защита материала кокиля, а предотвращение приваривания к его стенкам расплава и облегчение извлечения отливки из полости кокиля.

Таблица 5.6

**Покрытия кокилей для производства отливок из алюминиевых сплавов**

Состав краски, %	Температура краски, °С	Область применения или способ нанесения
1	2	3
Цинковые белила сухие – 15 Асбестовая пудра – 5 Жидкое стекло – 3 Вода – 77	150–200	Для рабочих поверхностей кокиля

1	2	3
Асбестовый порошок – 8,7 Мел в порошке – 17,5 Жидкое стекло – 3,5 Вода – 70,3	150–200	Для каналов литниковой системы
Тальк – 30 Жидкое стекло – 16 Вода – 54	250–300	Как первый слой покрытия окунанием для заливочного ручного ковша
Оксид железа – 25–30 Вода – 75–70	170–220	Окунанием
Графит – 17 Глина – 18 Жидкое стекло – 5 Вода – 60	Не регламентируется	Для тиглей и плавильного инструмента

Для литья в кокиля чаще всего применяют *верхнюю литниковую систему*. Преимуществом такого способа подвода раствора является то, что короткий стояк литниковой системы служит выпором и своеобразной пробкой, питающей отливку сверху в процессе ее кристаллизации. Верхнюю литниковую систему чаще используют в неразъемных и реже в разъемных с вертикальной плоскостью разъема кокилях для производства простых отливок высотой не более 150 мм. Для изготовления крупных и сложных отливок применяют подвод расплава снизу, а при высоте отливок более 200 мм целесообразно использовать наклонный или с изгибами стояк, который создает местное сопротивление и, следовательно, уменьшает скорость течения расплава в литниковой системе.

Перед заливкой расплава кокиль подогревают до температуры 150–250 °С для толстостенных и компактных отливок, до 300–350 °С для тонкостенных и до 500 °С для тонкостенных крупных с развитой поверхностью и тонкими ребрами отливок.

Температура заливки для алюминиевых сплавов составляет 700–820 °С.

Время выдержки в кокиле равно 6–10 с при литье мелких тонкостенных и 1–3 мин при литье толстостенных отливок. Полученные отливки после обрубки и зачистки в зависимости от назначения и типа сплава подвергают термической обработке.

### **5.3.6. Производство отливок из медных сплавов**

Основным компонентом медных сплавов является медь (плотность 8950 кг/м<sup>3</sup>, температура плавления 1083 °С). Для производства кокиль-

ных отливок используют медные литейные сплавы, которые в зависимости от компонентов подразделяют на бронзы и латуни (табл. 5.7).

Таблица 5.7

**Медные литейные сплавы для кокильных отливок**

Марка сплава	Элементы, %						
	Sn	Pb	Al	Mn	Zn	Cu	Другие элементы
Бронзы оловянные: Бр01ОФ1	9–11	–	–	–	–	Остальное То же »	0,4–1,1 P
БрP5Ц5С5	4–6	4–6	–	–	4–6		–
БрОЗу12С5	2–3,5	3–6	–	–	8–15		–
Бронзы безоловянные: БрА9ЖЗЛ	–	–	8–9,5	1,5–2,5	–	Остальное То же »	2–4 Fe
БрА10ЖЗМу2	–	–	9–11	1–3	–		2–4 Fe
БрС30	–	27–31	–	–	–		–
Латуни: Лц40С	–	0,8–2	–	–	Остальное То же » »	57–61	–
Лц40Му1,5	–	–	–	1–2		57–60	–
Лц16К4	–	–	–	–		78–81	3–4,5 S
Лц25С2	0,5–1,5	1–3	–	–		70–75	–

Латунь имеет узкий температурный интервал кристаллизации и повышенную жидкотекучесть, из нее изготавливают сложные отливки с толщиной стенки 4–5 мм и массой от 0,2 до 50 кг. В кокилях для производства отливок из кремнистых латуней, склонных к окислению, предусматривают сифонные литниковые системы, обеспечивающие плавную (без брызг) заливку расплава в полость кокиля. Для литья оловянных бронз, которые окисляются меньше, чем латуни, кроме сифонной используют дождевую литниковую систему, создающую благоприятные условия для направленной кристаллизации отливки. Медные сплавы имеют большую усадку, поэтому при производстве из них отливок предусматривают прибыли.

Перед заливкой на подогретую рабочую поверхность кокиля наносят защитное покрытие, состоящее из 2–5% терморепротивной смолы, 8–15% огнеупорного порошка ( $ZnO_2$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ) и песка. Используют также состав из 50% машинного масла и 50% парафина или 50% мазу-

та и 50% керосина. Такие смазки при контакте с расплавом выгорают и создают восстановительную газовую прослойку между стенкой отливки и кокилем. Температуру расплава выбирают в зависимости от его состава, а также конфигурации, размеров и толщины стенки отливки, конструкции литниковой системы и температуры подогрева кокиля. Заливку расплава ведут при температуре 1150–1250 °С (оловянные бронзы), 1120–1210 °С (алюминиевые бронзы) и 1070–1090 °С (латуни). Выемку отливок производят при температуре 250–640 °С.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Опишите технологию подготовки кокиля к работе.
2. Какова рекомендуемая температура подогрева кокиля перед заливкой тонкостенной отливки из углеродистой стали?
3. Каковы назначение и необходимость нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности кокиля?
4. Дайте характеристику постоянных металлических покрытий.
5. Перечислите требования к отливке из стали по конструктивному исполнению при кокильном литье.
6. Опишите технологию производства чугунных отливок в кокиль.
7. С какой целью осуществляют обязательное рафинирование алюминиевых сплавов?

## **5.4. Технология изготовления отливок на кокильных машинах**

### ***5.4.1. Кокильные машины для производства отливок***

Кокильные машины в отличие от разовых и механизированных кокилей предназначены для крупносерийного производства отливок с минимальным количеством ручных операций. *Механизированными* или *автоматизированными операциями* на кокильных машинах являются:

- очистка кокиля и нанесение на рабочие поверхности теплоизоляционных и огнеупорных покрытий;
- установка различных стержней;
- сборка кокиля и его запираение;
- заливка расплавов в кокиль по заданному режиму;
- охлаждение кокиля для кристаллизации отливки и выдержка ее до заданной температуры;

- разъем кокиля и извлечении из него отливки с литниковой системой;

- съем отливки в тару или на транспортирующее устройство.

При этом перечисленные технологические операции, за исключением установки стержня в кокиль, могут полностью выполняться в автоматическом режиме.

Кокильные машины подразделяют на машины с ручным приводом, универсальные однопозиционные с вертикальным разъемом кокиля и одной подвижной плитой, однопозиционные с вертикальным разъемом кокиля и двумя подвижными плитами, многопозиционные карусельные кокильные машины, специализированные кокильные линии и комплексы.

Кокильная машина модели 5912 с *вертикальным разъемом кокиля и одной подвижной плитой* (рис. 5.17) имеет неподвижную 1 и подвижную 2 плиты, смонтированные на станине 6 коробчатого профиля. На плитах для вертикального разъема крепятся части кокиля, которые при смыкании точно центрируются. Механизм подвижной плиты выполнен в виде агрегата. Справа от станины размещены шкаф с гидроаппаратурой 5, коммуникации и устройства для выталкивания отливки из подвижной части кокиля. На передней стороне машины имеются кнопочный пульт 3 и пост управления гидроагрегатом и насосом системы централизованного смазывания 4. Для удаления отливки

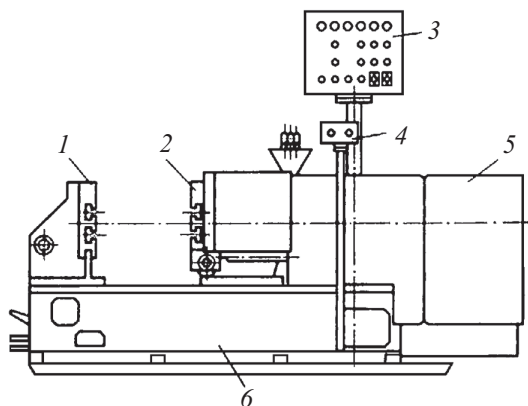


Рис. 5.17. Универсальная однопозиционная машина модели 5912 с вертикальным разъемом кокиля и одной подвижной плитой:

1 – неподвижная плита; 2 – подвижная плита; 3 – кнопочный пульт управления; 4 – пост управления гидроагрегатом и насосом системы централизованного смазывания; 5 – шкаф с гидроаппаратурой; 6 – станина

из подвижной части кокиля используются два подвижных стопора, которые удерживают траверсу выталкивателей до тех пор, пока направляющие подвижной плиты не выведут стопоры и не освободят траверсу. В конце хода выталкиватели автоматически возвращаются в исходное положение. Для удаления отливки из неподвижной части кокиля применяют рычажный механизм, приводимый в движение гидрприводом.

Машина может работать в наладочном и полуавтоматическом режимах. Конструктивное исполнение машины позволяет устанавливать на нее разъемный кокиль с одним дополнительным металлическим стержнем, входящим в комплект оснастки; использовать для перемещения центрального металлического стержня механизм выталкивания отливки из неподвижной части кокиля; заливать расплав в кокиль из автоматического дозатора или вручную.

Кокильная машина модели 5924 с *вертикальным разъемом кокиля и двумя подвижными плитами* (рис. 5.18) имеет станину 1, поддон для извлечения верхнего стержня 2, подвижные плиты 6 для крепления частей кокиля, съемник отливок 5, механизм перемещения нижнего стержня 8, пульт управления машиной в наладочном и полуавтоматическом режимах 4, шкаф с гидрпанелью 7 и педаль управления 3.

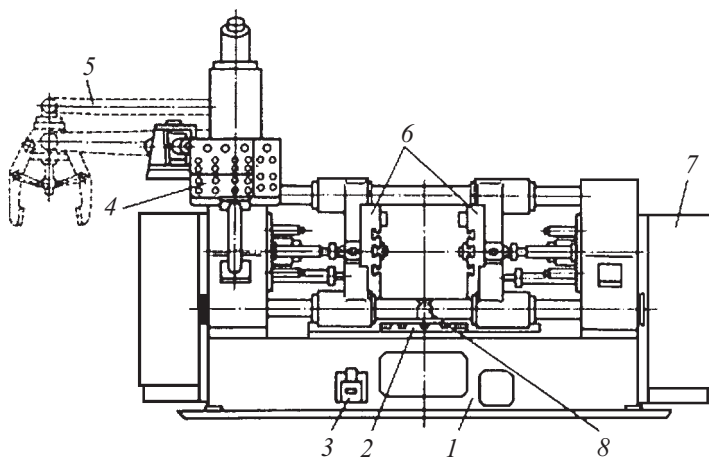


Рис. 5.18. Универсальная однопозиционная машина модели 5924 с вертикальным разъемом кокиля и двумя подвижными плитами:

1 – станина; 2 – поддон; 3 – педаль управления; 4 – пульт управления; 5 – съемник отливок; 6 – плиты для крепления частей кокиля; 7 – шкаф с гидрпанелью; 8 – механизм перемещения нижнего стержня

Пульт управления и золотниковые панели смонтированы непосредственно на машине.

Комплекс А5925 (рис. 5.19) на базе *кокильной машины и промышленных роботов* специального исполнения предназначен для автоматизации основных технологических операций при изготовлении отливок массой до 10 кг. Специальный промышленный робот-заливщик производит отбор дозы металла из раздаточной печи, перенос ковша и заливку металла в кокиль. Промышленный робот-съемщик предназначен для съема отливок и передачи их в тару.

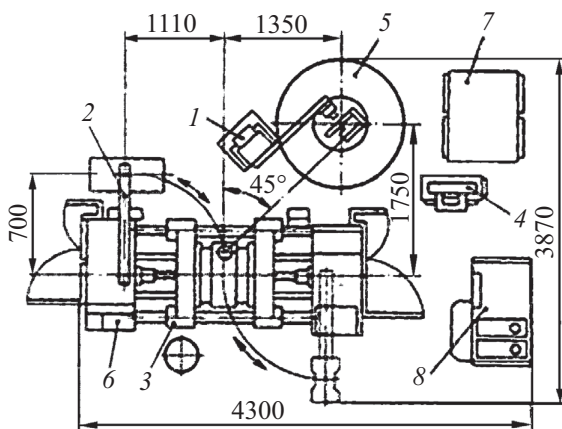


Рис. 5.19. Комплекс А5925:

1 – промышленный робот для заливки металла; 2 – промышленный робот для съема и передачи отливок; 3 – машина для литья в кокиль; 4 – установка термостатирования кокиля; 5 – электропечь модели САТ 0,25; 6 – пульт управления промышленными роботами; 7 – электрооборудование; 8 – гидростанция

#### 5.4.2. Механизмы и устройства для обслуживания кокильных машин

Для производства отливок в кокильных машинах необходимо выполнять следующие операции: наносить защитное покрытие на рабочие поверхности кокиля; вставлять, если необходимо, в него стержни; смыкать кокиль; заливать расплав в кокиль; охлаждать расплав и отливку в кокиле; размыкать кокиль и удалять из него отливку; обрубать и зачищать отливку.

**Нанесение покрытий на рабочие поверхности кокилей.** Защитные покрытия на кокиля, эксплуатируемые в составе машин, автома-

тов, автоматических линий и комплексов, как правило, наносят в виде красок методом пульверизации. Эта операция может выполняться при ручном управлении работой форсунок в полости кокиля, а также фиксированным их размещением относительно рабочих поверхностей кокиля.

В роботизированных комплексах для нанесения покрытий применяют промышленные манипуляторы с подвижным блоком форсунок, вводимых по заданной программе в раскрытую полость кокиля. В этом случае покрытие рабочих поверхностей кокиля краской может сочетаться с обдувом его наиболее перегретых или всех частей сжатым воздухом с целью интенсивного охлаждения.

Манипуляторы могут вводиться в охлаждаемую полость прямолинейно и криволинейно. Наиболее часто применяют манипуляторы с прямолинейным движением звеньев и блоков форсунок для кокильных машин и литья под давлением.

**Утановка стержней в кокиля.** В ручные и механизированные кокиля мелкие стержни вставляют вручную, а более крупные – с использованием кранового оборудования. В роботизированных комплексах установку стержней в кокиля производят промышленными роботами, имеющими гидropневматический привод рабочих органов и специальный мягкий хват с вакуумными присосками. Как правило, в специализированном массовом производстве на стержнях предусматривают различные отверстия, замки и фиксаторы для их транспортирования и установки.

**Дозирование и заливка расплава в кокиля.** В ручные и частично механизированные кокиля различной вместимости расплав заливают ковшами-ложками, монорельсовыми и крановыми ковшами. На автоматических линиях и в роботизированных комплексах для заливки расплава в кокиля чаще всего применяют манипуляторы и роботы, действия которых совмещаются с работой различных дозаторов.

Для дозирования и заливки цветных сплавов (чаще всего алюминиевых) широко используют различные по конструкции дозаторы. Их разделяют на два типа: роботы-дозаторы и печи-дозаторы. Роботы-дозаторы размещают рядом с раздаточной печью, где они выполняют операции перемещения порций расплава из печи в кокиль или камеру прессования машины литья под давлением. Печи-дозаторы конструктивно выполнены совместно с раздаточной печью и выполняют операции перемещения расплава в кокиль (или другую форму). К печам-дозаторам относят электромагнитные, пневматические и вакуумные заливочно-дозировующие устройства. Высокая температура расплава чугуна создает определенные трудности для его дозирования и автоматической разливки. По этой причине для заливки чугуна в кокиля и разо-



вые формы часто используют различные ковшовые заливочно-дозировочные машины.

Ковшовая заливочно-дозировочная машина модели ЛЗ96 (рис. 5.20) поставляется комплектно с миксером вместимостью 2 т. Расплав из обогреваемого газом миксера 1 через лоток 3 подается в ковш 5 вместимостью 75 кг. Ковш размещен на поворотной раме 4. С помощью гидроцилиндра 6 он наклоняется и выдает в кокиль дозу расплава с точностью  $\pm 2-3\%$ . Машина имеет второй гидроцилиндр 7, предназначенный для слива остатков расплава в изложницу 8, размещенную на тележке. Машина работает в автоматическом режиме – заливка прекращается по сигналу электроконтактного датчика уровня, встроенного в выпор заливаемого кокиля. Выпускаются также установки для заливки чугуна с дистанционным управлением (модели 99311–99315) с вместимостью ковша соответственно от 93–160 до 1000–1600 кг.

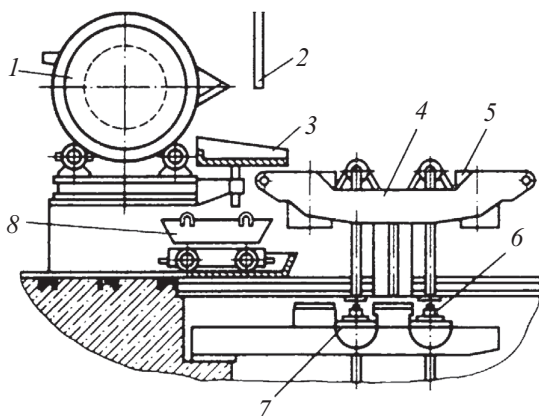


Рис. 5.20. Ковшовая заливочная машина в комплекте с миксером, обогреваемым газом: 1 – миксер; 2 – ограждение; 3 – лоток; 4 – поворотная рама; 5 – ковш; 6 – гидроцилиндр поворота ковша; 7 – гидроцилиндр для механизации слива остатков расплава; 8 – изложница

**Удаление отливок из кокиля.** Для извлечения отливок из кокиля после его разъема применяют различные манипуляторы, которые имеют жесткую конструкцию, пневматический или гидравлический привод схвата и обычно гидравлический привод для перемещения рычагов при отрыве и перемещении отливки в обрубной штамп или на транспортное средство. Во всех случаях производят отделение литников от полученной отливки, а в автоматизированных комплексах – удаление заливок в обрубных штампах.

