

Г.Б. Некрасов И.Б. Одарченко

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



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.

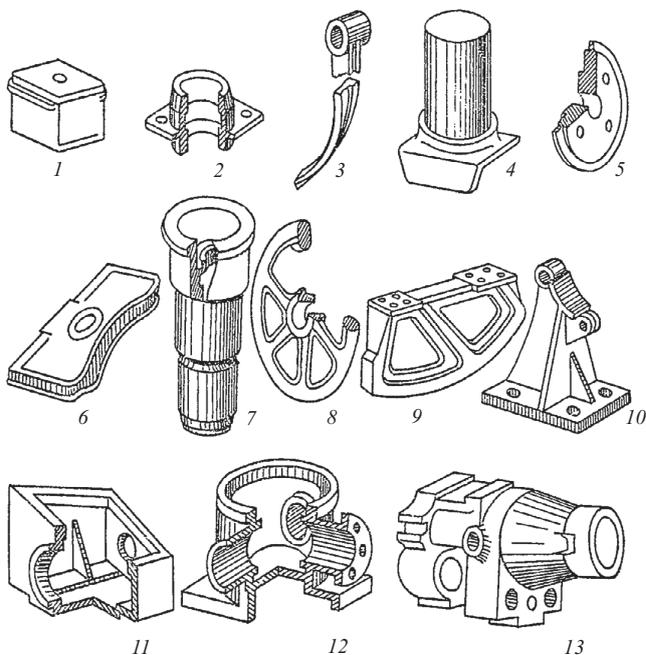


Рис. 1.1. Классификация литых деталей машин:

1 – куб; 2 – втулка; 3 – рычаг; 4 – цилиндр; 5 – диск; 6 – плита; 7 – труба; 8 – колесо; 9 – рама; 10 – кронштейн; 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

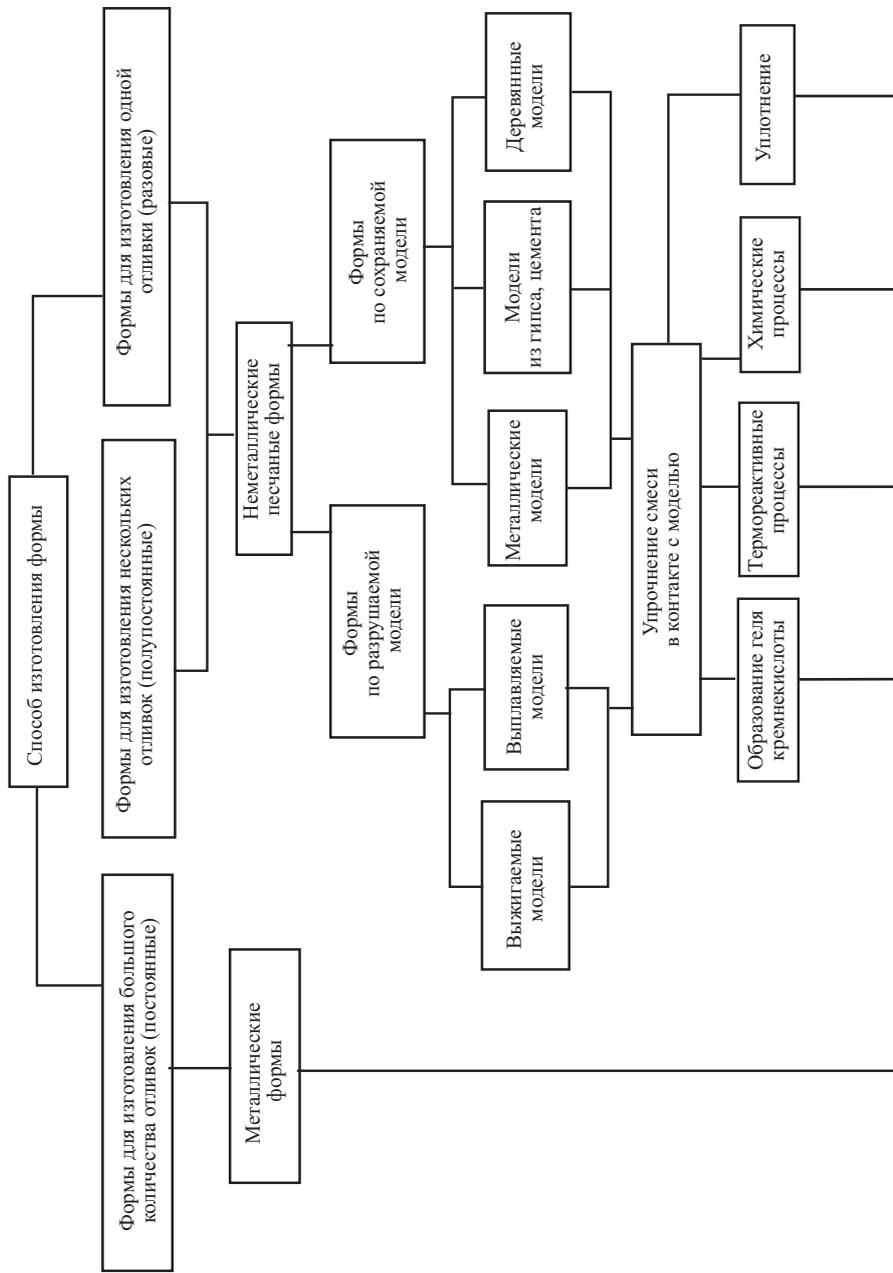
Каждая отливка может быть изготовлена несколькими способами. Известные способы получения отливок, методы изготовления форм и заполнения их металлом представлены на схеме 1.1. При выборе конкретного способа и технологии изготовления отливок ориентируются на технологичность получения отливки с учетом ее 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.

