

Г.Б. Некрасов И.Б. Одарченко

Основы технологии литейного производства. Ручное и машинное изготовление форм и стержней

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 материалобработки»
и среднего специального образования по специальностям
«Металлургическое производство и материалобработка
(металлургия)», «Машины и технологии литейного производства»



Минск
«Вышэйшая школа»
2015

УДК 669.1/.8.01/.09:658.51(075.32)

ББК 34.61я723

Н48

Рецензенты: цикловая комиссия металлургического производства, охраны труда и окружающей среды учреждения образования «Гомельский государственный машиностроительный колледж» (директор – *В.П. Кочко*); директор государственного научного учреждения «Институт технологии металлов НАН Беларуси» доктор технических наук, профессор *Е.И. Марукович*

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. Ручное и машинное изготовление форм и стержней : учеб. пособие / Г. Б. Некрасов, И. Б. Одарченко. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 223 с. : ил. ISBN 978-985-06-2558-8.**

Изложены общие сведения о технологии изготовления литейных форм и стержней. Дана информация о формовочных материалах и смесях, технологической оснастке, инструментах и приспособлениях для формовки. Рассмотрены вопросы безопасности при ручном и машинном производстве форм и стержней.

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

УДК 669.1/.8.01/.09:658.51(075.32)

ББК 34.61я723

ISBN 978-985-06-2558-8

© Некрасов Г.Б., Одарченко И.Б., 2015

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной задачей развития литейной промышленности Республики Беларусь на данном этапе является повышение технического уровня производства на инновационной основе, обеспечивающее рост качества и конкурентоспособности продукции предприятий машиностроения, автомобилестроения, приборостроения и др.

В условиях модернизации и совершенствования технологических процессов производства все большее значение приобретают вопросы, связанные с повышением квалификационного уровня кадров. Учебное пособие, предназначенное для учащихся учреждений профессионально-технического образования по специальности «Технология металлургического производства и материалообработки» (квалификации «Формовщик ручной формовки», «Формовщик машинной формовки», «Стерженщик ручной формовки», «Стерженщик машинной формовки») и учреждений среднего специального образования по специальности «Металлургическое производство и материалообработка» (квалификация «Техник-технолог»), раскрывает базовые технологические основы и современный уровень технологических процессов и оборудования в области формовки и изготовления стержней.

В учебном пособии последовательно изложены общие сведения о технологии изготовления литейных форм и стержней, приведена классификация формовочных материалов, рассмотрены структура и свойства формовочных и стержневых смесей во взаимосвязи с процессами смесеприготовления.

Подробно описаны конструкция и технологические особенности модельной и стержневой оснастки, формовочного инструмента, приспособлений для изготовления форм. Раскрыты технологические процессы подготовки производства литейных форм, представлены систематизированные сведения о способах ручного изготовления форм в опоках, почве и специальных способах формовки.

Изложены материалы о технологии, разновидностях, оборудовании, теоретических и практических аспектах механизированного и автоматизированного изготовления форм. Рассмотрены особенности изготов-

ления форм из песчаных и химически твердеющих смесей на автоматических формовочных линиях различных модификаций.

Описаны технологические процессы и способы ручного механизированного и автоматизированного изготовления литейных стержней, особое внимание уделено современным, широко применяемым в мировой практике технологиям.

Последовательно рассмотрены технологические приемы сборки литейных форм, подготовки их под заливку. Приведены требования безопасности при выполнении основных технологических операций.

Учебное пособие может быть полезно рабочим и инженерно-техническим работникам литейного производства.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Доля отливок в современных машинах и технологическом оборудовании в среднем составляет 50% всех деталей (по массе), при этом на долю отливок приходится 20–25% себестоимости трудоемкости изготовления всех машин в целом. Столь широкое использование литых заготовок и деталей обусловлено тем, что литье является самым универсальным способом получения заготовок для деталей машин. Литьем получают отливки из черных сплавов (чугун и сталь), цветных сплавов на основе алюминия, меди, цинка, олова, а также из тугоплавких металлов и сплавов на основе молибдена, вольфрама, ниобия, тантала. Масса отливок составляет от нескольких граммов до 600 т и более. В настоящее время известно свыше 100 различных способов литья, обеспечивающих требуемое качество отливок и экономическую эффективность их производства. Наиболее широкое применение нашли такие способы производства отливок, как классические технологии литья в разовые песчаные формы. По прогнозам развития литейного производства, именно такие технологии сохраняют свое доминирующее положение и в XXI в. Это наиболее универсальный и дешевый способ изготовления отливок.

Для получения качественных отливок в песчано-глинистых формах большое значение имеют материал, из которого изготовлена сама форма, технология приготовления формовочных и стержневых смесей, способы и методы формовки. Заданные свойства формовочных смесей и форм обеспечивают прежде всего выбор соответствующих формовочных материалов-наполнителей (песков), связующих материалов и различных добавок, оптимальным подбором смесеприготовительного оборудования. В свою очередь, требуемые свойства литейных форм гарантируются при выборе правильного сочетания свойств формовочных и стержневых смесей, технологии формообразования и изготовления стержней.