## **Требования безопасности при литье в кокиль**

1. Конструкция разъемных кокилей должна обеспечивать плотное соединение двух полуформ, их точную фиксацию, достаточную прочность.

2. Запорные устройства должны надежно соединять полуформы (запирание с нажимом) во время заливки и затвердевания.

3. Рукоятки и рычаги, предназначенные для замков разъема полуформ, выталкивателей и выемки стержней, по своей конструкции и расположению должны исключать возможность защемления пальцев и кистей рук во всех положениях.

4. Перед заливкой кокиль нужно надежно закрепить на столе кокильной машины.

5. Кокильные формы и стержни перед заливкой должны быть очищены и прогреты.

6. Категорически запрещается производить нагрев холодного кокиля заливкой жидкого расплава.

7. Нагреватели внутри кокиля для подогрева должны иметь напряжение не более 42 В и сплошные укрытия от случайного проникновения и брызг металла.

8. Кокиля, охлаждаемые водой, должны быть герметичными. Просачивание воды в полость формы не допускается.

9. Металлические ковши и ложки для заливки расплава в кокиль перед погружением в металл должны быть очищены, нагреты и окрашены.

10. На кокильных машинах и комплексах зоны действия манипуляторов должны быть ограждены и иметь блокировку, исключающую нахождение в зоне их работы персонала.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие операции механизмируют и автоматизируют на кокильных машинах?
2. Поясните устройство кокильной машины модели 5924 с вертикальным разъемом кокиля и двумя подвижными плитами.
3. Опишите конструкцию и работу ковшовой заливочной машины.
4. Перечислите основные требования безопасности при кокильном литье.

## 5.5. Специальные способы литья

### 5.5.1. Литье под давлением

Способ литья под давлением заключается в том, что расплав под давлением поршня или сжатого воздуха поступает в металлическую форму (пресс-форму), где твердеет и образует отливку. Особенностью этого способа литья является запрессовка расплава под давлением 0,5–350 МПа в полость нагретой до температуры 150–240 °С пресс-формы. Литьем под давлением изготавливают отливки из цветных сплавов для различных приборов, электроприборов автомобилей, двигателей, строительной и мебельной фурнитуры, обеспечивая большую точность и низкую шероховатость поверхности получаемых отливок. Литье под давлением целесообразно применять при массовом и крупносерийном производстве очень сложных отливок с тонкими стенками и массой до 50 кг.

Последовательность операций литья под давлением на машине с вертикальной холодной камерой прессования следующая (рис. 5.21). Из раздаточной печи расплав 2 заливается в камеру прессования 7 (рис. 5.21, а). После опускания верхнего пуансона 1, а затем и нижнего 6 расплав попадает через литник 5 в полость разъемной пресс-формы, где охлаждается с высокой скоростью (рис. 5.21, б). Отливка 9 удаляет-

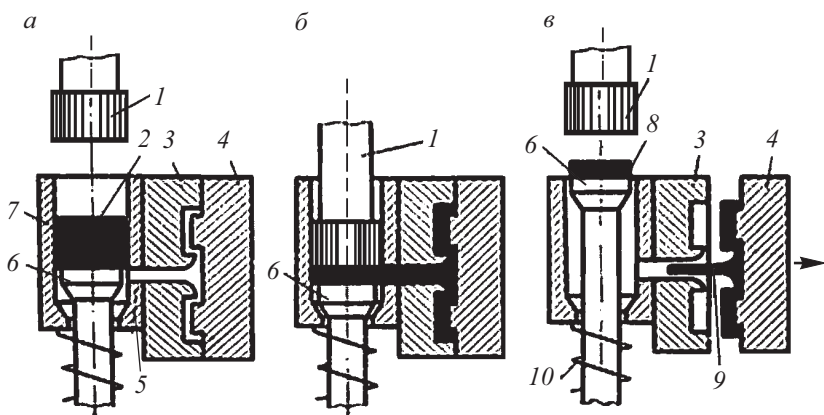


Рис. 5.21. Схема литья под давлением на машине с вертикальной холодной камерой прессования:

а – в – последовательность операций; 1 – верхний пуансон; 2 – расплав; 3, 4 – половины пресс-формы; 5 – литник; 6 – нижний пуансон; 7 – камера прессования расплава; 8 – пресс-остаток; 9 – отливка; 10 – пружина

ся из пресс-формы системой толкателей после отвода половины формы матрицы вправо (рис. 5.21, в). При этом излишек сплава в виде остатка  $\delta$  выталкивается пружиной 10 нижнего пуансона из камеры прессования и направляется на переплавку. Для предотвращения термического удара и увеличения стойкости оснастки рабочая поверхность пресс-форм перед началом работы подогревается до 200–300 °С, продувается воздухом и смазывается специальными разделительными составами.

Рабочие элементы пресс-форм, соприкасающиеся в процессе литья с расплавом, подвержены интенсивному гидродинамическому воздействию, поэтому их изготавливают из жаростойких легированных сталей марок 4Х5МФС, 5ХНМ, 5ХНТ, 3Х2В8. Стойкость пресс-форм при работе с цинковыми расплавами составляет 100–150 тыс. запрессовок, с алюминиевыми – 50–80 тыс., с медными – 10–20 тыс. запрессовок. Процессы литья под давлением осуществляют на специальных высокомеханизированных и автоматизированных машинах. Простота и малооперационность литья под давлением создают условия для полной автоматизации с применением манипуляторов для извлечения и охлаждения отливок, передачи в пресс для отделения литников.

### ***5.5.2. Центробежный способ литья***

Центробежный способ литья заключается в том, что порция расплава заливается во вращающуюся со скоростью 1500 об/мин металлическую или футерованную огнеупорной смесью форму-изложницу, где под действием центробежных сил растекается по внутренней поверхности изложницы, затвердевает и образует отливку. Этим способом изготавливают отливки, имеющие форму тел вращения: трубы, втулки, диски, барабаны из различных сплавов. Затвердевание расплава в металлической форме под действием центробежной силы обеспечивает получение твердых отливок с повышенными механическими свойствами. При этом, как правило, в отливках полностью отсутствуют газовые и шлаковые раковины. Особым достоинством центробежного литья является получение внутренних полостей без применения стержней и большая экономия сплава, обусловленная отсутствием литниковой системы. Технологический выход годного литья составляет 95%.

При центробежном литье применяют машины с вертикальной и горизонтальной осями вращения (рис. 5.22). Машины с вертикальной осью вращения применяют для литья кольцевых заготовок, с горизонтальной осью вращения – для получения трубных заготовок значительной длины, до 6 м.

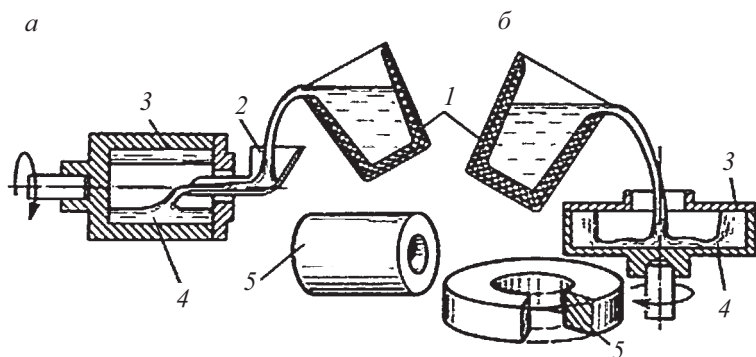


Рис. 5.22. Схема центробежного способа литья:

*а* – на машине с горизонтальной осью вращения; *б* – на машине с вертикальной осью вращения; 1 – разливочный ковш; 2 – заливочная воронка; 3 – изложница; 4 – расплав в форме; 5 – отливка

### 5.5.3. Литье по выплавляемым моделям

Литье по выплавляемым моделям применяется при серийном и массовом производстве отливок очень сложной конфигурации (лопатки газовых турбин, фрезы), массой от 0,02 до 50 кг, толщиной стенок до 0,5 мм и отверстиями диаметром до 2 мм. В качестве материала для отливок используют углеродистые и высоколегированные стали, специальные сплавы с высокой температурой плавления, труднообрабатываемые сплавы.

Характерной особенностью литья по выплавляемым моделям является применение неразъемных форм, получаемых по разовым выплавляемым моделям, которые изготавливаются из смеси легкоплавких материалов, таких как парафин, стеарин, церезин, буроугольный воск. Неразъемные формы изготавливают из огнеупорных материалов (цирконовая мука, корунд, пылевидный кварц) и связующих веществ (этилсиликат, жидкое стекло).

Технологический процесс литья в неразъемные формы включает следующие операции.

1. Изготовление пресс-форм из стали и алюминиевых сплавов.

2. Приготовление легкоплавкого (с температурой плавления около 80 °С) модельного состава.

3. Изготовление модельного блока (рис. 5.23, *а*):

а) изготовление секций легкоплавких моделей 1 запрессовкой модельного состава в пресс-форму под давлением 2–3 атм;

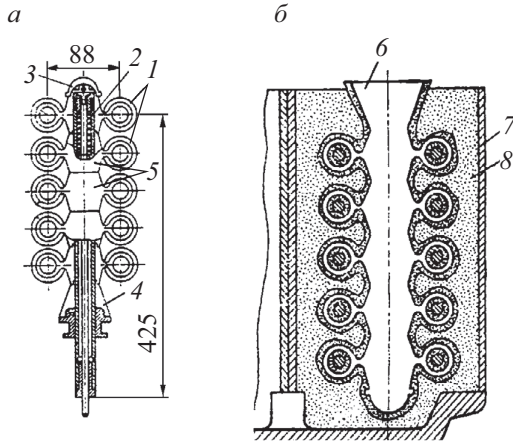


Рис. 5.23. Модельный блок (а) и оболочковая неразъемная литейная форма (б) для получения заготовок:

1 – разовые модели; 2 – металлическое основание стояка; 3 – колпачок; 4 – модель литниковой чаши; 5 – легкоплавкие литниковые модели; 6 – оболочковая неразъемная форма; 7 – опока; 8 – огнеупорная засыпка

б) нанизывание модели литниковой чаши 4 и звеньев литниковых моделей 5 на металлическое основание стояка 2;

в) припаивание легкоплавкого колпачка 3 к верхнему звену восковых моделей.

4. Изготовление оболочковой неразъемной формы (рис. 5.23, б):

а) покрытие модельного блока огнеупорной оболочкой 6, которую наносят трехкратным окунанием мелких блоков и четырех-, пятикратным окунанием крупных блоков с просушкой на воздухе после нанесения каждого слоя в течение 1–2,5 ч. Каждый слой огнеупорного покрытия перед сушкой обсыпают сухим ломким кварцевым песком, прокаленным при температуре 400–500 °С, что увеличивает прочность формы. Толщина оболочки должна достигать 3–5 мм;

б) сушка покрытий модельного блока;

в) удаление из модельного блока металлического основания стояка;

г) выплавление оболочковой неразъемной формы легкоплавких модельных блоков в ванне с горячей (90 °С) водой или в газовой печи;

д) формовка полученных оболочковых форм в опоке 7 и засыпка в нее крупного кварцевого песка или шамотной крошки 8.

5. Прокаливание формы в электрической печи при температуре 850–900 °С для выжигания остатков модельной массы в полости формы и придания ей окончательной прочности.

6. Приготовление литейного расплава и заливка его в формы.
7. Выбивка комплектов отливок из опоки.
8. Освобождение отливок от керамической корки и отделение литниковой системы.
9. Выщелачивание, очистка, термическая обработка отливок.

В современных условиях процессы литья по выплавляемым моделям механизированы и автоматизированы с использованием специального технологического оборудования – карусельных установок для изготовления модельных звеньев, автоматов для нанесения суспензий на блоки моделей, прокалочных печей, установок для выщелачивания.

### ***5.5.4. Литье в оболочковые формы***

Оболочковые формы отличаются небольшой толщиной стенок (6–8 мм) и отсутствием опок. Высокая прочность оболочек обеспечивается применением в качестве связующего материала термореактивных смол, прочно связывающих мелкий кварцевый песок – огнеупорную основу смеси.

Оболочковые песчано-смоляные формы применяют в крупносерийном и массовом производстве, авиационной, машиностроительной и автомобильной промышленности при получении фасонных отливок из чугуна, стали, цветных сплавов массой до 100 кг.

Процесс изготовления оболочковых форм основан на специальных свойствах термореактивных смол, которые после нанесения смеси на металлическую нагретую до температуры 200–220 °С модельную плиту и выдержки на ней в течение 20–30 с плавятся, обволакивая зерна кварцевого песка тонкой вязкой пленкой, и полимеризуются, образуя прочную фасонную тонкостенную оболочку.

*Технологический процесс изготовления оболочковых полуформ* на установках с поворотным бункером включает следующие операции.

1. Очистка и подогрев изготавливаемых из серого чугуна и стали модельных плит, покрытие их рабочей поверхности разделительной жидкостью, которая наносится пульверизатором для облегчения съема песчано-смоляной оболочковой полуформы с модельной плиты (рис. 5.24, а).

2. Подогрев модельной плиты в электрической печи до температуры 220–230 °С (рис. 5.24, б).

3. Извлечение модельной плиты из печи, ее поворот на 180° и закрепление на опрокидывающемся бункере с песчано-смоляной смесью (рис. 5.24, в).

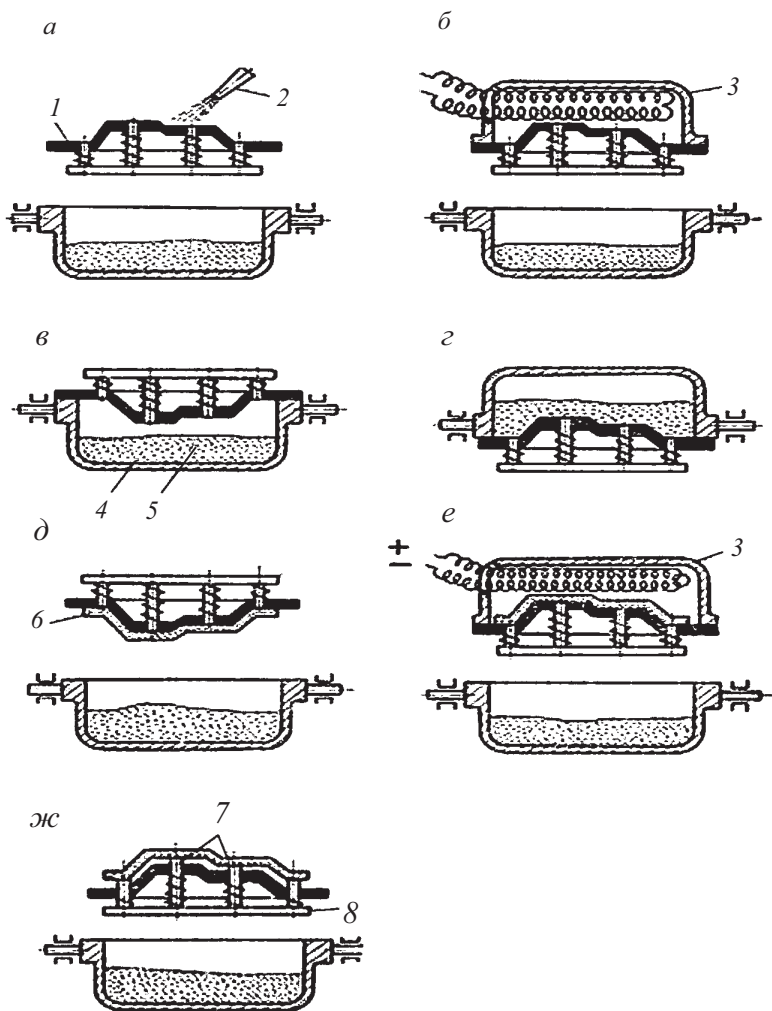


Рис. 5.24. Схема процесса изготовления оболочковых полуформ:

*a – ж* – последовательность операций; 1 – модельная плита; 2 – пульверизатор; 3 – электрическая печь; 4 – опрокидывающийся бункер; 5 – песчано-смоляная смесь; 6 – оболочковая полуформа; 7 – толкатели; 8 – плита толкателей

4. Кантовка бункера. При этом высота слоя смеси в бункере для создания необходимой степени ее уплотнения должна быть не менее 350–400 мм при высоте падения смеси 400–600 мм. Выдержка смеси в те-



чение 20–30 с на нагретой плите для образования оболочки толщиной 6–8 мм (рис. 5.24, *з*).

5. Возврат бункера вместе с модельной плитой в исходное положение и съём модельной плиты вместе с образовавшейся оболочковой полуформой (рис. 5.24, *д*).

6. Поворот модельной плиты вместе с оболочковой полуформой на 180° и спекание оболочки при температуре 300–370 °С в течение 1–1,5 мин для придания ей окончательной прочности, обусловленной необратимым затвердеванием смолы (рис. 5.24, *е*).

7. Съём готовой оболочки с модельной плиты системой пружинных толкателей, которые выходят из своих гнезд при надавливании на плиту толкателей (рис. 5.24, *ж*).

Изготовленные на двух машинах оболочковые полуформы перед заливкой склеивают. Точное совмещение оболочковых полуформ обеспечивается системой выступов (на одной полуформе) и впадин (на другой полуформе), выполняемых в процессе формирования оболочек.

Перед заливкой оболочковые формы устанавливают на металлические контейнеры, засыпают их металлической дробью или крупным кварцевым песком, что помогает форме выдержать давление расплава.

Для получения в отливках отверстий или внутренних полостей в оболочковую форму устанавливают оболочковые песчано-смоляные стержни, изготовленные по технологии, подобной технологии изготовления оболочковых форм.