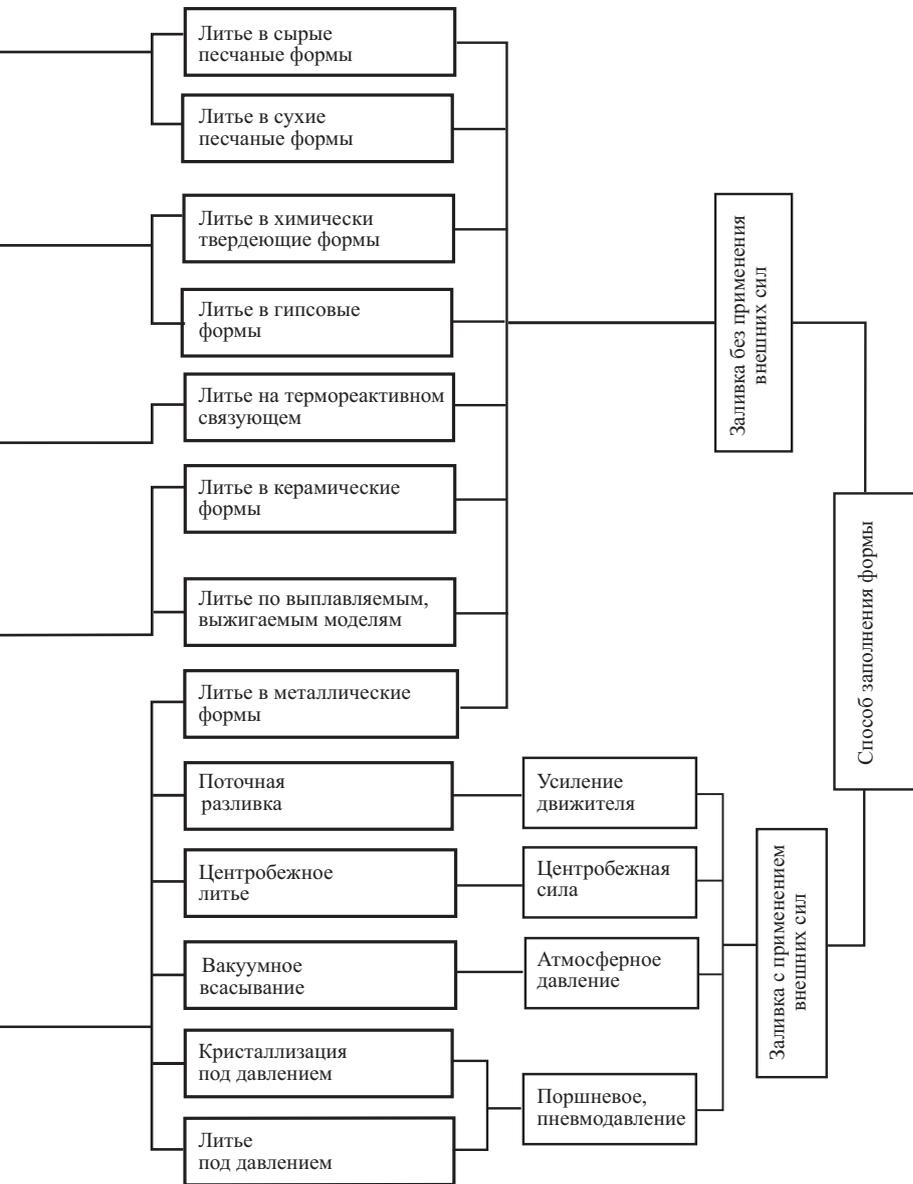
Способ изготовления форм зависит от некоторых факторов, в частности от вида сплава. Так, литье в гипсовые формы применяют только для цветных сплавов. Литье под давлением возможно для всех литейных сплавов, но экономически целесообразно только для цветных сплавов.