В последние годы основным направлением развития технологии изготовления литейных форм и стержней стали разработки с использованием высокопрочных смесей, затвердевающих без нагрева в условиях минимально необходимого уплотнения. Применение таких технологий

обусловлено минимальным потреблением энергоресурсов при уплотнении или упрочнении смесей, высокой производительностью процессов, универсальностью и широкими возможностями управления технологическими свойствами литейных форм для повышения качества отливок.

Главными аспектами дальнейшего развития литейных технологий с использованием разовых песчаных форм являются:

- качество – как средство обеспечения всех технических требований заказчика, достигаемое применением оптимальных технологических процессов, точностью выполнения операций и высокой квалификацией исполнителей;
- гибкость процессов – как возможность способствовать быстрой перестройке производственного процесса на выпуск новой продукции, обеспечивать оптимальное использование производственных мощностей, технологических материалов, знаний и умений всех сотрудников;
- производительность – как показатель не только количества изделий, но и рациональности формообразования, расхода сырья и энергоносителей;
- охрана окружающей среды – как один из главных приоритетов литейного предприятия, обеспечивающих здоровые условия труда и экологическую безопасность.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Литые детали, или отливки, производят в литейных цехах путем заливки расплавленного металла в разовые и многоразовые (постоянные) литейные формы. В мировой практике литейного производства наиболее распространены песчаные формы, изготовленные из различных составов и различными способами и предназначенные для заливки свободно падающей под действием гравитационных сил струей расплава. Разовые литейные формы изготавливают из формовочных смесей, а при изготовлении многоразовых литейных форм используются сталь, чугун, высокоогнеупорные формомассы, позволяющие эксплуатировать такие формы многократно.

1.1. Процесс и способы получения отливок

Процесс изготовления отливок в разовых песчаных формах складывается из нескольких этапов (рис. 1.1), начиная с проектирования технологии и заканчивая финишными операциями обработки отливки. Практическая реализация технологии выполняется в соответствующих отделениях литейного цеха, имеющих необходимое оборудование, оснастку и приспособления для выполнения технологических операций. В современных литейных цехах большинство процессов (смесеприготовление, изготовление форм и стержней, заливка форм, выбивка отливок и др.) механизированы и автоматизированы.

Способы получения отливок разнообразны, однако сущность их едина. Она заключается в том, что жидкий расплав заливают в подготовленную литейную форму, внутренняя рабочая полость которой имеет очертания детали. После затвердевания сплав воспроизводит конфигурацию рабочей полости формы, образуя отливку. Далее отливка охлаждается до определенной температуры, после чего ее извлекают из литейной формы. При этом форму либо разрушают (*разовая форма*), либо разбирают на части (*многоразовая форма*). Затем отливку подвергают

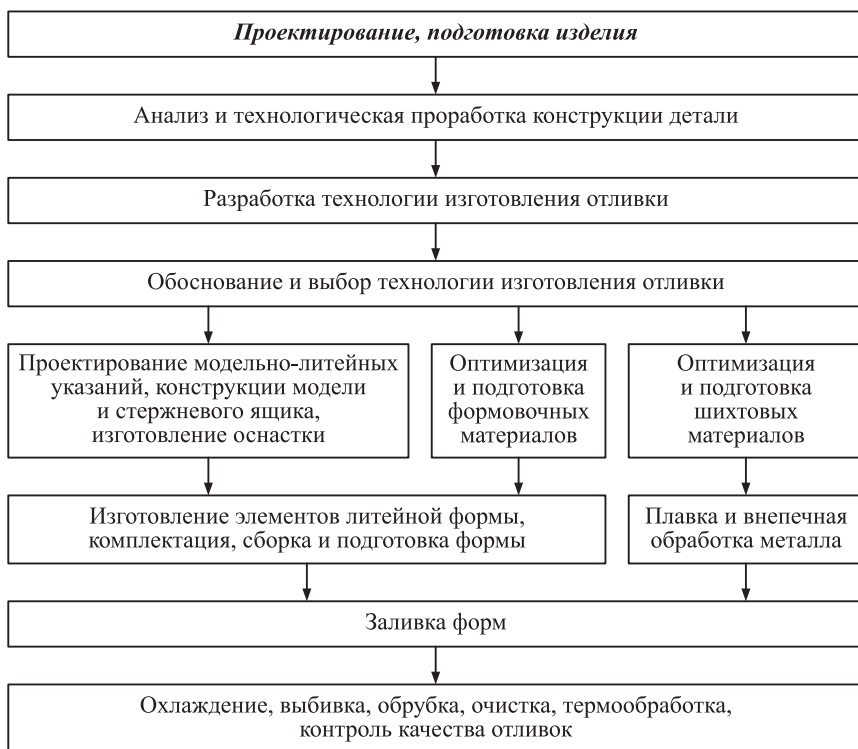


Рис. 1.1. Этапы технологического процесса получения отливок

отделочным операциям и передают как заготовку для последующей механической обработки. Таким образом, *полный цикл получения литой заготовки* состоит из следующих основных операций:

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

В ряде случаев точными способами литья получают готовую литую деталь, для которой механическая обработка практически не применяется. Трудоемкость основных операций распределяется следующим образом: изготовление форм – 60%; плавка металла и заливка расплава – 10%; обработка (выбивка, обрубка, термическая обработка) отливок – 30%.