Оболочковые формы отличаются точными размерами, низкой шероховатостью поверхности, не впитывают влагу, не осыпаются, могут храниться длительное время, имеют высокую прочность и газопроницаемость, легко разрушаются после заливки формы из-за выгорания смолы. Причинами, сдерживающими широкое применение оболочковых форм, являются дефицитность и высокая стоимость связующих смол.

### ***5.5.5. Непрерывное литье***

В настоящее время методом непрерывного литья производят заготовки различного профиля, круглые диаметром от 15 до 400 мм, фасонного профиля с различным соотношением размеров, трубы и втулки диаметром от 50 до 300 мм из серого и высокопрочного чугуна, бронзы, латуни. Достоинство непрерывного литья заготовок состоит в высоком качестве заготовок, уменьшении припусков на механическую обработку, повышении выхода годного литья, малых площадях под оборудование и высокой возможности механизации и автоматизации.

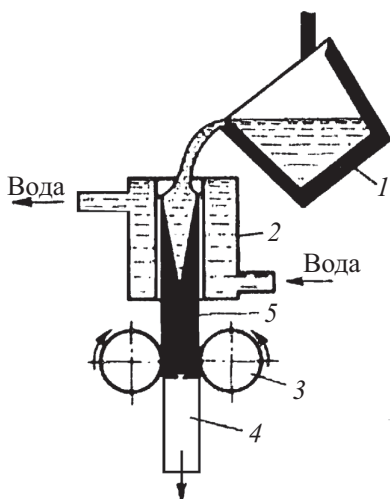


Рис. 5.25. Схема непрерывного вертикального литья заготовок из стали: 1 – ковш с расплавом; 2 – водоохлаждаемый кристаллизатор; 3 – тянущие ролики; 4 – затравка; 5 – вытягиваемая заготовка

Метод непрерывного литья заключается в том, что расплав непрерывно и равномерно поступает в водоохлаждаемый кристаллизатор, затвердевает в виде заготовки (квадрат, труба), наружный профиль которой соответствует геометрии кристаллизатора. С помощью тянущего устройства заготовка непрерывно вытягивается, кристаллизатор заполняется новой порцией расплава, и процесс протекает непрерывно. Для производства **заготовок из стали** в основном применяют вертикальный способ размещения водоохлаждаемого кристаллизатора с периодическим разделением отливаемого профиля (рис. 5.25). При этом заготовка 5 после прохождения кристаллизатора 2 тянется вниз или переводится в горизонтальное положение радиально расположенными тянущими роликами 3, а затем разделяется на мерные части.

Кристаллизатор представляет собой замкнутую металлическую коробку, у которой соприкасающиеся с расплавом рабочие стенки для лучшего теплоотвода выполнены из меди толщиной от 4 до 10 мм. Через кристаллизатор пропускается вода, которая отводит теплоту расплава и кристаллизующейся заготовки. С целью лучшего отделения заготовки от стенок кристаллизатора ему придают возвратно-поступательное движение в направлении протяжки слитка.

В литейных цехах для производства **отливок из медных**, а также получения **чугунных отливок** применяют способ непрерывного горизонтального литья (рис. 5.26). Перед началом работы автоматизированной линии производят подогрев металлоприемника 1. В графитовый вкладыш 2, вставленный в водоохлаждаемый стальной или медный кожух 3, вводят с помощью штанги затравку 4, которая одновременно предотвращает вытекание расплава из металлоприемника. Далее включают систему водяного охлаждения и заливают расплав чугуна, поданного от плавильного агрегата крановым ковшом, в рабочую емкость металлоприемника. При этом расплав затекает в кристаллизатор, заполняет его и соприкасается с затравкой. После кристаллизации рас-

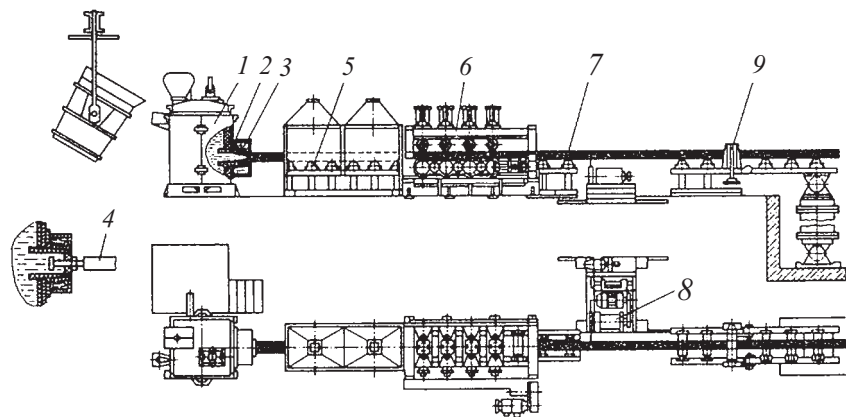


Рис. 5.26. Схема автоматической линии непрерывного горизонтального литья чугунных заготовок:

1 – металлоприемник; 2 – графитовый вкладыш; 3 – водоохлаждаемый кожух; 4 – затравка; 5 – рольганг; 6 – тянущая клеть; 7 – чугунная заготовка; 8 – механизм надреза заготовок; 9 – механизм отламывания мерных заготовок и укладки их в штабель

плава вокруг затравки включают клеть 6, которая вытягивает ее вместе с заготовкой 7 из полости графитового вкладыша по рольгангу 5. Затем на заготовке механизмом 8 производят надрез и разламывают ее по месту надреза механизмом 9.

### 5.5.6. Изготовление дробы в водоохлаждаемых грануляторах

Для очистки литых, кованных и других деталей в литейном производстве, а также для повышения прочности и долговечности деталей наклепом широко применяется дробь. При обработке каменных пород, стекла и других твердых материалов в качестве абразивов также используется дробь.

**Дробь чугунная.** Различают разные конфигурации технической чугунной дроби – колотую и литую, круглую и остроугольную. Современные технологии производства позволяют выпускать дробь правильной шарообразной формы диаметром от 0,8 до 3,6 мм с большой вязкостью и твердостью изделий, без пор и с нужной шероховатостью материала. Специальные добавки в охлаждающую смесь снижают риск ржавления и выбеливают чугун, придавая дроби привлекательный вид. Для полировки поверхностей и подготовки их к финишному покрытию



Рис. 5.27. Дробелитейная машина

краской рекомендуется остроугольная дробь.

Известно несколько способов получения чугунной дробы: распыление струи металла воздухом, паром, водой; раздробление струи металла при падении на наклонную поверхность, смоченную водой; заливка металла в воду дождевыми литниками; разливка через водяные сита. Распыление струи жидкого металла сжатым воздухом дает возможность получать дробь особо крупных размеров; для получения дробы мелких

размеров струю металла распыляют водой.

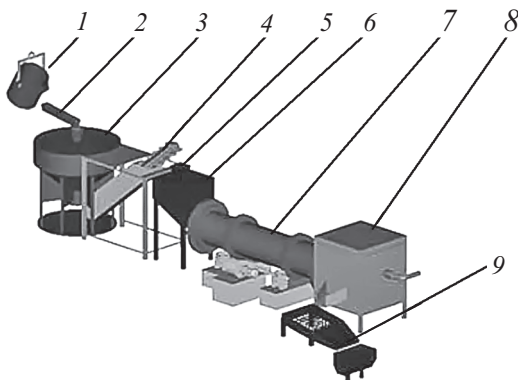
**Дробелитейная машина** для распыления металла водой состоит из бака с охлаждающей жидкостью, гидравлического сопла, системы транспортеров, вертикальной сушильной печи и агрегата для просева дробы (рис. 5.27).

При изготовлении чугунной дробы струя жидкого чугуна рассекается сильной струей воды в горизонтальной плоскости над баком с водой. Мелкие капли чугуна перед падением в воду принимают шарообразную форму. Пластинчатый транспортер переносит дробь из бака в бункер ковшового элеватора, который подает ее в вертикальное сушило с температурой 120–150 °С. Просушенная дробь поступает на просев по фракциям. За счет большой скорости охлаждения в воде чугунная дробь получается целиком отбеленной. Производительность установки равна 6–7 т дробы в смену.

Для предохранения дробы от коррозии в воду добавляют хромпик из расчета 250 г на 1 м<sup>3</sup> воды.

**Стальную дробь** получают разбрызгиванием струи металла при падении ее с некоторой высоты на обильно смоченную водой поверхность вращающегося барабана (для этого барабан погружается до половины диаметра в бассейн с водой). При ударе о поверхность барабана струя жидкого металла разбивается на капли различной величины, которые застывают в виде дробинки шаровидной или приближающейся к ней форме.

На крупных металлургических и литейных предприятиях чугунную и стальную дробь отливают в комплексах специального оборудования (рис. 5.28).



*Рис. 5.28.* Комплекс оборудования для производства стальной и чугунной дроби:  
 1 – ковш; 2 – желоб; 3 – дробилейная машина; 4 – наклонный элеватор; 5 – приемная воронка; 6 – бункер; 7 – барабанная печь; 8 – печь; 9 – грохот для отсева дроби

### **Требования безопасности при специальных способах литья**

1. При литье под давлением металлические формы и стержни перед заливкой необходимо просушить и подогреть.
2. В зоне пресс-форм должна быть оборудована вытяжная вентиляция.
3. Машины центробежного литья должны оборудоваться приспособлениями, исключающими выброс и разбрызгивание жидкого металла из вращающейся формы, иметь ограждения движущихся частей механизма привода.
4. При производстве дроби заливка металла в приемный лоток дробилейной машины должна быть механизирована.
5. Для аварийного слива металла из миксера машины непрерывного литья заготовок должны быть оборудованы специальные емкости для приема всего металла.
6. Механизмы ломки заготовок должны быть оборудованы ограждениями и сигнализацией.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Опишите технологию литья под давлением на машине с вертикальной холодной камерой прессования.
2. Каковы достоинства центробежного литья?
3. Приведите последовательность операций изготовления оболочковой неразъемной формы.

4. Каковы достоинства оболочкового литья?
5. В чем заключается принципиальное отличие непрерывного стального и чугунного литья?
6. Перечислите основные правила безопасности при специальных способах литья.

## ГЛАВА 6. ФИНИШНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЬЯ

### 6.1. Выбивка отливок и стержней

**Вывивка** – операция разрушения разовой формы и извлечения из нее сформировавшейся отливки. В процессе выбивки отливки на различных выбивных устройствах могут решаться следующие технологические задачи:

- отделение отливок от формочной и (или) стержневой смеси;
- отделение отливок от элементов литниковых питающих систем;
- очистка поверхности отливок;
- частичная подготовка смеси к последующей регенерации (пылеудаление, охлаждение, доувлажнение, гомогенизация).

Вывивка отливок из форм – одна из самых тяжелых и вредных операций литейного цеха, сопровождающаяся выделением пыли, газов, тепла. Учитывая эти обстоятельства, операции выбивки максимально механизуют и снабжают системами укрытия выбивных устройств и отсоса, вытяжки пыли. Во избежание искажения конфигурации, образования трещин, температурных напряжений и других дефектов выдерживают определенные режимы охлаждения отливок (табл. 6.1).

*Таблица 6.1*

**Режимы охлаждения отливок**

Характеристика отливок		Продолжительность охлаждения отливок, ч	
Масса, кг	Толщина стенок, мм	стальных	чугунных
До 10	5–10	0,2–0,5	0,2–0,4
10–15	15–20	0,5–0,8	0,4–0,6
50–100	15–30	2–5	0,8–2
100–500	20–50	6–8	4–6
500–2000	30–80	18–24	18–20
2000–10000	50–120	36–50	24–36

По принципу действия устройства выбивки отливок подразделяются на два типа – вибрационные и галтовочные.

**Вибрационные** выбивные устройства могут реализовывать два принципа выбивки:

- первый принцип заключается в выдавливании кома с отливкой на выбивное устройство, где в последующем происходит отделение отливки от смеси. Опоки при этом на выбивное устройство не попадают;

- второй принцип заключается в установке залитой формы (вместе с опокой) на выбивную решетку. Отделение отливок от смеси происходит внутри опок.

**Галтовочный** принцип выбивки реализуется во вращающихся охлаждающих барабанах типа ДИСАКУЛ (рис. 6.1), которые выполняют в одном блоке несколько операций обработки смеси и отливок: отливки эффективно отделяются от формовочной и стержневой смеси; смесь и отливки охлаждаются во время непрерывного процесса очистки внутри барабана, чему способствует управляемое добавление воды; отливки отделяются от литниковых систем; смесь измельчается и готовится к повторному дроблению. Операции при галтовочном принципе выбивки характеризуются низким уровнем шума, а также тем, что пыль и дым удаляются внутри барабана.

Вращающиеся охлаждающие барабаны применяются для выбивки отливок из безопочных форм, а также из опочных, но после выдавливания кома смеси из опочной оснастки. Операции выбивки отливок на автоматических линиях осуществляют на специализированных участках (рис. 6.2). После охлаждения отливок форма при движении по конвейеру поступает на участок выбивки. Когда форма 1 продвигается к центру выбивного стола 3, движущаяся тележка 13 нажимает на кнопку электроконтакта литейного конвейера 12, который включает толкатель 11. Последний сталкивает форму на выбивной стол, после чего возвращается назад. Толкатель 2 подает форму на выбивную вибрационную решетку 4, где формовочная смесь выбивается из формы и просыпается на транспортер, который подает ее в отделение приготовления формовочной смеси.

Выбивка мелких стержней из отливок обычно производится одновременно с выбивкой отливок. Массивные стержни из отливок с замкнутыми полостями удаляются с помощью специального оборудова-

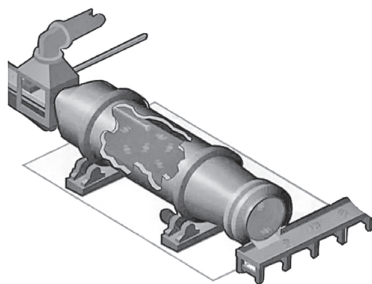


Рис. 6.1. Охлаждающий барабан ДИСАКУЛ 3200

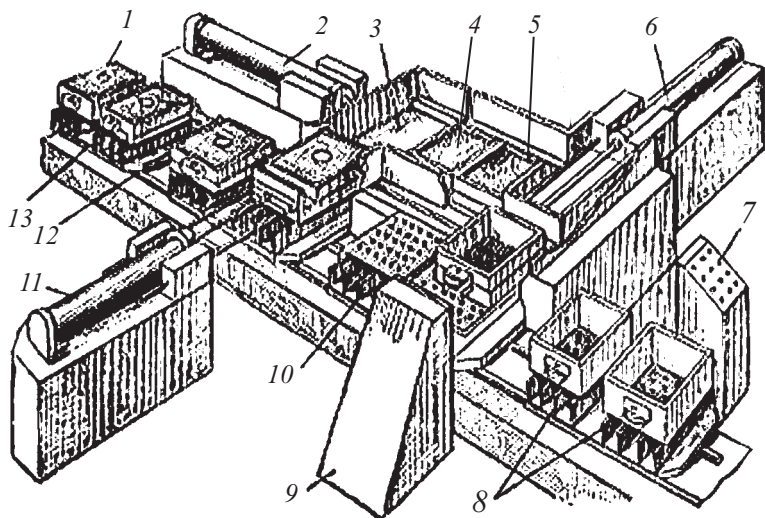


Рис. 6.2. Участок автоматической выбивки форм:

1 – форма; 2, 6, 11 – толкатели; 3 – выбивной стол; 4 – вибрационная решетка; 5 – опоки; 7 – пульт управления; 8 – подставки; 9 – отбойник; 10 – провальная решетка; 12 – литейный конвейер; 13 – тележки конвейера

ния в гидрокамерах (рис. 6.3), где очистка отливок и вымывание стержней осуществляются струей воды или воды с песком под давлением до 150 атм, а также электрогидравлическим ударом.

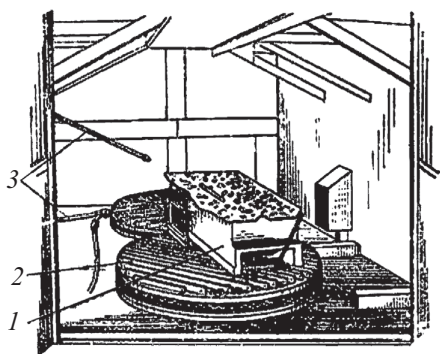


Рис. 6.3. Гидрокамера для очистки отливок и вымывания стержней:

1 – отливка; 2 – поворотный стол; 3 – гидромониторы



**Отделение отливок от литников.** Мелкие чугунные отливки, учитывая хрупкость чугуна, отделяют от литников во время очистки отливок в галтовочных барабанах, на смотровых площадках и на столах с помощью гидроклина, более крупные – ударами кувалды в процессе выбивки из форм или механическими абразивными резаками на механических решетках. От стальных, бронзовых, латунных, алюминиевых отливок литники отрезают пресс-кусачками и ленточными пилами. Питающие бобышки от отливок из чугуна, прибыли от стальных, латунных и бронзовых отливок отрезают или дисковыми пилами, или пламенем газокислородных резаков.

Для отделения литниковых систем и прибыли из чугуна, марганцевой стали, бронзы и алюминия изготовлены машины, в которых клиновые щеки отделителя вставляются между отливкой и литником, затем нажатием на кнопку на рукоятке общий центральный клин проталкивается вперед, раздвигая боковые щеки и разрушая литниковую систему (рис. 6.4).