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 изготовлений 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 (терморезактивные смолы, этилсиликат) и сложное технологическое оборудование.

Отливки, получаемые с помощью специальных способов литья, отличаются высоким качеством 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, з).

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.

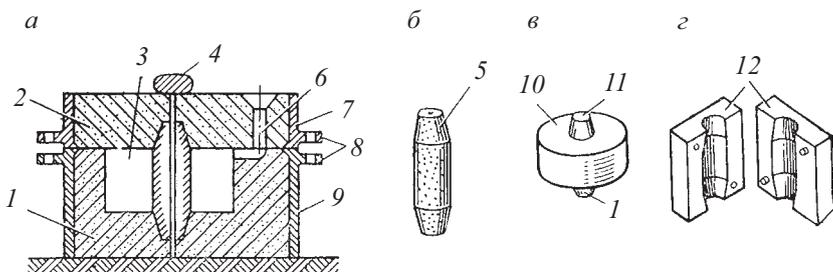


Рис. 1.2. Литейная форма (а), стержень (б), модель (в), стержневой ящик (з) для получения отливки зубчатого колеса

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, быстро изнашивающиеся 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).

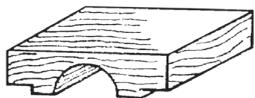


Рис. 1.3. Неразъемная модель

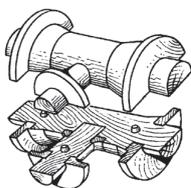


Рис. 1.4. Разъемная модель

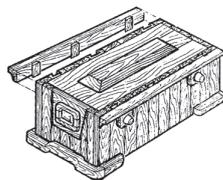


Рис. 1.5. Модель с отъемными частями

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

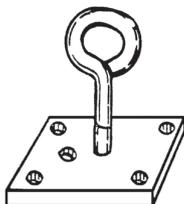


Рис. 1.6. Пласти-
чатый подъем для
ручного съема мо-
дели

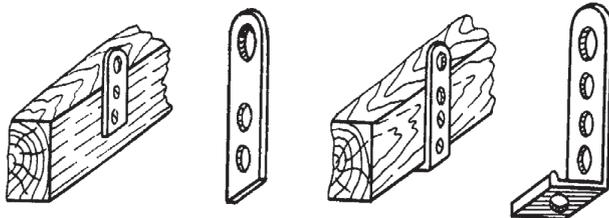


Рис. 1.7. Полосовые подъемы для съема моделей краном

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 съемных 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 безопасной 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.

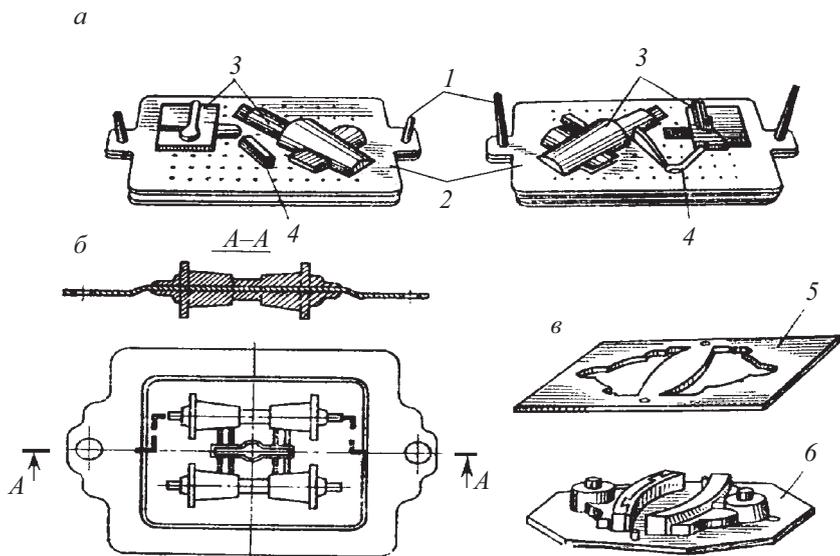


Рис. 1.8. Модельные плиты:

a – 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, *a*) 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° легко вытряхиваются из корпуса вместе со стержнем и легко отделяются от него перемещением в сторону. От-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
ГЛАВА 1. Общие сведения о процессе получения отливок	5
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
ГЛАВА 2. Футеровочные и шихтовые материалы	41
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

ГЛАВА 3. Плавильные печи и технология получения литейных расплавов	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
ГЛАВА 4. Заливка литейных форм	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

ГЛАВА 5. Кокильное литье. Другие специальные способы литья . . .	126
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 дробы в водоохлаждаемых грануляторах	171
 ГЛАВА 6. Финишные операции производства литья	 174
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. Оборудование технологическое для литейного производства	183
Приложение 2. Оснастка технологическая литейного производства	209
 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.