Способом *литья в песчано-глинистые формы* изготавливают отливки любой массы и конфигурации. Однако при этом способе литья точность и чистота поверхности отливок не всегда отвечает требованиям современного машиностроения. В таких случаях применяются *специальные методы литья* – литье по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в металлические формы (кокиля), литье под давлением, центробежное литье и др. Имея одинаковую сущность, данные способы отличаются материалом, используемым для формы; технологией изготовления формы; условиями заливки формы (свободная заливка и заливка под давлением); условиями формирования отливки (например, кристаллизация металла отливки под действием центробежных сил) и другими особенностями. Все это в конечном итоге определяет технологические возможности способа литья и влияет на качество получаемой отливки.

1.2. Понятие о литейной форме

Назначение литейной формы состоит в том, чтобы обеспечить необходимую конфигурацию и размеры отливок, заданную точность и качество поверхности, определенную скорость охлаждения залитого металла, способствующую формированию нужной структуры и качества отливки. Для изготовления литейной формы используется литейная формовочная и стержневая оснастка, в которой получают элементы литейной формы.

Литейная форма детали (рис. 1.2, *а*) по классической технологии изготавливается в двух металлических опоках, нижней 10 и верхней 11, в которых уплотняется песчано-глинистая смесь. Для образования в форме рабочей полости 9 применяют специальное приспособление – деревянную разъемную модель (рис. 1.2, *в*). Для формирования внутренних полостей и отверстий в теле отливки в форму при сборке устанавливают стержень 2, изготовленный отдельно от формы в стержневом ящике 3 (рис. 1.2, *б*). Для правильной установки и надежной фиксации стержня в форме выполняют гнезда 8, называемые знаками, которые образуются выступами-знаками 5 модели 4 (рис. 1.2, *в*).

Полость формы заполняют расплавом через каналы 12 (рис. 1.2, *г*), 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. Для исключения подъема верхней полуформы

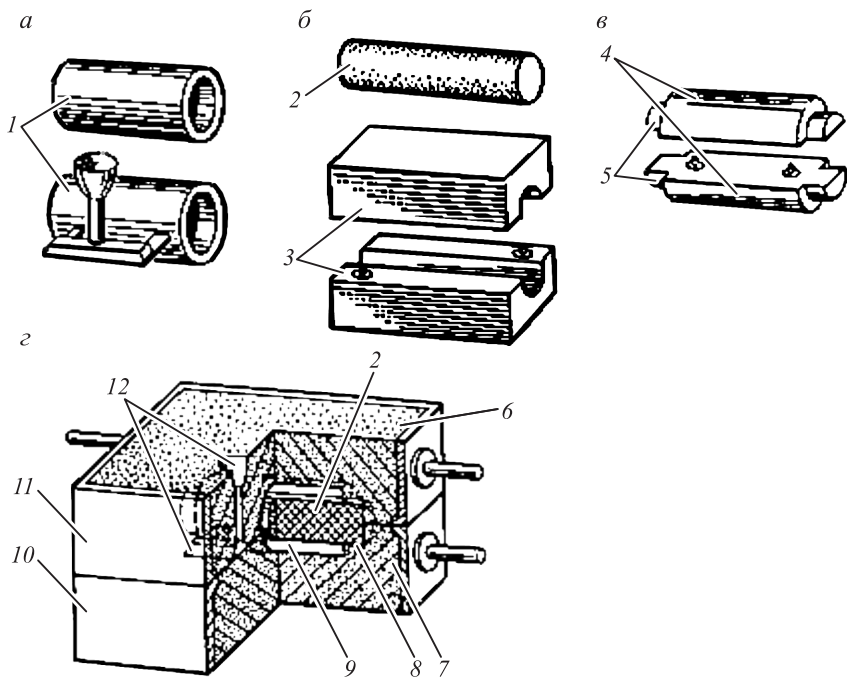


Рис. 1.2. Элементы литейной формы и технологической оснастки, задействованной при ее изготовлении:

а – деталь; *б* – стержень и стержневой ящик; *в* – модель; *г* – собранная литейная форма; 1 – отливка; 2 – стержень; 3 – стержневой ящик; 4 – половинки модели; 5 – знаковые части модели; 6 – верхняя полуформа; 7 – нижняя полуформа; 8 – знаки формы; 9 – полость формы; 10, 11 – опоки; 12 – литниковая система

под действием расплава во время заливки на собранную форму устанавливают груз или скрепляют опоки между собой скобами, струбцинами, болтами, специальными механическими замками.

1.3. Разновидности литейных форм

Все литейные формы подразделяются на разовые и постоянные. **Разовые формы** нашли наиболее широкое применение в литейном производстве, что объясняется простотой их изготовления. Для получения отливок высокого качества разовые литейные формы должны удовлетворять *следующим требованиям:*

- сохранять заданные размеры и конфигурацию после удаления модели, сборки и заливки расплава;
- обеспечивать выход газов, образующихся при заливке расплава;
- обладать достаточной податливостью;
- легко разрушаться после охлаждения отливки.

Указанные требования обеспечиваются правильным выбором исходных материалов и состава формовочной смеси, а также способа ее уплотнения (упрочнения) при изготовлении форм. При выборе способа формовки учитываются габаритные размеры и толщина стенок формы, состав смеси и требуемая степень ее уплотнения.