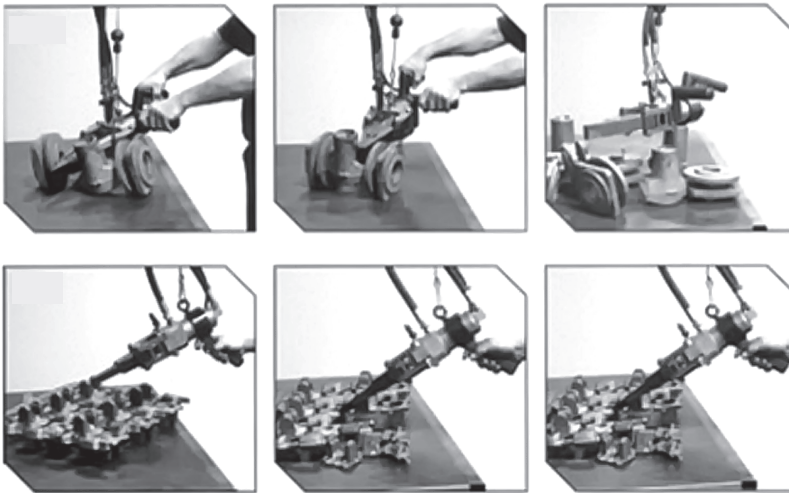


Рис. 6.4. Машинное отделение отливки от литниковой системы

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Опишите процессы формирования отливок в форме.
2. От каких параметров зависит продолжительность охлаждения отливок в форме?

3. Какие технологические задачи решаются на выбивных устройствах?
4. Какой принцип выбивки реализуется во вращающихся охлаждающих барабанах? Опишите работу барабана.

## 6.2. Очистка, обрубка и зачистка отливок

**Очистка отливок.** Для очистки чугунных и стальных отливок применяют различные способы: галтовочный, дробеструйный, электрохимический. Наиболее широкое распространение получила дробеметная очистка отливок, в ходе которой поток чугунной дроби из специальных дробеметных головок направляется на отливку с большой скоростью (70–80 м/с). С учетом массы и размеров очищаемых отливок используют дробеметное оборудование трех видов:

- дробеметные барабаны – для отливок массой 25–400 кг;
- дробеметные столы – для отливок массой 100–550 кг с фасонными поверхностями;
- дробеметные камеры – для крупных отливок массой 350 кг и более (рис. 6.5, 6.6).

**Обрубка отливок.** Удаление заливок, швов, неровностей на внутренних и внешних поверхностях средних и крупных отливок из чугуна и стали, вырубку дефектов для заварки выполняют пневматическими рубильными молотками с зубилами (модели МР-4, МР-5, МР-6, КЕ-22). Для обрубки и зачистки неровностей на поверхностях круп-

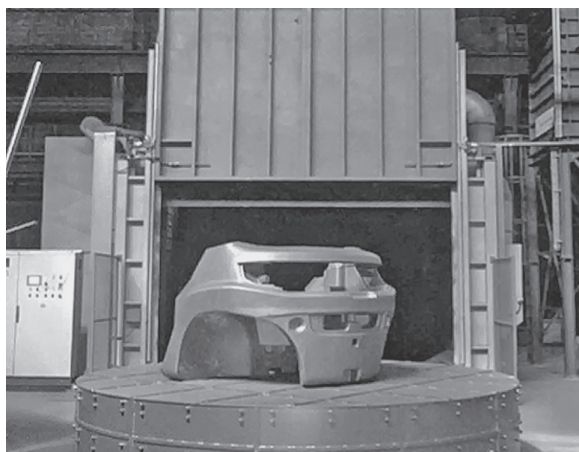


Рис. 6.5. Дробеметная камера очистки отливок с поворотным столом

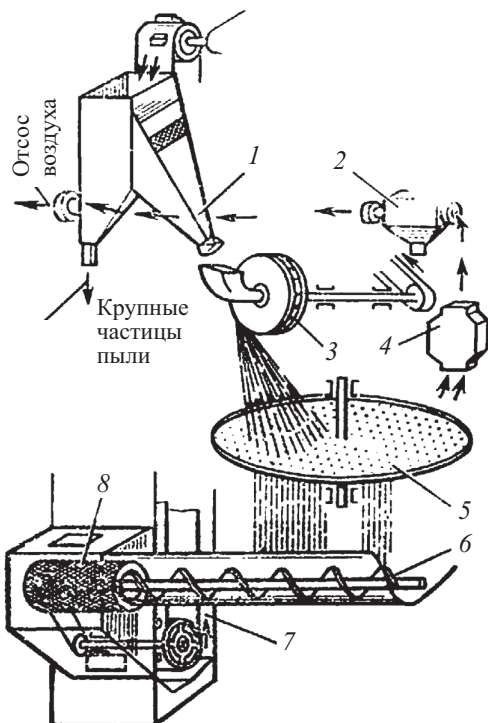


Рис. 6.6. Схема работы дробебетной камеры с поворотным столом:

1 – воздушный сепаратор дробы; 2, 4 – система отсоса пыли; 3 – дробебетный аппарат; 5 – поворотный стол; 6 – шнек; 7 – элеватор; 8 – сито

ных и тяжелых отливок используют воздушно-дуговую электрическую резку.

**Зачистка отливок.** Для зачистки остатков питателей, прибылей и устранения мелких неровностей на наружных поверхностях отливок используют установки, снабженные абразивными корундовыми или карборундовыми кругами. Такие установки подразделяются на стационарные, подвесные маятниковые и переносные с гибким валом (рис. 6.7).

Острые кромки, мелкие неровности, заусенцы отливок удаляют на заточных шлифовальных станках.

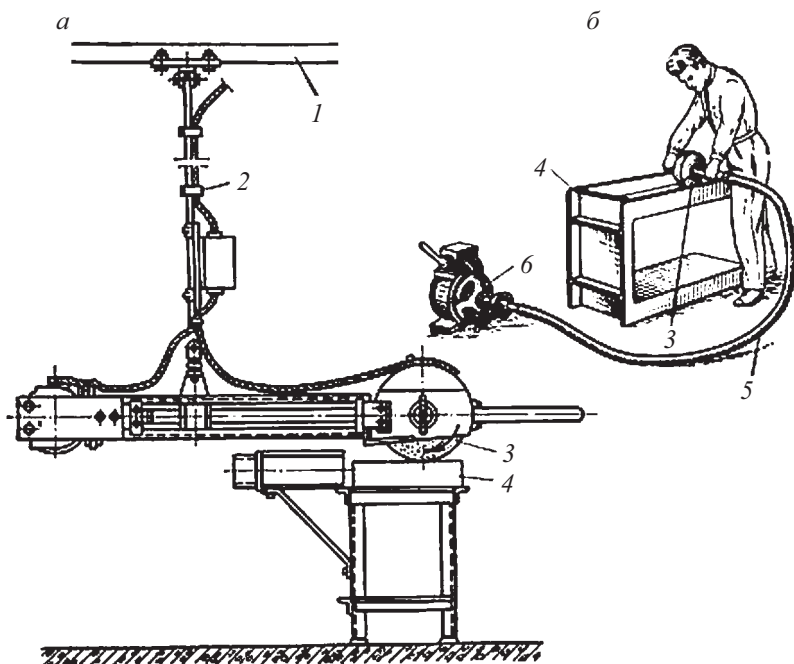


Рис. 6.7. Станки для зачистки отливок:

*a* – подвесной маятниковый; *б* – переносной с гибким валом; 1 – монорельс; 2 – подвеска; 3 – абразивный круг; 4 – отливка; 5 – гибкий вал; 6 – электродвигатель

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Опишите способы очистки чугунных и стальных отливок, применяемое оборудование.
2. В чем заключается сущность операций обрубки и зачистки отливок?

## **6.3. Термическая обработка отливок**

**Термообработка чугунных отливок.** Специфические условия формирования чугунных отливок в литейной форме могут быть причиной образования на поверхности твердой корки отбела, возникновения внутренних напряжений и крупнозернистой структуры, что ведет к снижению технологических и механических свойств металла, ухудшает обрабатываемость отливок режущим инструментом. Отбел обра-

зуется в тонких сечениях и характеризуется образованием цементита  $Fe_3C$  при высокой скорости охлаждения. Для устранения отбела отливку подвергают отжигу, т.е. производят нагрев в специальной печи до 800–900 °С, выдерживают при этой температуре в течение 1–5 ч и медленно охлаждают вместе с печью.

Для снятия внутренних напряжений отливки из серого чугуна подвергают отпуску, который включает нагрев до 550 °С со скоростью 75–100 град/ч, выдержку при этой температуре в течение 2–8 ч и охлаждение вместе с печью до 150–200 °С.

Для повышения износостойкости и механических свойств чугунные отливки подвергают закалке и отпуску. При закалке отливку нагревают до 820–950 °С, выдерживают при этой температуре в течение 1–3 ч, затем охлаждают в воде или масле. Отпуск осуществляют при температуре 450–650 °С.

**Термообработка стальных отливок.** В результате медленного охлаждения в песчано-глинистой форме, обладающей малой теплопроводностью, стальные отливки имеют, как правило, крупнозернистую структуру. Для того чтобы сделать структуру мелкозернистой, улучшить механические свойства металла, снять внутренние напряжения, стальные отливки подвергают отжигу: нагревают до 800–900 °С, выдерживают при этой температуре в течение 3–6 ч, охлаждают вместе с остывающей печью. Термообработка отливок из цветных сплавов проводится с целью выравнивания структуры по сечению, увеличения прочности и твердости металла, снятия внутренних напряжений.

Отливки из алюминиевых сплавов для увеличения прочности и твердости подвергают закалке (нагрев до 510–530 °С, выдержка в течение 2–12 ч), отпуску (нагрев до 150–200 °С, выдержка в течение 1–4 ч), старению (нагрев до 175 °С, выдержка в течение 16 ч). Отливки из магниевых сплавов подвергают старению (нагрев до 175 °С, выдержка в течение 16 ч с последующим охлаждением на воздухе).

Грунтовку и окраску отливок применяют для предохранения отливок от коррозии при длительном хранении или перевозке. Окраске и грунтовке подвергают наружные и внутренние поверхности отливок, не подлежащие обработке резанием. Перед грунтовкой поверхности отливок очищают от песка и пыли в моечных установках. Мелкие и средние отливки грунтуют в проходных окрасочных камерах, где они, подвешенные на крючки цепного подвесного конвейера, окунаются в бак с краской и сушатся в специальных сушильных камерах. Крупные отливки окрашивают на специальных стендах и сушат на воздухе.

## **Требования безопасности при выбивке, очистке, зачистке отливок**

1. Выбивка отливок из форм должна проводиться после окончания кристаллизации металла в форме. Продолжительность охлаждения отливок в форме определяется технологической инструкцией.

2. Выбивные решетки должны оборудоваться укрытиями, накатными устройствами, вытяжной вентиляцией. Эксплуатация выбивных установок без укрытия и вентиляции не допускается.

3. Внутренние поверхности кожухов выбивных решеток должны иметь облицовку из звукоизолирующих материалов.

4. Участки зачистки отливок ручными шлифовальными машинами должны быть оборудованы местными отсосами пыли.

5. Дробеметные, дробеструйные барабаны и столы должны иметь полное укрытие рабочей зоны, блокировку работы при включенной вентиляции, ограждения, шторы и уплотнения, исключающие вылет пыли и дробы из рабочего пространства.

6. Обрубка отливок ручными машинами должна производиться только после их предварительной очистки от пригоревшей смеси с использованием средств индивидуальной защиты.

7. Окраска и грунтовка отливок должны производиться в проветриваемых помещениях с использованием вытяжной вентиляции.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какова цель проведения термообработки отливок?
2. Опишите технологию термической обработки чугунных и стальных отливок.
3. Перечислите основные требования безопасности при выполнении финишных операций изготовления отливок.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## *Приложение 1*

### ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### Термины и определения

ГОСТ 18111–93

(Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 21.10.1993 г.)

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин. Недопустимые к применению термины-синонимы приведены в круглых скобках после стандартизованного термина и обозначены пометкой «ндп.».

Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, их краткие формы, представленные аббревиатурой, – светлым, а синонимы – курсивом.

В случаях, когда в термине содержатся все необходимые и достаточные признаки понятия, определение не приводится и вместо него ставится прочерк.

В алфавитном указателе данные термины приведены отдельно с указанием номера одной статьи.

#### *1. Общие понятия*

**1.1. Литейное (технологическое) оборудование:** совокупность машин, автоматов, установок, плавильных печей, заливочных устройств, манипуляторов, предназначенных для выполнения процессов, операций и переходов изготовления отливок при различных переделах и способах литья, включая специальные средства транспортирования и управления.

**1.2. Литейная установка:** комплекс литейных машин и (или) автоматов, механизмов, манипуляторов, плавильных печей и заливочных устройств, включая специальные средства транспортирования и управления, выполняющий группы операций и (или) переходов, а также определенные процессы литейного производства.

**1.3. Литейная машина:** машина, выполняющая определенные процессы, операции или переходы различных пределов или способов литья при управляющем участии человека.

1.4. **Литейный автомат:** машина, выполняющая определенные процессы, операции или переходы различных переделов или способов литья без участия человека

## *2. Смесеприготовительное оборудование*

2.1. **Охладитель (формовочных материалов):** машина для охлаждения свежих и отработанных формовочных материалов.

2.1.1. **Смешивающий охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал охлаждается при перемешивании и продувке воздухом.

2.1.2. **Ленточный охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал на транспортирующей ленте охлаждается увлажнением и продувкой воздухом.

2.1.3. **Вибрационный охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал на вибрирующем полотне охлаждается и перемещается при продувке воздухом.

2.1.4. **Вертикальный противоточный охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал охлаждается, пересыпаясь с полки на полку навстречу потоку воздуха.

2.1.5. **Элеваторный охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал охлаждается при подъеме элеватором и падении на сторону разгрузки навстречу потоку воздуха.

2.1.6. **Охладитель в «кипящем слое»:** охладитель формовочных материалов, в котором материал охлаждается, находясь во взвешенном состоянии под действием продуваемого через него воздуха.

2.1.7. **Бесконтактный трубчатый охладитель:** охладитель формовочных материалов, в котором материал охлаждается, падая через систему оребренных змеевиков, по которым циркулирует холодная вода.

2.2. **Сито (для формовочных материалов):** машина для просеивания формовочных песков и смесей.

2.2.1. **Барабанное коническое (цилиндрическое) сито:** сито для формовочных материалов с вращающимся вокруг горизонтальной или наклонной оси коническим (цилиндрическим) просеивающим барабаном.

2.2.2. **(Барабанное) полигональное призматическое сито:** сито для формовочных материалов с вращающимся вокруг горизонтальной или наклонной оси многогранным просеивающим барабаном призматической формы.

2.2.3. **(Барабанное) полигональное (пирамидальное) сито:** сито для формовочных материалов с вращающимся вокруг горизонтальной



или наклонной оси многогранным просеивающим барабаном в форме усеченной пирамиды.

**2.2.4. Плоское вибрационное сито:** сито для формовочных материалов с плоским просеивающим полотном, совершающим колебательные движения.

**2.3. (Литейный) смеситель:** машина для смешивания компонентов при приготовлении формовочных и стержневых смесей.

**2.3.1. Лопастной (литейный) смеситель:** литейный смеситель, осуществляющий перемешивание многолопастным валом или валами, вращающимися вокруг горизонтальной или наклонной оси.

**2.3.1.1. Шнеколопастной (литейный) смеситель:** литейный смеситель с рабочим пространством U-образного сечения, осуществляющий смешивание шнеком и лопастным валом, расположенными в разных уровнях.

**2.3.2. Чашечный смеситель:** смеситель с цилиндрическим чашеобразным рабочим пространством, осуществляющий перемешивание вращающимися вокруг вертикальной оси рабочими органами.

**2.3.2.1. Лопастной чашечный смеситель:** чашечный смеситель с рабочими органами в виде лопастей различной формы.

**2.3.2.2. Катковый (чашечный) смеситель** (ндп. *Бегуны*): чашечный смеситель с рабочими органами в виде катков, вращающихся вокруг горизонтальной оси, и скребков.

**2.3.2.3. Центробежный (чашечный) смеситель** (ндп. *Центробежные бегуны*): чашечный смеситель с рабочими органами в виде катков, вращающихся относительно вертикальной оси, и скребков.

**2.3.3. Сдвоенный (чашечный) смеситель:** смеситель с двумя чашами, образующими единую емкость, в каждой из которых имеются рабочие органы.

**2.3.3.1. Сдвоенный лопастной (чашечный) смеситель:** –

**2.3.3.2. Сдвоенный катковый (чашечный) смеситель:** –

**2.3.3.3. Сдвоенный центробежный (чашечный) смеситель:** –

**2.3.4. Турбосмеситель:** смеситель, в котором компоненты смешиваются быстровращающимся лопастным валом, придающим материалу вращательное движение.

**2.3.5. Установка для приготовления и раздачи пластичных или жидких самотвердеющих смесей непрерывного (периодического) действия:** –

**2.3.6. Смеситель холоднотвердеющих смесей;** смеситель ХТС: машина, предназначенная для приготовления и раздачи холоднотвердеющих смесей, представляющая собою поворачивающиеся на тумбестанине один или два плеча с размещенными на них или внутри них лопастными смесителями.

2.3.6.1. **Одноплечий смеситель ХТС:** смеситель холоднотвердеющих смесей, имеющий одно поворотное плечо со смесителем, заканчивающееся выпускным отверстием, перемещающимся по дуге окружности.

2.3.6.2. **Двуплечий смеситель ХТС:** смеситель холоднотвердеющих смесей с двумя поворотными плечами; первое поворачивается относительно тумбы-станины, второе – относительно оси на конце первого, вследствие чего выдача смеси возможна в любом месте зоны поворота плеч.

2.4. **Разрыхлитель (формовочной смеси):** машина для разрыхления и аэрации формовочной смеси.

2.4.1. **Аэратор (формовочной смеси):** разрыхлитель формовочной смеси, в котором формовочная смесь обрабатывается с помощью многолопастного вала, бросающего ее на колеблющуюся завесу.