С учетом перечисленных особенностей разовые формы могут быть разделены на три конструктивных типа:

1) *толстостенные*, состоящие из облицовочного и наполнительного слоев формовочной смеси, а также опоки или кессона. Общая толщина стенки формы превышает 30 мм;

2) *тонкостенные*, имеющие один слой формовочной смеси, заключенной в опоку с толщиной стенки в пределах 10–20 мм;

3) *оболочковые*, имеющие только один слой упрочненной формовочной облицовочной смеси.

Каждый из приведенных типов форм подразделяется на группы в зависимости от применяемого материала. С учетом процесса упрочнения формы получили название «сухие», «самозатвердевающие», «замораживаемые» и др. Изготовление песчано-глинистых форм без дополнительной обработки называется формовкой по сырому.

Постоянные формы, используемые многократно, по характеру протекающего в них процесса кристаллизации литейного сплава условно разделяют на две группы:

1) *формы, в которых расплав кристаллизуется без дополнительного воздействия;*

2) *формы с кристаллизацией в них литейного сплава под давлением.*

К первой группе относятся шамотные, кирпичные, металлокерамические, графитовые формы и кокиля, ко второй – пресс-формы для литья под давлением, штамповки расплава, литья выжиманием, литья вакуумным всасыванием и центробежного литья.

1.4. Свойства литейных форм

При заливке литейной формы металлом в ней протекают механические, термические и химические процессы.

Механические нагрузки на форму обусловлены гидростатическим давлением металла. Давление металла на боковые стенки формы повышается пропорционально высоте уровня металла в литниковой чаше. В процессе заливки формы расплавленным металлом стенки литниковых каналов и полости формы подвергаются размыванию вследствие трения. Если же поток металла наталкивается на поверхности полости формы или меняет свое направление, то форма подвергается динамическому воздействию этого потока. После затвердевания расплавленного металла в форме происходят охлаждение и усадка, т.е. уменьшение размеров отливки.

Термические процессы в форме происходят во время и после заливки в нее расплава. Поверхностный слой полости формы, находящийся в непосредственном контакте с жидким металлом, быстро нагревается до температуры, близкой к температуре металла. Материал формы при этой температуре должен оставаться прочным, не размягчаться и не плавиться, т.е. быть огнеупорным. Через поверхность полости формы тепло отводится из отливки в форму.

Наряду с термическими процессами в форме при ее заливке расплавом происходят сложные **химические** процессы:

- химические превращения формовочного материала или его отдельных компонентов под воздействием высокой температуры металла, заливаемого в форму;
- расплавление некоторых составляющих формовочной смеси и их возможное взаимодействие с другими компонентами смеси;
- химическое взаимодействие оксидов или других веществ, внесенных в форму залитым металлом;
- непосредственное взаимодействие между формой и залитым металлом.

Таким образом, при заливке металла и в процессе его кристаллизации форма должна иметь достаточную прочность к механическим нагрузкам, быть огнеупорной и химически инертной к заливаемому расплаву.

Из анализа процессов, протекающих в форме, следует, что *литейная форма должна:*

- обеспечивать требуемую конфигурацию и заданную точность размеров отливки;
- воспринимать тепловое воздействие и значительные силовые нагрузки со стороны залитого расплава и формирующейся отливки;
- создавать условия, предупреждающие образование в отливках пороков;
- обеспечивать требуемую степень чистоты поверхности отливок при отсутствии в ней пригара.

Литейная форма является регулятором процесса формирования отливки, определяет механические и другие свойства литья, поэтому *в ее функции входит*:

- обеспечение затвердевания расплава с оптимальной скоростью;
- создание условий для направленной кристаллизации отливки, обеспечивающей минимальное развитие неоднородности структуры отливки;
- создание условий для направленного затвердевания во всех сечениях с целью предупреждения образования усадочных раковин в массивных узлах отливки;
- регулирование скорости охлаждения отдельных узлов отливки с неоднородной толщиной стенок для предупреждения образования остаточных напряжений, коробления и трещин;
- интенсификация процесса охлаждения отливок с целью сокращения цикла их производства.

1.5. Понятие о литейных стержнях. Разновидности стержней

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

В зависимости от назначения стержни делятся на *пять видов* (рис. 1.3) – наружные, центровые, литниковые, подкладочные и вспомогательные.

Наружный стержень 1 (рис. 1.3, а) служит для оформления наружных выступающих поверхностей отливок. Применяют такие стержни в тех случаях, когда необходимо упростить конструкцию модели и облегчить технологический процесс формовки.

Центровой стержень 2 (рис. 1.3, б) применяют для образования в отливках внутренних полостей, отверстий и углублений.

Литниковые стержни (рис. 1.3, в) оформляют некоторые элементы литниково-питающей системы отливок: фильтровальные сетки 3, питатели 4, прибыли 5. Кроме литниковых стержней элементами литниковой системы являются выпоровые 6 и литниковые 7 чаши, которые также выполняются в специальных стержневых ящиках.

Подкладочный стержень 8 (рис. 1.3, г) предназначен для восприятия нагрузки основного крупного стержня 2, а также для упрочнения отдельных мест формы, испытывающих большое гидростатическое давление металла.

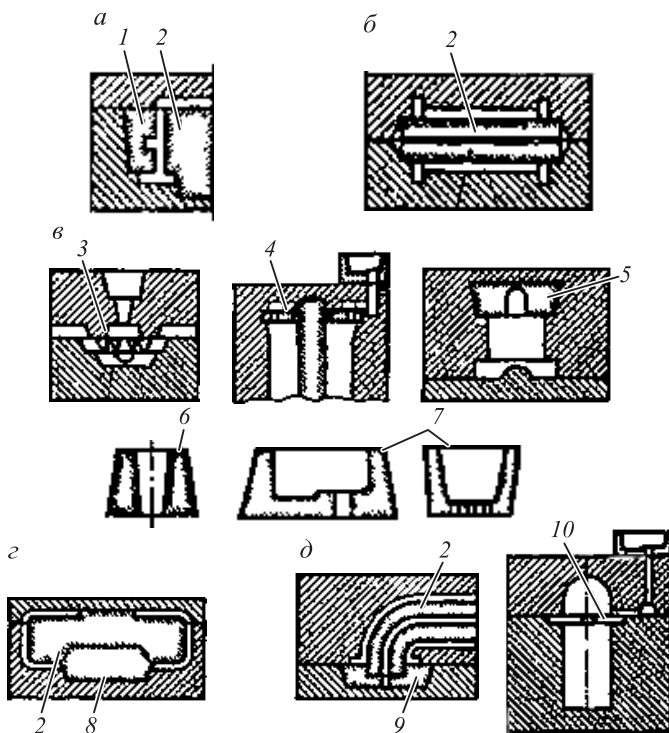


Рис. 1.3. Виды стержней и элементов литниково-питающих систем (а-д):
 1 – наружный стержень; 2 – центральной стержень; 3 – фильтровальная сетка; 4 – стержень, выполняющий роль питателя; 5 – стержень, формирующий прибыль; 6 – выпоровая чаша; 7 – литниковая чаша; 8 – подкладочный стержень; 9 – стержень для заделки выхода в вентиляционных каналах; 10 – стержень для образования легкоотделяемых прибылей

Вспомогательные стержни 9, 10 (рис. 1.3, д) служат для заделки подъемов каркасов, вентиляционных каналов, образования легкоотделяемых прибылей.

1.6. Классификация стержней

Стержни для производства фасонных отливок классифицируют по ряду признаков.

По долговечности различают стержни разового пользования из кварцевого песка и различных связующих; стержни многократного пользования из стали и чугуна при литье в металлические формы-кокиля.

По массе стержни разделяют на четыре группы: мелкие – до 5 кг, средние – до 100 кг, крупные – до 500 кг, особо крупные – более 500 кг.

По конструкции стержни бывают сплошные, пустотелые, оболочковые.

По сложности конфигурации и условиям эксплуатации различают пять классов стержней.

Стержни I класса (рис. 1.4, а) сложные, тонкие, ажурные по форме, соприкасаются с расплавом большой площадью и образуют в отливках узкие, недоступные для механической обработки полости. Такие стержни имеют тонкое сечение знаков, что затрудняет вывод из них газов. Поэтому они должны обладать высокой прочностью, иметь малую газотворность, хорошую податливость, выбиваемость. Применяются при производстве сложных отливок ответственного назначения – блоков цилиндров автомобилей, тракторов, гидросистем.

Стержни II класса (рис. 1.4, б) имеют сплошную конфигурацию, массивную внутреннюю часть с выступающими тонкими ребрами, выступами и тонкими перемычками. Они образуют в отливках необрабатываемые поверхности сложной конфигурации. Применяются при изготовлении сложных фасонных отливок в станкостроении и моторостроении.

Стержни III класса (рис. 1.4, в) имеют средней сложности конфигурацию без тонких сечений. Применяются при производстве отливок средней сложности – корпусов редукторов, патрубков, маховиков.

Стержни IV класса (рис. 1.4, г) имеют простую конфигурацию, образуют в отливках внутренние и внешние обрабатываемые и необрабатываемые

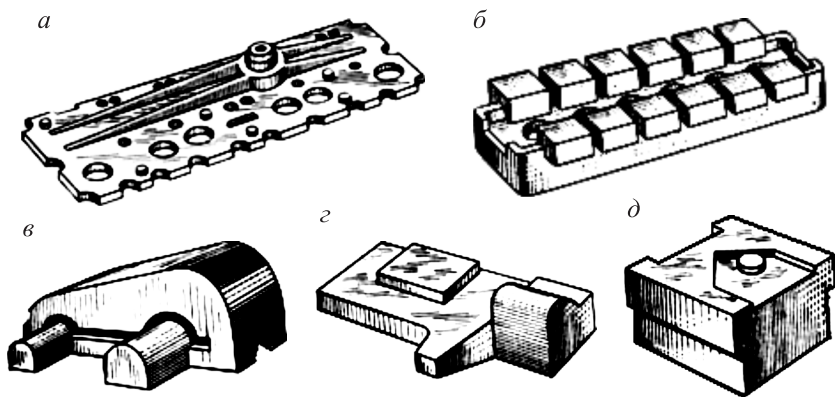


Рис. 1.4. Классификация стержней по сложности конфигурации:
а – I класса; б – II класса; в – III класса; г – IV класса; д – V класса

поверхности. Применяются при производстве отливок с внутренними полостями значительных размеров, крупных корпусных деталей станков, механизмов.