2.4.1.1. **Надленточный аэратор:** аэратор формовочной смеси, у которого формовочная смесь подхватывается лопастями с ленты транспортера и возвращается разрыхленной на ту же ленту.

2.4.1.2. **Подленточный аэратор:** аэратор формовочной смеси, у которого формовочная смесь подается ленточным транспортером через загрузочную воронку на ротор, а обработанная смесь падает на другой транспортер, проходящий под кожухом аэратора.

2.4.2. **Штифтовой разрыхлитель** (ндп. *Дезинтегратор*): разрыхлитель, в котором смесь обрабатывается с помощью вращающихся в противоположных направлениях дисков, снабженных штифтами.

2.5. **Дробилка (формовочной смеси):** машина для дробления отработанной формовочной и стержневой смесей.

2.6. **Электромагнитный сепаратор (формовочной смеси):** машина или устройство, отделяющее ферромагнитные частицы от отработанной формовочной смеси.

2.7. **Гомогенизатор:** машина, выравнивающая свойства формовочного материала, например отработанной смеси, по ее объему.

2.8. **Сушило для песка:** оборудование, снижающее влажность формовочного песка до заданного предела.

2.9. **Установка для сушки и охлаждения песка в «кипящем слое»:** –

2.10. **Установка для приготовления плакированного песка:** установка для приготовления сыпучих плакированных формовочных смесей, представляющих собой зерна песка, покрытые оболочкой связующего материала.

2.11. **Оттирочная машина:** машина, удаляющая с поверхности зерен песка оболочки из примесей или связующих материалов за счет соударений песчинок во встречных потоках пульпы, создаваемых вращающимися валами с разнонаправленными лопастями.

2.12. **Противоточный каскадный пылеотделитель:** установка, в которой материал обеспыливается, пересыпаясь с полки на полку навстречу потоку воздуха, уносящего пыль.

2.13. **Противоточный вибрационно-каскадный классификатор:** установка, в которой материал освобождается от кусков в вибрирующей камере с ситом и обеспыливается, пересыпаясь с полки на полку навстречу потоку отсасываемого запыленного воздуха.

2.14. **Пневморегенератор:** установка, очищающая зерна песка от пленки отработавшего связующего или загрязнений путем трения и соударений песчинок друг о друга и о преграду, на которую выбрасывается песчано-воздушная смесь.

2.15. **Агитационный чан:** устройство, состоящее из резервуара с вращающимся лопастным вертикальным валом, служащее для поддержания во взвешенном состоянии твердых частиц пульпы и ее перемешивания.

### *3. Машины для изготовления форм и стержней*

3.1. **Формовочная машина:** машина для изготовления разовых песчаных полуформ и форм.

3.1.1. **Прессовая формовочная машина:** формовочная машина, в которой формовочная смесь уплотняется прессованием.

3.1.2. **Вибропрессовая формовочная машина:** прессовая формовочная машина с одновременной вибрацией.

3.1.3. **Встряхивающая формовочная машина:** формовочная машина, в которой формовочная смесь уплотняется встряхиванием.

3.1.4. **Встряхивающая с допрессовкой формовочная машина:** встряхивающая формовочная машина, в которой прессованием, практически не влияющим на уплотнение в зоне модели, доуплотняется сторона набивки – контрлада полуформы.

3.1.5. **Встряхивающе-прессовая формовочная машина:** встряхивающая формовочная машина с одновременным или последующим прессованием.

3.1.6. **Встряхивающая с допрессовкой формовочная машина с поворотным столом:** встряхивающая с допрессовкой формовочная машина, у которой стол с полуформой после встряхивания поворачивается вокруг горизонтальной оси на 180°, затем происходит прессование, а модель извлекается при опускании полуформы.

3.1.7. **Встряхивающе-прессовая формовочная машина со штифтовым съемом:** встряхивающе-прессовая формовочная машина, у которой модель извлекается подъемом полуформы на штифтах или опусканием модели, а полуформа остается на поднятых штифтах.

**3.1.8. Встряхивающе-прессовая формовочная машина с протяжной рамкой:** встряхивающе-прессовая формовочная машина, у которой модель извлекается подъемом полуформы на рамке или опусканием модели, а полуформа остается на поднятой рамке.

**3.1.9. Встряхивающая с допрессовкой формовочная машина со штифтовым съемом:** встряхивающая с допрессовкой формовочная машина, у которой модель извлекается подъемом полуформы на штифтах или опусканием модели, а полуформа остается на поднятых штифтах.

**3.1.10. Встряхивающая с допрессовкой формовочная машина с протяжной рамкой:** встряхивающая с допрессовкой формовочная машина, у которой модель извлекается подъемом полуформы на рамке или опусканием модели, а полуформа остается на поднятой рамке.

**3.1.11. Встряхивающе-прессовая формовочная машина с поворотной колонной:** встряхивающе-прессовая формовочная машина, у которой блок механизмов встряхивания и прессования поворачивается вокруг горизонтальной оси на  $180^\circ$ , а модель извлекается при обратном ходе прессового поршня.

**3.1.12. Встряхивающая с допрессовкой формовочная машина с поворотной колонной:** встряхивающая с допрессовкой формовочная машина, у которой блок механизмов встряхивания и прессования поворачивается вокруг горизонтальной оси на  $180^\circ$ , а модель извлекается при обратном ходе прессового поршня.

**3.1.13. Встряхивающая формовочная машина с перекидным столом:** встряхивающая формовочная машина, у которой после уплотнения стол с полуформой переворачивается Г-образными рычагами на  $180^\circ$  вокруг горизонтальной оси, смещаясь в горизонтальном и вертикальном направлениях в положение под столом для приема полуформ.

**3.1.14. Встряхивающе-прессовая формовочная машина с перекидным столом:** встряхивающе-прессовая формовочная машина, у которой после уплотнения стол с полуформой переворачивается Г-образными рычагами на  $180^\circ$  вокруг горизонтальной оси, смещаясь в горизонтальном и вертикальном направлениях в положение над столом для приема полуформ.

**3.1.15. Встряхивающая формовочная машина с поворотно-перекидным столом:** встряхивающая формовочная машина, у которой стол с уплотненной полуформой переворачивается системой рычагов на  $180^\circ$  вокруг горизонтальной оси, смещаясь в горизонтальном и вертикальном направлениях в положение над столом для приема полуформы.

**3.1.16. Безопочная формовочная машина:** машина для изготовления блоков полуформ, полуформ, форм в формовочных камерах, в съемных опоках, удаляемых после уплотнения.

3.1.17. **Импульсная формовочная машина:** формовочная машина, уплотняющая смесь прессованием быстро нарастающим давлением воздуха или газа в замкнутом пространстве, одной из поверхностей которого является сторона набивки полуформы.

3.1.18. **Вибрационный стол:** устройство, уплотняющее вибрацией холоднотвердеющие смеси в опоках или стержневых ящиках.

3.1.19. **Вытяжное (литейное) устройство:** устройство, извлекающее модель из полуформы.

3.1.20. **Поворотное-вытяжное устройство:** устройство, извлекающее модель из полуформы после поворота на 180°.

3.1.21. **Скребокковое заравнивающее устройство:** устройство, срезающее с помощью скребка излишек смеси со стороны набивки опочной полуформы.

3.1.22. **Шнековое заравнивающее устройство:** устройство, срезающее с помощью шнека излишек смеси со стороны набивки опочной полуформы.

3.2. **Пескомет:** формовочная машина, заполняющая и уплотняющая смесь в опоке или стержневом ящике последовательно выбрасываемыми пескометной головкой пакетами смеси.

3.2.1. **Подвесной пескомет:** пескомет, состоящий из подвесной пескометной головки, заполняющей смесь опоку или стержневой ящик, подводимые под нее транспортным устройством.

3.2.2. **Стационарный пескомет:** пескомет, у которого головка, установленная на консольной системе рычагов, с их помощью перемещается над опокой.

3.2.3. **Передвижной консольный пескомет:** пескомет, перемещающийся на тележке по рельсам, один из которых укреплен на уровне пола, а другой – на несущей конструкции.

3.2.4. **Передвижной напольный пескомет:** пескомет, перемещающийся по двум рельсам в одном уровне и снабженный бункером для смеси.

3.2.5. **Мостовой пескомет:** пескомет, у которого головка расположена на тележке, перемещающейся по мостовой конструкции, которая в свою очередь может перемещаться.

3.2.6. **Ширококовшовый пескомет:** пескомет с головкой большой ширины, обеспечивающей заполнение и уплотнение смеси в опоке (стержневом ящике) на всю ширину.

3.3. **Машина для изготовления оболочковых полуформ:** машина для изготовления тонкостенных полуформ из термореактивных или плакированных смесей.

3.4. **Машина для склейки оболочковых полуформ:** –

3.5. **Стержневая машина:** машина для изготовления стержней.

**3.5.1. Пескодудная стержневая машина:** стержневая машина для изготовления песчаных стержней путем подачи из трубопровода в резервуар со смесью сжатого воздуха, увлекающего ее в стержневой ящик.

**3.5.2. Пескострельная стержневая машина:** стержневая машина для изготовления песчаных стержней путем подачи быстродействующим клапаном из ресивера в резервуар-гильзу со смесью через большое количество отверстий в стенках гильзы сжатого воздуха, увлекающего смесь в стержневой ящик.

**3.5.3. Поворотно-вытяжная стержневая машина:** машина, поворачивающая на  $180^\circ$  и извлекающая стержень из стержневого ящика.

**3.5.4. Мундштучная стержневая машина:** стержневая машина для изготовления стержней путем выдавливания стержневой смеси через мундштук определенной формы.

**3.5.5. Машина для изготовления оболочковых стержней:** пескодудная стержневая машина для изготовления стержней из сыпучих лакированных смесей.

#### ***4. Оборудование для выбивки литейных форм и стержней***

**4.1. Вибратор навесной:** вибратор, навешиваемый на поднятую подъемно-транспортным устройством опоку для выбивки из нее отливок и отработанной смеси.

**4.2. Выбивная траверса:** траверса с вибраторами, на которой подвешивают опоку для выбивки из нее отливок и отработанной смеси.

**4.3. Выбивная решетка:** машина, выбивающая из опок отливки и отработанную смесь (или разрушающая безопочные формы) и отделяющая отливки и опоку от отработанной смеси путем встряхивания на решетчатом полотне.

**4.3.1. Выбивная решетка эксцентриковая:** выбивная решетка с эксцентриковым вибровозбудителем.

**4.3.2. Выбивная решетка инерционная:** выбивная решетка с центробежным вибровозбудителем.

**4.3.3. Выбивная решетка инерционно-ударная:** выбивная решетка с центробежным вибровозбудителем, у которой выбиваемая форма устанавливается на дополнительные опоры.

**4.3.4. Выбивной барабан:** вращающийся относительно горизонтальной или наклонной оси барабан длиной от 3. до 1.0. диаметров, в котором за счет падения и перекатывания форм происходит их разрушение и отделение отливок от формовочной смеси.

**4.4. Гидравлическая установка:** установка, в которой от отливок, помещаемых в камеру, формовочную и стержневую смеси отделяют струей воды под высоким давлением.

4.5. **Электрогидравлическая установка; ЭГУ:** установка, в которой отливок, помещаемых в емкость с жидкостью, формовочная и стержневая смеси отделяются под воздействием ударных волн и гидротоков, возникающих при электрическом разряде в жидкости.

4.5.1. **Электрогидравлическая установка периодического (непрерывного) действия:** электрогидравлическая установка, у которой отливки загружают, выбивают и выгружают последовательно, порциями непрерывно.

4.5.2. **Тупиковая электрогидравлическая установка:** электрогидравлическая установка периодического действия, у которой отливки загружают и выгружают с одной стороны при челночном движении загрузочного устройства.

4.5.3. **Проходная электрогидравлическая установка периодического действия:** электрогидравлическая установка, у которой отливки загружают и выгружают с различных сторон порциями.

4.5.4. **Конвейерная электрогидравлическая установка периодического действия:** электрогидравлическая установка, у которой отливки подают к установке и от нее конвейером.

4.5.5. **Конвейерная электрогидравлическая установка непрерывного действия:** электрогидравлическая установка, работающая с конвейерным загрузочным устройством непрерывного действия.

## ***5. Оборудование для очистки и зачистки отливок***

5.1. **Галтовочный барабан:** машина периодического действия, очищающая отливки за счет их соударений и трения друг о друга во вращающемся вокруг горизонтальной или наклонной оси барабане цилиндрической или многогранной формы.

5.2. **Галтовочный барабан непрерывного действия:** машина непрерывного действия, очищающая отливки за счет их соударений и трения друг о друга во вращающемся вокруг наклонной оси цилиндрическом барабане, загружающаяся и разгружающаяся во время работы.

5.3. **Дробеметный барабан:** машина, очищающая отливки и выбивающая стержни во вращающемся резервуаре или в рабочем пространстве, образованном подвижными элементами, потоком дроби, выбрасываемой одним или несколькими дробеметными аппаратами.

5.3.1. **Конвейерный дробеметный барабан:** дробеметный барабан периодического действия, в котором очищаемые и отделяемые от стержней отливки поддерживаются пластинчатым или ленточным транспортером.

5.3.2. **Дробеметный барабан периодического (непрерывного) действия:** дробеметный барабан, в котором загрузка, очистка и выгрузка отливок осуществляются периодически, порциями непрерывно.

**5.4. Дробеметный очистной барабан:** машина, очищающая отливки во вращающемся резервуаре или в рабочем пространстве, образованном подвижными элементами, потоком дробы, выбрасываемой одним или несколькими дробеметными аппаратами.

**5.4.1. Конвейерный дробеметный очистной барабан:** дробеметный очистной барабан, в котором очищаемые отливки поддерживаются пластинчатым или ленточным транспортером.

**5.5. Дробеметная камера:** установка для очистки отливок и частичной выбивки стержней потоком дробы от одного или нескольких дробеметных аппаратов.

**5.5.1. Дробеметная камера непрерывного действия:** дробеметная камера, у которой загрузка, обработка и выгрузка происходят непрерывно.

**5.5.2. Дробеметная камера периодического действия:** дробеметная камера, у которой загрузка, обработка и выгрузка осуществляются порциями.

**5.6. Дробеструйная камера:** установка для очистки отливок потоком дробы, выбрасываемой одним или несколькими дробеструйными аппаратами, с периодической подачей отливок.

**5.7. Дробеметно-дробеструйная камера:** установка для очистки отливок и частичной выбивки стержней потоками дробы, выбрасываемой одним или несколькими дробеметными и дробеструйными аппаратами, с периодической подачей отливок.

**5.8. Дробеметный стол:** машина с круглым, вращающимся вокруг вертикальной центральной оси столом, на котором размещают отливки, очищаемые потоком дробы в рабочем пространстве, перекрывающем часть площади стола.

**5.9. Вибрационная машина:** машина, в которой отливки очищаются вследствие вибрации камеры, колебательных перемещений и взаимного трения отливок.

**5.10. Машина для зачистки отливок периферией абразивного круга:** –

**5.11. Механизированный комплекс для зачистки отливок периферией абразивного круга:** –

**5.12. Установка для зачистки отливок торцом абразивного круга:** –

**5.13. Установка для абразивной отрезки (литников и прибылей):** –

## ***6. Машины для литья под давлением***

**6.1. Машина (для) литья под давлением:** машина, осуществляющая замыкание, прижим пресс-формы, запрессовку в нее жидкого ме-



талла под высоким давлением, выдержку отливки до затвердевания, размыкание пресс-формы и выталкивание отливки.

**6.1.1. Машина (для) литья под давлением с холодной камерой прессования:** машина для литья под давлением с камерой прессования, наружная поверхность которой не соприкасается с жидким металлом.

**6.1.1.1. Машина (для) литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования:** –

**6.1.1.2. Машина (для) литья под давлением с холодной вертикальной камерой прессования:** –

**6.1.2. Машина (для) литья под давлением с горячей камерой прессования:** машина для литья под давлением, камера прессования которой погружена в жидкий металл.

**6.2. Машина (для) литья под низким давлением:** машина, осуществляющая смыкание формы, заливку металла под давлением сжатого газа, выдержку отливки до затвердевания, размыкание формы и выталкивание отливки.

**6.3. Машина (для) литья с противодавлением:** машина, осуществляющая смыкание формы, заливку металла под давлением сжатого газа, выдержку отливки до затвердевания под давлением сжатого газа, меньше, чем давление заливки, размыкание формы и выталкивание отливки.

## *7. Машины для литья в кокиль*

**7.1. Кокильная машина:** машина, осуществляющая смыкание кокиля, выдержку отливки во время кристаллизации, размыкание кокиля и удаление отливок.

**7.1.1. (Однопозиционная) кокильная машина с вертикальным разъемом:** кокильная машина с расположенными вертикально подкокильными плитами для крепления основных формообразующих частей кокиля.

**7.1.2. (Однопозиционная) кокильная машина с горизонтальным разъемом:** кокильная машина с горизонтально расположенными подкокильными плитами для крепления основных формообразующих частей кокиля.

**7.1.3. (Однопозиционная) кокильная машина с комбинированным разъемом:** кокильная машина с подкокильными плитами, расположенными в различных плоскостях.

**7.1.4. Карусельная кокильная машина:** кокильная машина, состоящая из нескольких кокильных секций, установленных на вращающемся столе.

## **8. Машины для центробежного литья**

**8.1. Центробежная машина:** машина для получения отливок во вращающейся форме – центробежной изложнице.

**8.2. Горизонтальная центробежная машина:** центробежная машины с горизонтальной осью вращения изложницы.

**8.2.1. Консольная горизонтальная центробежная машина:** горизонтальная центробежная машина, у которой изложница прикреплена с одной стороны, консольно.