Стержни V класса (рис. 1.4, д) крупные и массивные, образуют в отливках большие полости и необрабатываемые поверхности. Применяются при изготовлении крупных отливок в машиностроении, станкостроении.

1.7. Конструктивные и технологические элементы стержней

Конструкция стержней должна обеспечивать *минимальные отклонения* от размеров отливки. Каждый стержень кроме основной части, оформляющей отверстия, полости и другие элементы отливки, имеет дополнительные части – **знаки**, служащие для фиксации устойчивого положения стержня в форме, а также вывода газов, выделяющихся из стержня при заливке формы расплавом. По расположению в форме различают горизонтальные (рис. 1.5, а) и вертикальные (рис. 1.5, б) стержни.

Правильность установки, устойчивое положение и надежность крепления стержней в форме обеспечиваются правильно выбранными размерами знаков. Знаки должны быть таких размеров, чтобы выдерживать нагрузку от массы стержня, давления расплава на верхнюю платформу и стержень. Вертикальные знаки выполняют у стержней, ось которых в форме расположена вертикально, а горизонтальные знаки характерны для стержней, ось которых находится в горизонтальной плоскости разреза формы.

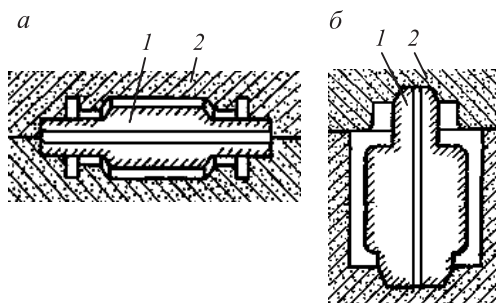


Рис. 1.5. Расположение стержня в форме:
а – горизонтальное; б – вертикальное; 1 – стержень; 2 – форма

Устойчивое положение стержней в форме обеспечивается также наличием на знаках **фиксаторов** (рис. 1.6). Так, смещение стержня относительно горизонтальной оси предотвращается фиксатором в виде прямого среза (рис. 1.6, *а*), а поворот его в форме относительно вертикальной оси – фиксатором в виде среза на нижнем знаке вертикального стержня (рис. 1.6, *б*). При отсутствии верхнего знака, когда усилие всплытия превышает массу стержня, увеличивают нижний знак (рис. 1.6, *в*). Отсутствие нижнего опорного знака компенсируют установкой стержней в верхней полуформе путем крепления их к ребрам верхней опоки с помощью крюка с резьбой (рис. 1.6, *з*). В случае, когда знаки не обеспечивают устойчивость стержня, применяют распорные жерейки (рис. 1.6, *д*).

Для придания стержням прочности и жесткости, для удобства транспортирования и установки в формы в них при изготовлении закладывают металлическую арматуру – **каркасы**. Каркасы бывают литые (планки и рамки), проволочные, сварные и комбинированные.

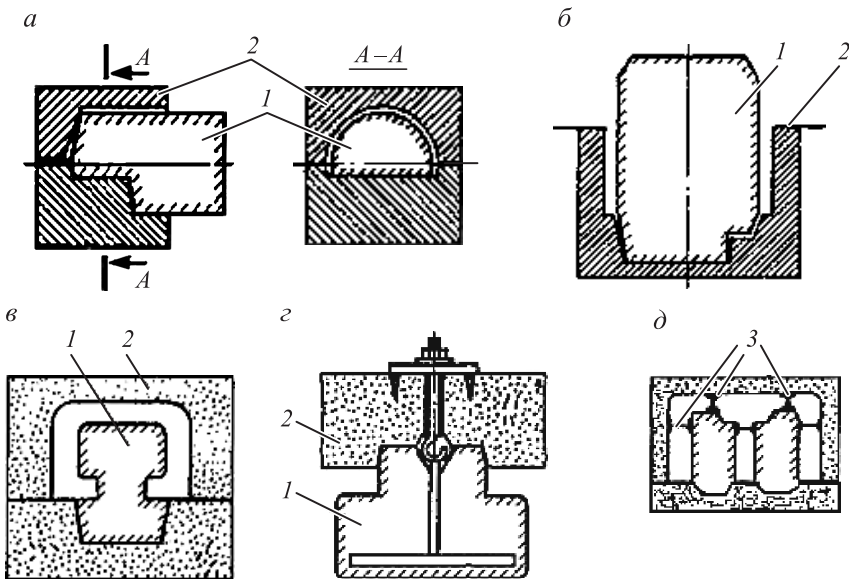


Рис. 1.6. Способы фиксирования стержней в форме:

а – фиксатором в виде прямого среза; *б* – фиксатором в виде среза на нижнем знаке вертикального стержня; *в* – увеличенным нижним знаком; *з* – креплением к ребрам верхней опоки с помощью крюка с резьбой; *д* – распорными жерейками; 1 – стержень; 2 – полуформа; 3 – жерейки

Литые каркасы-планки (рис. 1.7, а) с проволочными подъемами применяют при изготовлении разборных каркасов, после разрушения стержней их используют повторно.

Литые каркасы-рамки (рис. 1.7, б) с литыми выступами-торцами и подъемами применяют при изготовлении крупных и сложных стержней. Рамки отливают из чугуна открытой формовкой.