**8.2.2. Двуопорная горизонтальная центробежная машина:** горизонтальная центробежная машина, у которой изложница закреплена с обеих сторон.

**8.2.3. Роликовая горизонтальная центробежная машина:** горизонтальная центробежная машина, изложница которой вращается, опираясь на ролики.

**8.3. Вертикальная центробежная машина:** центробежная машина с вертикальной осью вращения изложницы.

**8.3.1. Вертикальная центробежная машина с центральной осью:** вертикальная центробежная машина, у которой оси вращения изложницы и отливки совпадают.

**8.3.2. Вертикальная центробежная машина со смещенной осью:** вертикальная центробежная машина, у которой изложницы вращаются относительно оси, расположенной на расстоянии от рабочей изложницы.

## **9. Оборудование для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям**

**9.1. Автомат для приготовления модельной пасты:** автомат, выполняющий расплавление модельного состава, его перевод в пастообразное состояние подмешиванием до 20% воздуха и подачу пасты под давлением к оборудованию для изготовления моделей.

**9.2. Автомат для изготовления моделей (модельных звеньев):** –

**9.3. Установка для склейки моделей:** –

**9.4. Установка для приварки моделей к стоякам:** –

**9.5. Установка для сварки стояков:** –

**9.6. Установка для окраски блоков:** –

**9.7. Автомат для изготовления пенополистироловых моделей:** –

**9.8. Установка для приготовления огнеупорного покрытия:** –

**9.9. Агрегат для приготовления огнеупорного покрытия:** –

**9.10. Агрегат для хранения и транспортирования огнеупорного покрытия:** –

9.11. **Установка для выплавки модельного состава:** –

9.12. **Бойлер-автоклав для выплавки модельного состава:** агрегат для выплавки модельного состава, имеющий парогенератор и автоклав, в котором модельный состав паром выплавляется из керамических форм.

9.13. **Установка для формовки керамических форм:** –

9.14. **Установка для выбивки опок:** –

9.15. **Установка для отделения керамики:** установка, имеющая закрытую вентилируемую кабину, в которой от блока отливок с помощью отбойного механизма, наносящего удары вдоль оси стояка, отделяется керамика, а частично – и отливки.

9.16. **Автомат для выщелачивания керамики:** –

## ***10. Оборудование для плавки и заливки металла***

10.1. **Вагранка:** шахтная печь цилиндрического сечения для получения жидкого чугуна.

10.2. **Дуговая электропечь:** электропечь, в которой металл плавится за счет тепла от электрической дуги, горящей между электродами и металлом или между электродами.

10.3. **Индукционная электропечь:** электропечь, в которой металл плавится за счет его нагрева электромагнитной индукцией.

10.3.1. **Тигельная индукционная электропечь:** индукционная электропечь, в которой металл плавится в тигле, располагающемся внутри индуктора.

10.3.2. **Канальная электропечь:** индукционная электропечь, в которой металл плавится в плавильном канале.

10.4. **Электропечь сопротивления:** электропечь, в которой плавка, перегрев или поддержание температуры металла осуществляются нагревом сопротивлением.

10.5. **Электропечь-миксер:** электропечь пониженной по сравнению с плавильной электропечью мощностью, в которой перегревают или поддерживают температуру расплавленного в другой печи металла.

## ***11. Комплексно-механизированные и автоматические линии и системы для литейного производства***

11.1. **Автоматическая формовочная линия:** комплекс литейных машин, механизмов и подъемно-транспортных устройств, выполняющий автоматически все операции и межоперационное транспортирование от разделения опок до сборки форм и передачи их на заливочный конвейер.

11.2. **Опочная автоматическая формовочная линия:** –

11.3. **Безопочная автоматическая формовочная линия:** –

11.4. **Формовочная блок-линия:** комплекс литейных машин, механизмов и подъемно-транспортных устройств, выполняющий автоматически операции и межоперационное транспортирование, начиная с разделения опок и включая сборку форм, приспособленный для встраивания в автоматическую формовочную линию.

11.5. **Комплексная автоматическая формовочная линия:** автоматическая формовочная линия, выполняющая автоматически все операции изготовления отливок в разовых песчаных формах, включая заливку форм и выбивку отливок, а также межоперационное транспортирование.

11.6. **Стержневая автоматическая линия:** комплекс литейных машин, механизмов, подъемно-транспортных устройств, выполняющий автоматически все операции изготовления стержней и межоперационного транспортирования.

11.7. **Смесеприготовительная автоматическая система:** комплекс технологических и транспортно-передаточных машин, осуществляющих автоматически подготовку исходных материалов и приготовление формовочных или стержневых смесей.

11.8. **Робототехнологический комплекс изготовления оболочковых форм:** комплекс из машин для изготовления и склейки оболочковых форм, манипуляторов для межоперационного транспортирования, объединенный системой программного управления.

11.9. **Автоматическая линия литья в облицованный кокиль:** комплекс технологического оборудования и транспортно-передаточных механизмов, осуществляющих автоматически нанесение облицовки, сборку, разборку и обслуживание кокилей.

11.10. **Автоматическая линия непрерывного горизонтального литья (профильных чугунных заготовок):** комплекс технологического оборудования, осуществляющего автоматически горизонтальное вытягивание литой профильной заготовки из формы кристаллизатора, разделение ее на отрезки нужной длины и укладку заготовок в тару.

11.11. **Гибкий модуль литья под давлением 1-го уровня автоматизации;** ГМ ЛПД 1: машина для литья под давлением, оснащенная устройствами, выполняющими автоматически заливку сплава в камеру прессования, удаление отливок и отходов, защиту от аварийных ситуаций, закрепление и раскрепление пресс-форм и смену управляющих программ.

11.12. **Гибкий модуль литья под давлением 2-го уровня автоматизации;** ГМ ЛПД 2: гибкий модуль литья под давлением, выполняющий автоматически операции для гибкого модуля литья под давлением

1-го уровня автоматизации и контроль полноты извлечения отливки, подналадку усилия запираения пресс-формы, а при работе в составе гибкой производственной системы и контроль качества отливок.

**11.13. Гибкий модуль литья под давлением 3-го уровня автоматизации;** ГМ ЛПД 3: гибкий модуль литья под давлением, выполняющий автоматически операции гибкого модуля литья под давлением 2-го уровня автоматизации и имеющий автоматическую адаптацию технологического процесса.

**11.14. Гибкая производственная система литья под давлением 1-го уровня автоматизации;** ГПС ЛПД 1: гибкая производственная система изготовления отливок литьем под давлением, автоматически выполняющая накопление и транспортирование жидкого металла, отливок и отходов, тары для отливок, пресс-форм, технологических смазок и рабочих жидкостей, управление технологическими и производственными процессами, смену управляющих программ.

**11.15. Гибкая производственная система литья под давлением 2-го уровня автоматизации;** ГПС ЛПД 2: гибкая производственная система изготовления отливок литьем под давлением, автоматически выполняющая операции гибкой производственной системы литья под давлением 1-го уровня автоматизации и заливку жидкого металла в камеру прессования, удаление отливок и отходов, нанесение технологических смазок.

**11.16. Гибкая производственная система литья под давлением 3-го уровня автоматизации;** ГПС ЛПД 3: гибкая производственная система изготовления отливок литьем под давлением, выполняющая автоматически операции гибкой производственной системы литья под давлением 2-го уровня автоматизации с дополнительным автоматическим контролем качества отливок, состояния и функционирования технических средств с их автоматизированной диагностикой и технологической подготовкой производства.

**11.17. Комплексно-механизированная литейная линия:** совокупность литейных машин, механизмов, средств межоперационного транспортирования, предназначенная для выполнения взаимосвязанных функций в литейном процессе механизированно, без применения тяжелого ручного труда и управляемая операторами.

**11.18. Автоматизированная литейная линия:** совокупность литейных машин, механизмов, средств межоперационного транспортирования, предназначенная для выполнения взаимосвязанных функций в литейном процессе, в которой часть управления выполняется операторами.

**11.19. Плуавтоматическая литейная линия:** совокупность литейных машин, механизмов, средств межоперационного транспортирова-

ния, предназначенная для выполнения взаимосвязанных функций в литейном процессе, в которой выполнение отдельных операций и переходов, включая и операции управления, выполняется операторами.

## *12. Составные части литейного оборудования*

12.01. **Чаша:** рабочее пространство чашечного смесителя, образованное круглым днищем и цилиндрической обечайкой.

12.02. **Каток:** дискообразное тело с горизонтальной или вертикальной осью вращения, осуществляющее в катковых смесителях разминание комьев смеси и ее перетираание под действием собственного веса, системы нагружения и (или) центробежных сил.

12.03. **Скребок:** плоская или сложной формы лопатка, закрепленная на роторе смесителя или его консолях и осуществляющая перемешивание.

12.04. **Отвал:** скребок, осуществляющий перемещение смешиваемого материала от центра чаши к периферии.

12.05. **Стол формовочной машины:** плоская массивная деталь формовочной машины, служащая для размещения и крепления модельной плиты с моделью и опоки, на которой происходит уплотнение смеси.

12.06. **Встряхивающий стол:** стол, совершающий движения подъема и падения при уплотнении встряхиванием.

12.07. **Поворотный стол:** стол, движущийся вместе со встряхивающим столом, который после уплотнения выводится из контакта с последним, поворачивается на  $180^\circ$ , после чего отделяется модель от полуформы, обращенной плоскостью разъема вверх. Отделению модели от полуформы может предшествовать операция прессования.

12.08. **Перекидной стол:** стол, движущийся вместе со встряхивающим столом, который после уплотнения с помощью Г-образных рычагов поворачивается вокруг горизонтальной оси на  $180^\circ$ , смещаясь одновременно в вертикальном и горизонтальном направлениях в положение над приемным столом, после чего осуществляется разделение модели и полуформы, обращенной разъемом вверх.

12.09. **Поворотно-перекидной стол:** стол, выполняющий движения встряхивания вместе со встряхивающим столом, который после встряхивания поворачивается с помощью рычагов и тяг на  $180^\circ$  относительно горизонтальной оси, одновременно смещаясь в вертикальном и горизонтальном направлениях в положение над приемным столом, после чего осуществляется разделение модели и полуформы, обращенной плоскостью разъема вверх.

12.10. **Прессовая плита:** плоская массивная деталь формовочной машины, передающая усилие прессования на прессовую колодку (при верхнем прессовании) или воспринимающая это усилие (при нижнем прессовании).

12.11. **Прессовая колодка:** массивная сменная деталь формовочной машины, закрепляемая на прессовой плите и непосредственно контактирующая с формовочной смесью при прессовании.

12.12. **Прессовая траверса:** деталь формовочной машины, закрепляемая на колонне или колоннах, несущая прессовую плиту и воспринимающая усилие прессования.

12.13. **Поворотная (прессовая) траверса:** прессовая траверса консольной или двуопорной конструкции, находящаяся в период подачи смеси в опоку вне рабочего пространства и поворачивающаяся в положение прессования перед его началом.

12.14. **Пескометная головка:** механизм пескомета, осуществляющий формирование пакетов смеси и их выброс в определенном направлении с необходимой для уплотнения скоростью.

12.15. **Подвижная плита:** массивная деталь машины для литья под давлением, несущая подвижную часть пресс-формы и передвигающаяся при ее запирации по колоннам и направляющим станины.

12.16. **Неподвижная плита:** –

12.17. **Пресс-стакан:** сменная полая цилиндрическая деталь машины для литья под давлением, имеющая отверстие для заливки металла, в которой располагается и перемещается пресс-плунжер, запрессовывающий металл в полость пресс-формы.

12.18. **Пресс-плунжер:** –

12.19. **Подкокильная плита:** массивная подвижная или неподвижная плита кокильной машины, на которой закрепляются части кокиля.

12.20. **Главная монтажная плита:** составная часть кокильной машины, предназначенная для крепления главной части кокиля непосредственно или с помощью монтажного мостика.

12.21. **Вспомогательная монтажная плита:** составная часть кокильной машины, предназначенная для крепления остальных частей кокиля, стержней или выталкивателей.

12.22. **Монтажная плоскость стола:** главная горизонтальная монтажная плоскость, на которой непосредственно или с помощью монтажного мостика крепят неподвижную часть кокиля или вспомогательной монтажной плиты.

12.23. **Монтажный мостик:** устройство, с помощью которого крепят кокиль на главной монтажной плите.

12.24. **Кокильная секция:** рабочий узел карусельной кокильной машины, предназначенный для установки кокильной оснастки.

12.25. **Формовочный автомат:** элемент автоматической формовочной или комплексной линии, осуществляющий в автоматическом режиме все операции изготовления разовых песчаных форм.

12.26. **Сборщик форм:** элемент формовочной или комплексной линии, осуществляющий сборку форм.

12.27. **Кантователь:** устройство для переворачивания опок и (или) полуформ относительно горизонтальной оси на 180 или 360°.

12.28. **Распаровщик:** устройство для отделения верхней и нижней опок друг от друга после выбивки.

12.29. **Грузоукладчик:** агрегат для установки грузов на собранную форму перед заливкой, снятия грузов с залитых форм и передачи их на позицию нагружения.

12.30. **Накопитель форм:** устройство транспортной системы формовочной или комплексной линии, предназначенное для накопления готовых форм для заливки, а также для компенсации сбоя ритма работы участков линии.

12.31. **Дробеметный аппарат:** механизм, осуществляющий с помощью вращающегося ротора разгон дроби до нужной скорости и ее выбрасывание в определенном направлении.

12.32. **Дробеструйный аппарат:** механизм, осуществляющий с помощью сжатого воздуха разгон дроби до нужной скорости и ее выбрасывание.

### Алфавитный указатель терминов

Автомат для выщелачивания керамики	9.1.6
Автомат для изготовления моделей	9.2
Автомат для изготовления модельных звеньев	9.2
Автомат для изготовления пенополистироловых моделей	9.7
Автомат для приготовления модельной пасты	9.1
Автомат литейный	1.4
Автомат формовочный	12.25
Агрегат для приготовления огнеупорного покрытия	9.9
Агрегат для хранения и транспортирования огнеупорного покрытия	9.10
Аппарат дробеметный	12.31
Аппарат дробеструйный	12.32
Аэратор	2.4.1
Аэратор надленточный	2.4.1.1
Аэратор подленточный	2.4.1.2
Аэратор формовочной смеси	2.4.1



Барабан выбивной	4.3.4
Барабан галтовочный	5.1
Барабан дробеметный	5.3
Барабан дробеметный конвейерный	5.3.1
Барабан непрерывного действия галтовочный	5.2
Барабан непрерывного действия дробеметный	5.3.2
Барабан очистной дробеметный	5.4
Барабан очистной дробеметный конвейерный	5.4.1
Барабан периодического действия дробеметный	5.3.2
<i>Бегуны</i>	2.3.2.2
<i>Бегуны центробежные</i>	2.3.2.3
Блок-линия формовочная	11.4
Бойлер-автоклав для выплавки модельного состава	9.12
Вагранка	10.1
Вибратор навесной	4.1.
ГМ ЛПД 1	11.11
ГМ ЛПД 2	11.12
ГМ ЛПД 3	11.3
Головка пескометная	12.14
Гомогенизатор	2.7
ГПС ЛПД 1	11.14
ГПС ЛПД 2	11.15
ГПС ЛПД 3	11.16
Грузоукладчик	12.29
<i>Дезинтегратор</i>	2.4.2
Дробилка	2.5
Дробилка формовочной смеси	2.5
Камера-автоклав	10.7
Камера дробеметная	5.5
Камера дробеметно-дробеструйная	5.7
Камера дробеструйная	5.6
Камера непрерывного действия дробеметная	5.5.1
Камера периодического действия дробеметная	5.5.2
Кантователь опок	12.27

Классификатор вибрационно-каскадный противоточный	2.13
Колодка прессовая	12.11
Комплекс для зачистки отливок периферией абразивного круга механизированный	5.11
Комплекс плавильный	10.6
Комплекс изготовления оболочковых форм робото-технологический	11.8
Копильник	10.9
Копильник индукционный	10.9.1
Линия стержневая автоматическая	11.6
Линия формовочная автоматическая	11.1
Линия формовочная автоматическая безопочная	11.3
Линия формовочная автоматическая комплексная	11.5
Линия формовочная автоматическая опочная	11.2
Линия литейная автоматизированная	11.18
Линия литья в облицованный кокиль автоматическая	11.9
Линия непрерывного горизонтального литья автоматическая	11.10
Линия непрерывного горизонтального литья профильных чугунных заготовок автоматическая	11.10
Линия литейная комплексно-механизированная	11.17
Линия литейная полуавтоматическая	11.19
Машина вибрационная	5.9
Машина для зачистки отливок периферией абразивного круга	5.10
Машина для изготовления оболочковых полуформ	3.3
Машина для изготовления оболочковых стержней	3.5.5
Машина для литья под давлением	6.1
Машина для литья под давлением с горячей камерой прессования	6.1.2
Машина для литья под давлением с холодной камерой прессования	6.1.1
Машина для литья под давлением с холодной вертикальной камерой прессования	6.1.1.2
Машина для литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования	6.1.1.1
Машина для литья под низким давлением	6.2

Машина для литья с противодавлением	6.3
Машина для склейки оболочковых полуформ	3.4
Машина кокильная	7.1
Машина кокильная карусельная	7.1.4
Машина кокильная однопозиционная с вертикальным разъемом	7.1.1
Машина кокильная однопозиционная с горизонтальным разъемом	7.1.2
Машина кокильная однопозиционная с комбинированным разъемом	7.1.3
Машина кокильная с вертикальным разъемом	7.1.1
Машина кокильная с горизонтальным разъемом	7.1.2
Машина кокильная с комбинированным разъемом	7.1.3
Машина литейная	1.3
Машина литья под давлением	6.1
Машина литья под давлением с горячей камерой прессования	6.1.2
Машина литья под давлением с холодной камерой прессования	6.1.1
Машина литья под давлением с холодной вертикальной камерой прессования	6.1.1.2
Машина литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования	6.1.1.1
Машина литья под низким давлением	6.2
Машина литья с противодавлением	6.3
Машина оттирочная	2.11
Машина стержневая	3.5
Машина стержневая мундштучная	3.5.4
Машина стержневая пескодувная	3.5.1
Машина стержневая пескострельная	3.5.2
Машина стержневая поворотнo-вытяжная	3.5.3
Машина формовочная	3.1
Машина формовочная безопочная	3.1.16
Машина формовочная вибропрессовая	3.1.2
Машина формовочная встряхивающая	3.1.3
Машина формовочная встряхивающая с допрессовкой	3.1.4
Машина формовочная встряхивающая с допрессовкой с поворотным столом	3.1.6

Машина формовочная встряхивающая с перекидным столом	3.1.13
Машина формовочная встряхивающая с поворотным-перекидным столом	3.1.15
Машина формовочная встряхивающая с допрессовкой с поворотной колонной	3.1.12
Машина формовочная встряхивающая с допрессовкой с протяжной рамкой	3.1.10
Машина формовочная встряхивающая с допрессовкой со штифтовым съемом	3.1.9
Машина формовочная встряхивающе-прессовая	3.1.5
Машина формовочная встряхивающе-прессовая с перекидным столом	3.1.14
Машина формовочная встряхивающе-прессовая с поворотной колонной	3.1.11
Машина формовочная встряхивающе-прессовая с протяжной рамкой	3.1.8
Машина формовочная встряхивающе-прессовая со штифтовым съемом	3.1.7
Машина формовочная импульсная	3.1.17
Машина формовочная прессовая	3.1.1
Машина центробежная	8.1
Машина центробежная вертикальная	8.3
Машина центробежная вертикальная со смещенной осью	8.3.2
Машина центробежная вертикальная с центральной осью	8.3.1
Машина центробежная горизонтальная	8.2
Машина центробежная горизонтальная дуопорная	8.2.2
Машина центробежная горизонтальная консольная	8.2.1
Машина центробежная горизонтальная роликовая	8.2.3
Модуль литья под давлением 1-го уровня автоматизации гибкий	11.11
Модуль литья под давлением 2-го уровня автоматизации гибкий	11.12
Модуль литья под давлением 3-го уровня автоматизации гибкий	11.13
Мостик монтажный	12.23
Накопитель форм	12.30
Оборудование литейное	1.1

Оборудование технологическое литейное	1.1
Отвал	12.4
Охладитель	2.1
Охладитель вертикальный противоточный	2.1.4
Охладитель вибрационный	2.1.3
Охладитель в «кипящем слое»	2.1.6
Охладитель ленточный	2.1.2
Охладитель противоточный вертикальный	2.1.4
Охладитель смешивающий	2.1.1
Охладитель трубчатый бесконтактный	2.1.7
Охладитель формовочных материалов	2.1
Охладитель элеваторный	2.1.5
Пескомет	3.2
Пескомет консольный передвижной	3.2.3
Пескомет мостовой	3.2.5
Пескомет напольный передвижной	3.2.4
Пескомет подвесной	3.2.1
Пескомет стационарный	3.2.2
Пескомет ширококовшовый	3.2.6
Плита монтажная вспомогательная	12.21
Плита монтажная главная	12.20
Плита неподвижная	12.16
Плита подвижная	12.15
Плита подкокильная	12.19
Плита прессовая	12.10
Плоскость стола монтажная	12.22
Пневморегенератор	2.14
Пресс-плунжер	12.18
Пресс-стакан	12.17
Пылеотделитель каскадный противоточный	2.12
Разрыхлитель	2.4
Разрыхлитель формовочной смеси	2.4
Разрыхлитель штифтовой	2.4.2
Распаровщик	12.28
Решетка выбивная	4.3

Сборщик форм	12.26
Секция кокильная	12.24
Сепаратор электромагнитный	2.6
Сепаратор формовочной смеси электромагнитный	2.6
Система автоматическая смесеприготовительная	11.7
Система литья под давлением 1-го уровня автоматизации производственная гибкая	11.14
Система литья под давлением 2-го уровня автоматизации производственная гибкая	11.15
Система литья под давлением 3-го уровня автоматизации производственная гибкая	11.16
Сито	2.2
Сито для формовочных материалов	2.2
Сито вибрационное плоское	2.2.4
Сито коническое барабанное	2.2.1
Сито пирамидальное полигональное барабанное	2.2.3
Сито полигональное	2.2.3
Сито призматическое полигональное	2.2.2
Сито призматическое полигональное барабанное	2.2.2
Сито цилиндрическое барабанное	2.2.1
Скребок	12.03
Смеситель	2.3
Смеситель катковый	2.3.2.2
Смеситель катковый сдвоенный	2.3.3.2
Смеситель литейный	2.3
Смеситель литейный лопастной	2.3.1
Смеситель литейный шнеколопастной	2.3.1.1
Смеситель лопастной	2.3.1
Смеситель лопастной сдвоенный	2.3.3.1
Смеситель сдвоенный	2.3.3
Смеситель холоднотвердеющих смесей	2.3.6
Смеситель ХТС	2.3.6
Смеситель ХТС двухплечий	2.3.6.2
Смеситель ХТС одноплечий	2.3.6.1
Смеситель центробежный	2.3.2.3
Смеситель центробежный сдвоенный	2.3.3.3
Смеситель чашечный	2.3.2

Смеситель чашечный катковый	2.3.2.2
Смеситель чашечный катковый сдвоенный	2.3.3.2
Смеситель чашечный лопастной	2.3.2.1
Смеситель чашечный лопастной сдвоенный	2.3.3.1
Смеситель чашечный сдвоенный	2.3.3
Смеситель чашечный центробежный	2.3.2.3
Смеситель чашечный центробежный сдвоенный	2.3.3.3
Смеситель шнеколопастной	2.3.1.1
Стол вибрационный	3.1.18
Стол встряхивающий	12.06
Стол дробеметный	5.8
Стол перекидной	12.08
Стол поворотной-перекидной	12.09
Стол поворотный	12.07
Стол формовочной машины	12.05
Сушило для песка	2.8
Траверса выбивная	4.2
Траверса прессовая	12.12
Траверса поворотная	12.13
Траверса прессовая поворотная	12.13
Турбосмеситель	2.3.4
Установка гидравлическая	4.4
Установка для абразивной отрезки	5.13
Установка для абразивной отрезки литников и прибылей	5.13
Установка для выбивки опок	9.14
Установка для выплавки модельного состава	9.11
Установка для зачистки отливок торцом абразивного круга	5.12
Установка для окраски блоков	9.5
Установка для отделения керамики	9.15
Установка для приварки моделей к стоякам	9.4
Установка для приготовления огнеупорного покрытия	9.8
Установка для приготовления лакированного песка	2.13
Установка для приготовления и раздачи пластичных или жидких самотвердеющих смесей непрерывного действия	2.3.5

Установка для приготовления и раздачи пластичных или жидких смесей периодического действия	2.3.5
Установка для сварки стояков	9.5
Установка для склейки моделей	9.3
Установка для сушки и охлаждения песка «в кипящем слое»	2.9
Установка для формовки керамических форм	9.13
Установка для хранения и транспортирования огнеупорного покрытия	9.10
Установка заливочная	10.8
Установка заливочная магнитодинамическая	10.8.2
Установка заливочная пневматическая	10.8.1
Установка заливочная поворотная	10.8.3
Установка литейная	1.2
Установка непрерывного действия электрогидравлическая	4.5.1
Установка непрерывного действия электрогидравлическая конвейерная	4.5.5
Установка периодического действия проходная электрогидравлическая	4.5.3
Установка периодического действия электрогидравлическая	4.5.1
Установка периодического действия электрогидравлическая конвейерная	4.5.4
Установка формовки керамических форм	9.13
Установка электрогидравлическая тупиковая	4.5.2
Устройство вытяжное	3.1.19
Устройство литейное вытяжное	3.1.19
Устройство заравнивающее скребковое	3.1.21
Устройство заравнивающее шнековое	3.1.22
Устройство поворотно-вытяжное	3.1.20
Чан агитационный	2.15
Чаша	12.01
ЭГУ	4.5
Электропечь дуговая	10.2
Электропечь индукционная	10.3
Электропечь индукционная тигельная	10.3.1
Электропечь канальная	10.3.2
Электропечь-миксер	10.5
Электропечь сопротивления	10.4



## ОСНАСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### Термины и определения

ГОСТ 17819–84

(Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета по стандартам от 20.12.1984 г. № 4769)

Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин. Недопустимы к применению термины-синонимы приведены в круглых скобках после стандартизованного термина и обозначены пометкой «ндп.».

Стандартизованные термины набраны полужирным шрифтом, их краткие формы – светлым, а синонимы – курсивом.

В случаях, когда в термине содержатся все необходимые и достаточные признаки понятия, определение не приводится и вместо него ставится прочерк.

В стандарте приведен алфавитный указатель содержащихся в нем терминов.

1. **Технологическая оснастка литейного производства:** средства технологического оснащения, дополняющие литейное технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса получения отливков.

#### *Плавильная печная и заливочная оснастка литейного производства*

2. **Кондуктор для кладки футеровки:** устройство для ремонта и восстановления футеровочной кладки из огнеупорных изделий в плавильных печах, литейных ковшах и заливочных устройствах.

3. **Футеровочная опалубка:** формообразующее устройство для производства или ремонта футеровки из огнеупорной массы в плавильных печах, литейных ковшах и заливочных устройствах.

4. **Футеровочный шаблон:** приспособление для образования или доводки требуемого профиля футеровки в плавильных печах, литейных ковшах и заливочных устройствах.

5. **Печная загрузочная бадья:** емкость для транспортирования и загрузки в плавильные печи металлургической шихты, топлива, флюсов, огнеупорных материалов для ее ремонта.

6. **Печной загрузочный лоток:** приставной лоток для подачи в плавильные печи кусковых и сыпучих, футеровочных и плавильных материалов.

7. **Печная загрузочная лопата:** машинная лопата для подачи в плавильные печи шихтовых или огнеупорных ремонтных материалов.

8. **Металлургическая мульда:** литая из стали корытообразная емкость для механизированной подачи шихтовых и огнеупорных ремонтных материалов в плавильные печи мультдозагрузочным краном или загрузочной машиной.

9. **Сливная изложница:** открытая литейная форма для слива остатков металла из ковшей после заливки литейных форм.

10. **Шлаковня** (ндп. *Шлаковница*): металлическая емкость для слива и транспортирования металлургического шлака при плавке металла.

11. **Форма для отбора проб металла:** стальная емкость, футерованная изнутри огнеупорным кирпичом или огнеупорной массой, для отбора проб металла.

12. **Литейный ковш:** стальная емкость, футерованная изнутри огнеупорным кирпичом или огнеупорной массой, для транспортирования и раздачи жидкого металла или для заливки литейных форм.

13. **Заливочный литейный ковш:** литейный ковш для заливки литейных форм жидким металлом.

14. **Машинный литейный ковш:** литейный ковш для заливки металла в режиме работы литейной машины.

15. **Заливочный желоб:** стальной футерованный огнеупорным материалом желоб для наполнения жидким металлом литейных ковшей или заливки крупных литейных форм.

16. **Надставная литниковая чаша:** металлическое огнеупорное или футерованное огнеупорным материалом устройство для приема из литейного ковша струи жидкого металла и для регулируемого направления его в литейную форму.

17. **Заливочная ложка:** стальная огнеупорная или футерованная огнеупорным материалом емкость с ручкой для отбора проб металла или заливки мелких литейных форм.

18. **Металлопровод:** огнеупорный или футерованный изнутри огнеупорным материалом трубопровод для заливки литейных форм жидким металлом.

19. **Ковшовые заливочные носилки:** носилки для транспортирования заливочных литейных ковшей и ручной заливки литейных форм.

19а. **Футеровочная ручная трамбовка:** ручная трамбовка для уплотнения футеровки из сухих масс.

19б. **Подъемная лопатка:** лопатка для удаления остатков футеровочной массы из печи.

19в. **Загрузочная воронка:** воронка, служащая для засыпки кварцита при набивке футеровки.

19г. **Распорное кольцо:** раздвижное кольцо для закрепления асбестовой ткани на индукторе при футеровке индукционной печи.

19д. **Заправочная лопата:** лопата для заправки печи.

19е. **Шлаковый скребок:** скребок для скачивания шлака с поверхности жидкого металла.

### *Литейные формы*

20. **Литейная форма. Форма:** система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом формируется отливка.

21. **Литейный стержень. Стержень:** элемент литейной формы, предназначенный для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке. Стержень может быть неразъемным и разъемным, цельным и полым, полым с засыпкой из пористого материала, упрочненным металлическим стержневым каркасом, неразборным или собранным в стержневой блок.

22. **Стержневая литейная форма** (ндп. *Сборно-стержневая литейная форма*): литейная форма, изготавливаемая или используемая с применением литейных стержней.

22а. **Бесстержневая литейная форма:** литейная форма, изготавливаемая и используемая без применения литейных стержней.

23. **Открытая литейная форма:** литейная форма незамкнутого контура для заливки расплавленного металла открытой струей.

24. **Закрытая литейная форма:** литейная форма замкнутого контура, заливаемая расплавленным металлом через закрытую канальную литниковую систему.

25. **Неразъемная литейная форма:** –

26. **Разъемная литейная форма:** –

27. **Комбинированная литейная форма** (ндп. *Полукокиль*): литейная форма, рабочая полость которой собрана из металлических и неметаллических частей.

28. **Целиковая литейная форма:** неметаллическая неразъемная литейная форма, изготавливаемая по выплавляемым, выжигаемым, газифицируемым, растворяемым моделям.

29. **Машинная литейная форма:** металлическая или комбинированная литейная форма, работающая в цикле работы литейных машин.

30. **Опочная литейная форма:** литейная форма, изготавливаемая из формовочной смеси в опоках по модельным плитам или по литейной модели.

31. **Безопочная литейная форма:** литейная форма, изготавливаемая в съемных опоках формовкой по модельным плитам.

32. **Блочная безопочная литейная форма** (ндп. *Стопочная форма*): неметаллическая литейная форма из блоков с одним или двумя отпечатками модели на противоположных сторонах, формуемых и собираемых для заливки в стопку с вертикальным разъемом.

33. **Стопочная литейная форма:** литейная форма, изготавливаемая по модельной плите и собираемая в стопку с горизонтальным разъемом для заливки от одного литникового стояка.

34. **Оболочковая литейная форма:** тонкостенная сборная литейная форма, изготавливаемая по нагреваемой модельной оснастке машинной формовкой из термореактивных песчаных смесей.

35. **Почвенная литейная форма:** литейная форма для производства единичных отливок, изготавливаемая из формовочных смесей непосредственно в полу литейного цеха.

36. **Ямная литейная форма:** литейная форма для единичного производства крупных отливок, изготавливаемая в изолированных от почвенных вод ямах или в кессонах формовкой по литейным моделям или по литейным формовочным шаблонам.

37. **Кусковая литейная форма:** многоразъемная литейная форма, изготавливаемая с облицовочной смесью формовкой по модели сложной конфигурации отдельными частями, закрепляемыми набивкой наполнительной смеси; предназначены, как правило, для получения художественных изделий.

38. **Каркасная литейная форма:** литейная форма для ускоренного получения серийно изготавливаемых отливок в металлическом елочного типа неподвижном каркасе с вентилируемым днищем.

39. **Сборно-стержневая литейная форма:** литейная форма, собранная из литейных стержней, оформляющих поверхности отливки.

40. **Кокиль:** металлическая литейная форма с принудительным или естественным охлаждением, заливаемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

41. **Облицованный кокиль:** кокиль с рабочей полостью, облицованной формовочной смесью в целях замедления и выравнивания кристаллизации отливок.

42. **Пресс-форма для литья под давлением:** металлическая литейная форма для производства отливок на машинах литья под давлением.

43. **Пресс-форма для выплавляемых моделей:** форма для производства разовых литейных моделей из модельного пластического материала.

43а. **Пресс-форма для газифицируемых моделей:** форма для изготовления разовых газифицируемых или выжигаемых литейных моделей.

44. **Центробежная изложница:** металлическая литейная форма, в которой заливка расплавленного металла и формирование отливки осуществляются под действием центробежных сил.

45. **Литейная форма-кристаллизатор:** водоохлаждаемая машинная литейная форма для непрерывного литья изделий или заготовок.

46. **Односторонняя литейная форма:** литейная форма, изготовляемая по односторонней модели или модельной плите.

47. **Вертикальная (горизонтальная) литейная форма:** литейная форма с вертикальной (горизонтальной) литниковой системой.

48. **Разовая литейная форма:** литейная форма для заливки жидким металлом один раз и разрушаемая при извлечении отливки.

49. **Многократная литейная форма:** литейная форма для заливки жидким металлом более одного раза.

50. **Лад литейной формы. Лад:** база при формовке и сборке литейной формы, определяющая ее технологическую герметизацию при заливке металлом и размерную точность отливки по вертикали от линии разъема.

50а. **Многослойная форма (стержень):** литейная форма (стержень), состоящая из двух или более слоев формовочного материала, один из которых оформляет рабочую поверхность.

### *Литейные модели*

51. **Литейная модель:** модель для образования в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки.

52. **Натуральная литейная модель:** натуральный предмет или изделие, по которому изготавливается литейная форма для воспроизводства его в литом металле.

53. **Разовая литейная модель** (ндп. *Вкладная модель*): литейная модель с литниковой системой, изготовляемая из легкоплавкого, выжигаемого, газифицируемого или растворяемого материала при производстве целиковых литейных форм.

54. **Многократная литейная модель:** литейная модель, неоднократно используемая для формовки.

55. **Неразъемная литейная модель** (ндп. *Цельная модель*): литейная модель, не имеющая разъема или отъемных частей. При машинной формовке односторонней конструкции отливки такая модель менее зависима по точности литья от сопряжения модельной оснастки.

56. **Разъемная литейная модель:** литейная модель, имеющая разъем, соответствующий разъему литейной формы.

57. **Стержневой ящик** (ндп. *Шпательный ящик*): формообразующее изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси.

**58. Приводной стержневой ящик:** стержневой ящик для машинного изготовления стержней с приводными выдвижными и (или) отъемными частями.

**59. Отъемная часть литейной модели (стержневого ящика):** часть литейной модели (стержневого ящика), которая остается на форме (стержне) после удаления модели из формы (стержня из стержневого ящика), а затем удаляется.

**60. Стержневой знак литейной модели (стержневого ящика):** дополнительная, по отношению к конфигурации отливки, часть литейной модели (стержневого ящика) для образования в литейной форме (на стержне) базы для простановки стержней.

**61. Модельная плита:** плита, оформляющая разъем литейной формы и несущая на себе закрепленные части модели, включая литниковую систему, служащая для набивки опочных и безопочных полуформ. Модельная плита может быть координатной с отверстиями или рамными проемами для съемных моделей и модельных вкладышей.

**62. Блок разовых литейных моделей:** группа разовых литейных моделей, собранных с литниковой системой в единую конструкцию.

**63. Нагреваемая модельная плита (стержневой ящик):** модельная плита (стержневой ящик) для формообразования из терморезистивных смесей оболочковых литейных полуформ и литейных стержней методом нагрева.

**64. Прессовая модельная плита:** модельная плита, применяемая при машинной формовке для уплотнения верхнего слоя формовочной смеси в опоке.

**65. Драйер:** комплектующая разъемный стержневой ящик в нескольких экземплярах фасонная сушильная плита, конструктивно аналогичная его съемной части.

**66. Ложная подмодельная плита** (ндп. *Фальшивая опока. Фальшивка*): подкладная плита к съемной, утопляемой до разъема формы двусторонней неразъемной модели, применяемой при пескометной или ручной формовке.

**67. Формовочный шаблон:** перемещаемое линейно по направляющим или вращаемое на шпинделе профилирующее приспособление для образования рабочей полости литейной формы в соответствии с контуром изготавливаемой отливки.

**68. Стержневой литейный шаблон:** дополняющее стержневой ящик или самостоятельное профилирующее приспособление для образования стержня из стержневой смеси или массы на металлическом каркасе или «кирпичной кладке».

**69. Модельный комплект:** комплект формообразующих изделий, необходимый для образования при формовке рабочей полости литейной формы, включая литейную модель, стержневые ящики, модели

литниковой системы, формовочные, контрольные и сборочные шаблоны для конкретной отливки.

70. **Модельно-стержневой комплект:** комплект стержневых ящиков, необходимых для изготовления определенного числа комплектов стержней для производства отливок.

### *Формовочные приспособления*

71. **Опока:** приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортировании ее и при заливке жидким металлом.

72. **Съемная опока:** –

73. **Разъемная опока:** –

74. **Литейный жакет:** приспособление, надеваемое на безопочные литейные формы при подготовке их к заливке или засыпаемое смесью для оболочковых литейных форм и литейных форм, изготавливаемых по выплавляемым моделям, либо предназначенное для размещения нижней полуформы из жидких самотвердеющих смесей, а также применяемое для размещения формы, изготовленной «в стержнях».

75. **Наполнительная рамка:** приспособление, устанавливаемое на опоку или по разьему стержневого ящика для засыпки дополнительного количества смеси до ее уплотнения.

76. **Подопочная плита** (ндп. *Подопочный щиток*): приспособление, применяемое для установки и транспортирования литейных форм под заливку и на выбивку.

77. **Кокиль-холодильник:** металлическая вставка для ускоренного охлаждения и кристаллизации металла, залитого в литейную форму, в которую она проставляется при формовке.

78. **Стержневой каркас** (ндп. *Патрон. Стержневой сердечник*): приспособление, применяемое для упрочнения литейных стержней при их изготовлении и использовании.

79. **Жеребейка:** приспособление, применяемое при установке и закреплении в определенном положении стержней в литейной форме с целью обеспечения нужной толщины тела отливки.

80. **Сушильная плита:** приспособление, предназначенное для сушки и транспортирования стержней.

80а. **Трубчатый коллектор:** система трубок для сбора и отвода продуктов деструкции, устанавливаемая в форме для литья по газифицируемым моделям.

80б. **Кессон:** углубление в полу цеха со стенками и полом, имеющее гидроизоляцию от почвенных вод и служащее для размещения в нем полуформы для крупной отливки.

80в. **Стержневой сборочный кондуктор:** приспособление для сборки комплекта стержней в строго ориентированном и фиксированном положении.

80г. **Корона:** приспособление для транспортировки собранного в кондукторе комплекта стержней в фиксированном положении в нижнюю полуформу и установки в ней.

### Алфавитный указатель терминов

Бадья загрузочная печная	5
Блок разовых литейных моделей	62
Воронка загрузочная	19в
Драйер	65
Жакет литейный	74
Желоб заливочный	15
Жеребейка	79
Знак стержневой литейной модели	60
Знак стержневой стержневого ящика	60
Изложница сливная	9
Изложница центробежная	44
Каркас стержневой	78
Кессон	80б
Ковш литейный	12
Ковш литейный заливочный	13
Ковш литейный машинный	14
Кокиль	40
Кокиль облицованный	41
Кокиль-холодильник	77
Коллектор трубчатый	80а
Кольцо распорное	19г
Комплект модельный	69
Комплект модельно-стержневой	70
Кондуктор для кладки футеровки	2
Кондуктор стержневой сборочный	80в
Корона	80г



Лад	50
Лад литейной формы	50
Ложка заливочная	17
Лопата загрузочная печная	7
Лопата заправочная	19д
Лопатка подъемная	196
Лоток загрузочный печной	6
Металлопровод	18
<i>Модель вкладная</i>	53
Модель литейная	51
Модель литейная многократная	54
Модель литейная натуральная	52
Модель литейная неразъемная	55
Модель литейная разовая	53
Модель литейная разъемная	56
<i>Модель цельная</i>	55
Мульда металлургическая	8
Носилки заливочные ковшовые	19
Опалубка футеровочная	3
Опока	71
Опока разъемная	73
Опока съёмная	72
<i>Опока фальшивая</i>	66
Оснастка технологическая литейного производства	1
<i>Патрон</i>	78
Плита модельная	61
Плита модельная нагреваемая	63
Плита модельная прессовая	64
Плита подмодельная ложная	66
Плита подопочная	76
Плита сушильная	80
<i>Полукокиль</i>	27
Пресс-форма для газифицируемых моделей	43а
Пресс-форма для литья под давлением	42

Пресс-форма для выплавляемых моделей	43
<i>Приспособление</i>	20
Рамка наполнительная	75
<i>Сердечник стержневой</i>	78
Скребок шлаковый	19e
Стержень	21
Стержень литейный	21
Трамбовка футеровочная ручная	19a
<i>Фальшивка</i>	66
Форма	20
Форма бесстержневая литейная	22a
Форма для отбора проб металла	11
Форма литейная	20
Форма литейная безопочная	31
Форма литейная безопочная блочная	32
Форма литейная вертикальная	47
Форма литейная горизонтальная	47
Форма литейная закрытая	24
Форма литейная каркасная	38
Форма литейная комбинированная	27
Форма-кристаллизатор литейная	45
Форма литейная кусковая	37
Форма литейная машинная	29
Форма литейная многократная	49
Форма литейная неразъемная	25
Форма литейная оболочковая	34
Форма литейная односторонняя	46
Форма литейная опочная	30
Форма литейная открытая	23
Форма литейная почвенная	35
Форма литейная разъемная	26
Форма литейная разовая	48
<i>Форма литейная сборно-стержневая</i>	22
Форма литейная сборно-стержневая	39

Форма литейная стержневая	22
Форма литейная стопочная	33
Форма литейная целиковая	28
Форма литейная ямная	36
<i>Форма стопочная</i>	32
Форма (стержень) многослойная	50а
Часть литейной модели отъемная	59
Часть стержневого ящика отъемная	59
Чаша литниковая надставная	16
Шлаковня	10
<i>Шлаковница</i>	10
Шаблон литейный стержневой	68
Шаблон литейный формовочный	67
Шаблон футеровочный	4
<i>Щиток подопочный</i>	76
Ящик стержневой	57
Ящик стержневой модельный нагреваемый	63
Ящик стержневой приводной	58
<i>Ящик шишельный</i>	57

## ЛИТЕРАТУРА

- Вдович, Б.Н.* Заливка литейных форм / Б.Н. Вдович, М.Н. Сосненко. М., 1974.
- Горобец, В.Г.* Производство стали в дуговой печи / В.Г. Горобец, М.Н. Гаврилова. М., 1986.
- Жебин, М.И.* Изготовление форм и приготовление литейных сплавов / М.И. Жебин, М.Н. Сосненко. М., 1982.
- Курдюмов, А.В.* Литейное производство цветных и редких сплавов / А.В. Курдюмов, М.В. Пикунев, В.М. Чурсин. М., 1982.
- Кукуй, Д.М.* Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. Минск, 2000.
- Петриченко, А.М.* Термостойкость литейных форм / А.М. Петриченко, А.А. Померанцев, В.В. Парфенов. М., 1982.
- Платонов, Б.П.* Индукционные печи для плавки чугуна / Б.П. Платонов, А.Д. Акимов. М., 1989.
- Просьяник, Г.В.* Изготовление оболочковых форм / Г.В. Просьяник. М., 1978.
- Святкин, Б.К.* Производство отливок в кокиля / Б.К. Святкин, М.Б. Егорова. М., 1989.
- Справочник по чугунному литью* / под ред. Н.Г. Гиршовича. Л., 1978.
- Сухарчук, Ю.С.* Плавка чугуна в вагранках / Ю.С. Сухарчук, А.К. Юдкин. М., 1989.
- Титов, Н.Д.* Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. М., 1974.
- Трухов, А.П.* Литейные сплавы и плавка / А.П. Трухов, А.И. Маляров. М., 2004.
- Шандронов, Б.В.* Автоматизация производства / Б.В. Шандронов, А.А. Шапарин, А.Д. Чудаков. М., 2002.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	4
<b>ГЛАВА 1. Общие сведения о процессе получения отливок .....</b>	<b>5</b>
1.1. Способы получения отливок .....	5
1.1.1. Основные операции литейного производства .....	5
1.1.2. Разновидности отливок и их классификация .....	5
1.1.3. Способы изготовления отливок .....	7
1.1.4. Понятие о литейной форме .....	10
1.1.5. Организационная структура литейного цеха .....	12
1.2. Технологическая оснастка, формовочный инструмент, приспособления .....	13
1.2.1. Модельный комплект .....	13
1.2.2. Модели и модельные плиты .....	14
1.2.3. Стержневые ящики .....	16
1.2.4. Опочная оснастка .....	17
1.2.5. Формовочный инструмент, приспособления .....	19
1.3. Литниковые системы и элементы питания отливок .....	22
1.3.1. Назначение элементов литниковых систем .....	22
1.3.2. Типы литниковых систем .....	24
1.4. Формовочные материалы и смеси .....	26
1.4.1. Общие требования к литейной форме .....	26
1.4.2. Классификация формовочных материалов и их свойства .....	27
1.4.3. Формовочные и стержневые смеси .....	29
1.5. Ручное изготовление форм и стержней .....	34
1.5.1. Разновидности ручной формовки .....	34
1.5.2. Формовка по неразъемной модели .....	36
1.5.3. Изготовление стержней .....	38
<b>ГЛАВА 2. Футеровочные и шихтовые материалы .....</b>	<b>41</b>
2.1. Футеровочные (огнеупорные) материалы .....	41
2.2. Шихтовые материалы .....	44
2.2.1. Первичные металлические материалы .....	44
2.2.2. Вторичные металлические материалы .....	46
2.2.3. Ферросплавы .....	46
2.2.4. Расчет шихты .....	47
2.2.5. Топливо, флюсы .....	50

<b>ГЛАВА 3. Плавильные печи и технология получения литейных расплавов</b> .....	53
3.1. Общие сведения о плавильных агрегатах .....	53
3.2. Коксовые вагранки .....	56
3.2.1. Принцип действия вагранки .....	56
3.2.2. Основные узлы вагранки .....	58
3.2.3. Технологический процесс плавки чугуна в вагранке .....	63
3.2.4. Ремонт футеровки вагранки .....	65
3.3. Электродуговые печи .....	66
3.3.1. Принцип действия электродуговых печей (ЭДП) .....	66
3.3.2. Дуговые печи постоянного тока (ДППТ) .....	67
3.3.3. Основные узлы электродуговой печи .....	69
3.3.4. Технологический процесс плавки стали в ДСП .....	74
3.3.5. Внепечная обработка стали .....	77
3.3.6. Футеровка электродуговой печи, ее ремонт и подготовка к плавке .....	79
3.4. Индукционные тигельные печи .....	81
3.4.1. Принцип действия индукционных тигельных печей (ИТП) .....	81
3.4.2. Основные узлы индукционной тигельной печи .....	82
3.4.3. Технологический процесс плавки чугуна в индукционной тигельной печи .....	84
3.4.4. Футеровка индукционных тигельных печей .....	90
3.5. Индукционные канальные печи .....	94
3.5.1. Принцип действия индукционных канальных печей (ИКП) .....	94
3.5.2. Основные узлы индукционной канальной печи .....	95
3.5.3. Достоинства индукционных канальных печей .....	96
3.5.4. Футеровка индукционных канальных печей .....	96
3.6. Плавка цветных сплавов .....	97
3.6.1. Плавка медных сплавов .....	97
3.6.2. Плавка алюминиевых сплавов .....	98
3.6.3. Ковшовая обработка расплава .....	100
<b>ГЛАВА 4. Заливка литейных форм</b> .....	103
4.1. Ковши для заливки литейных форм .....	103
4.1.1. Условия выбора ковшей, требования к их эксплуатации .....	103
4.1.2. Типы разливочных ковшей .....	104
4.1.3. Футеровка ковшей .....	109
4.2. Технология заливки литейных форм .....	113
4.2.1. Условия заполнения литейных форм .....	113
4.2.2. Контроль готовности литейных форм к заливке .....	115
4.2.3. Требования к заливке форм .....	115
4.2.4. Контроль температуры расплавленного металла .....	118
4.2.5. Способы заливки форм .....	120

<b>ГЛАВА 5. Кокильное литье. Другие специальные способы литья . . .</b>	<b>126</b>
5.1. Кокильное литье . . . . .	126
5.1.1. Особенности кокильного литья . . . . .	126
5.1.2. Конструкция и материалы кокилей . . . . .	128
5.2. Конструктивные и технологические элементы кокилей . . . . .	133
5.2.1. Литниковая система . . . . .	133
5.2.2. Система вентиляции кокилей . . . . .	134
5.2.3. Система подогрева кокилей . . . . .	135
5.2.4. Система охлаждения кокилей . . . . .	136
5.2.5. Механизмы запираания кокиля, вспомогательные конструктивные элементы кокиля . . . . .	138
5.2.6. Повреждения, ремонт и хранение кокилей . . . . .	139
5.2.7. Металлические многоразовые и разовые стержни . . . . .	140
5.2.8. Устройства для извлечения металлических стержней . . . . .	144
5.3. Технология изготовления отливок в кокиля . . . . .	146
5.3.1. Подготовка кокиля к работе . . . . .	146
5.3.2. Защитные покрытия рабочих поверхностей кокиля . . . . .	148
5.3.3. Производство отливок из стали . . . . .	149
5.3.4. Производство отливок из серого чугуна . . . . .	151
5.3.5. Производство отливок из алюминиевых сплавов . . . . .	153
5.3.6. Производство отливок из медных сплавов . . . . .	154
5.4. Технология изготовления отливок на кокильных машинах . . . . .	156
5.4.1. Кокильные машины для производства отливок . . . . .	156
5.4.2. Механизмы и устройства для обслуживания кокильных машин . . . . .	159
5.5. Специальные способы литья . . . . .	163
5.5.1. Литье под давлением . . . . .	163
5.5.2. Центробежный способ литья . . . . .	164
5.5.3. Литье по выплавляемым моделям . . . . .	165
5.5.4. Литье в оболочковые формы . . . . .	167
5.5.5. Непрерывное литье . . . . .	169
5.5.6. Изготовление дроби в водоохлаждаемых грануляторах . . . . .	171
 <b>ГЛАВА 6. Финишные операции производства литья . . . . .</b>	 <b>174</b>
6.1. Выбивка отливок и стержней . . . . .	174
6.2. Очистка, обрубка и зачистка отливок . . . . .	178
6.3. Термическая обработка отливок . . . . .	180
 Приложения . . . . .	 183
Приложение 1. <b>Оборудование технологическое для литейного производства . . . . .</b>	<b>183</b>
Приложение 2. <b>Оснастка технологическая литейного производства . . . . .</b>	<b>209</b>
 Литература . . . . .	 220

Учебное издание

**Некрасов** Георгий Борисович  
**Одарченко** Игорь Борисович

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.  
ПЛАВКА, ЗАЛИВКА МЕТАЛЛА, КОКИЛЬНОЕ ЛИТЬЕ**

Учебное пособие

Редактор *Л.Н. Макейчик*  
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*  
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*  
Корректор *Т.К. Хваль*  
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 27.12.2013. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 13,02.  
Уч.-изд. л. 15,45. Тираж 200 экз. Заказ 2482.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».  
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.  
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».  
ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.