Комбинированные каркасы (рис. 1.7, в) представляют собой сочетание чугунного основания с проволочными элементами.

Коробчатые каркасы (рис. 1.7, г) применяют для крупных фасонных стержней с глубокими поднутрениями.

Проволочные каркасы (рис. 1.7, д) применяют при изготовлении мелких и средних, а также сложных ажурных стержней небольшого сечения. Для их изготовления используют мягкую отожженную стальную проволоку.

Специальные каркасы могут иметь различную форму, например коробки или трубы (рис. 1.7, е) с отверстиями в стенках для вывода газов.

Крупные и средние стержни перемещают с помощью **весок** (рис. 1.7, жс), отделяют и устанавливают в формы при сборке. Вески изготавливают из проволоки. Диаметр проволоки и число весок зависят от массы стержня. Крепят вески к каркасам тонкой проволокой, сваркой или заливкой концов весок в литые каркасы. После установки стержней в форму такие вески отрезают, а места их нахождения заделывают стержневой смесью.

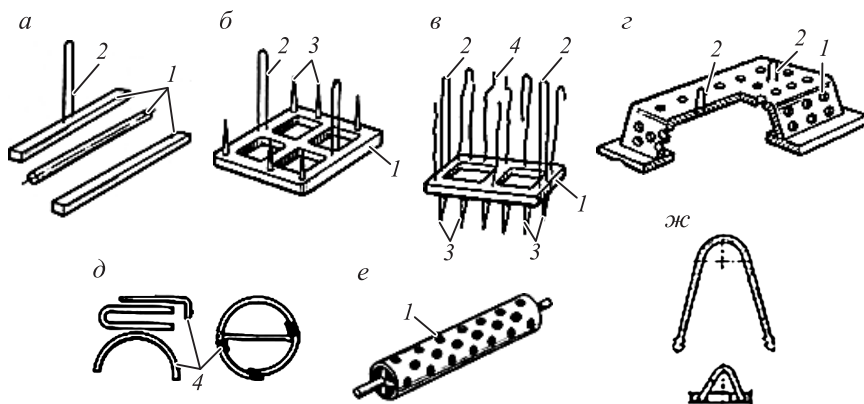


Рис. 1.7. Каркасы стержней и вески для перемещения стержней: а – планочный литой; б – рамочный литой; в – комбинированный; г – коробчатый; д – проволочные; е – трубчатый с вентиляционными отверстиями; жс – вески для проволочных и литых каркасов; 1 – основание; 2 – подъемы; 3 – торцы; 4 – проволока

Вентиляционная система стержней обеспечивает вывод газов из стержня во время заливки формы, кристаллизации и остывания отливки. Для этой цели в теле стержня выполняют *вентиляционные каналы*, которые пронизывают все тело стержня и имеют направленный вывод газов в знаковые части. В зависимости от конструкции стержня вентиляционные каналы выполняют различными способами. Так, в стержнях небольших размеров простой конфигурации газоотводные каналы оформляют иглой 1 (рис. 1.8, а). Данный способ применяют в том случае, когда стержневой ящик набивают смесью со стороны стержневого знака или если стержень разъемный и набивку осуществляют со стороны плоскости разъема. При этом вентиляционные каналы не должны доходить на 10–20 мм до рабочей поверхности стержня.

В крупносерийном и массовом производстве вентиляционные каналы в стержнях выполняют с помощью шомполов 2 (рис. 1.8, б), вставляемых в отверстия стенки ящика. Перед извлечением стержня из ящика шомпол из него вынимают.

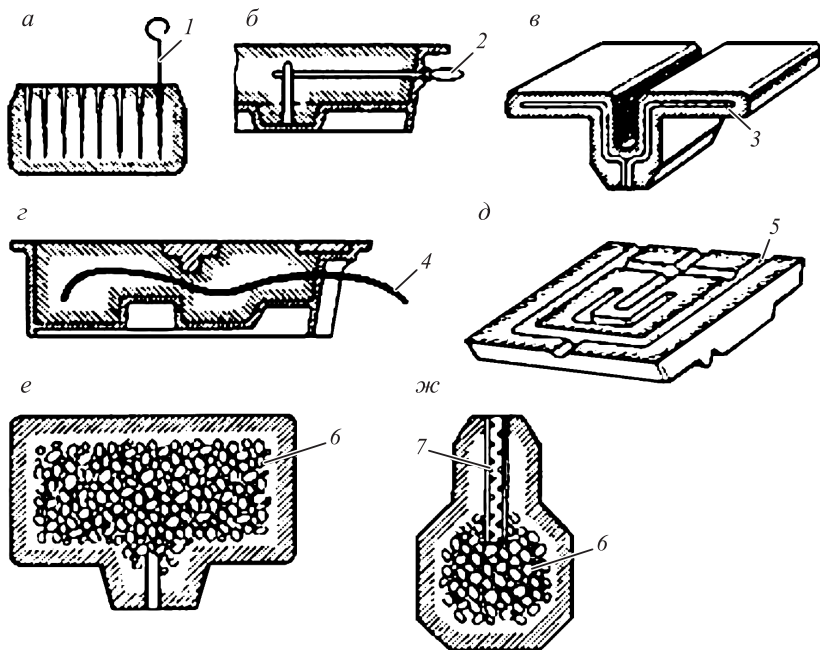


Рис. 1.8. Способы выполнения вентиляционных каналов:

а – иглой; б – шомполом; в – парафиновыми фитилями или капроновыми трубками; г – жгутом; д – прорезями по плоскости разъема; е, ж – с помощью пористых наполнителей; 1 – игла; 2 – шомпол; 3 – восковые или парафиновые фитили; 4 – жгут; 5 – прорези в смеси; 6 – пористый материал; 7 – перфорированный каркас

Если канал выходит на рабочую поверхность стержня, то выход канала тщательно заделывают стержневой смесью или вспомогательным стержнем. В стержни сложной конфигурации в процессе изготовления заформовывают восковые или парафиновые фитили 3 либо капроновые трубки диаметром 4–9 мм (рис. 1.8, в), концы которых выводят в знаковую часть стержня. При сушке фитиль расплавляется и остаются каналы для выхода газов. Применяют также веревочный или резиновый жгуты 4 (рис. 1.8, з), которые после изготовления стержня выдерживают. Если стержень состоит из двух отдельно изготовленных половин, вентиляционные каналы 5 (рис. 1.8, д) прорезают по плоскости разреза и выводят их в знаковые части. Крупные массивные стержни выполняют полыми, полость заполняют мелкой гарью, коксом, смесью опилок с песком, шлаком и другими пористыми материалами 6 (рис. 1.8, е, ж). После окончания процесса уплотнения стержня его знаковую часть соединяют с заполненной пористым материалом полостью канала или перфорированным трубчатым каркасом 7 с отверстиями.

1.8. Свойства литейных стержней

В большинстве отливок при заливке формы расплавом стержень полностью (кроме знаков) омывается со всех сторон жидким металлом, в результате чего подвергается большим механическим нагрузкам и воздействию высокой температуры расплава. Поэтому требования к качеству стержней выше, чем к качеству формы, образующей наружные поверхности отливки. Повышение прочности сырых стержней достигается добавкой в смесь небольшого количества глины, сухих стержней – увеличением в смеси содержания связующих материалов.

Качество стержней определяется их высокой прочностью, газопроницаемостью, податливостью, низкой гигроскопичностью, а также выбываемостью.

Прочность стержней обеспечивается наличием связующего в стержневой смеси и уплотнением ее в стержневом ящике. При уплотнении смеси происходит сближение зерен песка, покрытых связующим, возникают силы сцепления, увеличивается прочность. Прочность стержней в сыром состоянии зависит от величины и формы зерен песка смеси, количества и качества связующего, количества воды и качества перемешивания смеси. Прочность сухих стержней также зависит от вида и количества связующего, температуры и продолжительности сушки. При необходимости прочность стержней увеличивают армированием металлическими каркасами.

Газопроницаемость стержней должна быть высокой, так как при заливке формы они окружены расплавом, и газы, выделяющиеся при контакте с расплавом, должны хорошо фильтроваться через стержень и удаляться через его знаковые части. Низкая газопроницаемость может вызвать газовые раковины в отливке. Газопроницаемость зависит от формы и однородности зерен песка, содержания глинистых веществ в смеси и т.д. Повышается она путем изготовления в стержнях специальных газоотводных каналов.

Податливость – уменьшение стержней в объеме под действием усадки остывающей отливки. Хорошей податливостью обладают стержни из смесей со связующими, теряющими прочность при нагреве, а также с органическими добавками (древесные опилки, торф и др.). Особенно важна величина податливости стержней при изготовлении тонкостенных отливок, так как она предотвращает возможность образования в них трещин.

Гигроскопичность – способность стержней поглощать влагу из окружающей атмосферы или из формы. Она снижает сухую прочность стержней, повышает газотворность и возможность образования в отливке газовых дефектов. Стержневые смеси с глиной, декстрином и другими связующими материалами обладают повышенной гигроскопичностью, в связи с чем их хранение в цеху, а также нахождение в собранной сырой песчано-глинистой форме ограничивается по времени.

Выбиваемость – способность смеси, из которой изготавливаются стержни, легко разрушаться и удаляться из отливок. В первую очередь она зависит от вида и количества в смеси связующих материалов. Лучшей выбиваемостью обладают стержни, изготовленные из песчано-смоляных смесей.

Немаловажное значение имеют и такие свойства стержней, как **газотворная способность, осыпаемость, прочность в нагретом состоянии**, что достигается использованием в составах смесей связующих материалов с минимальной газотворностью и способностью придавать стержням высокую поверхностную и объемную прочность при температуре в помещении цеха и в процессе заливки форм расплавом.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите этапы процесса изготовления отливок в разовых песчаных формах.
2. Каковы характерные особенности литья в песчаные формы?
3. Опишите элементы литейной формы, изготовленной по классической технологии.

4. Каким требованиям должны удовлетворять разовые литейные формы?
5. Назовите конструктивные типы разовых форм.
6. Опишите механические, термические и химические процессы, протекающие в литейной форме при заливке ее расплавом.
7. Каковы функции литейной формы?
8. Назовите критерии определения качества стержней.
9. По каким признакам подразделяют стержни для производства фасонных отливок?
 10. Назовите виды стержней, применяемых в литейном производстве.
 11. Перечислите конструктивные и технологические элементы стержней.
 12. Назовите необходимые условия конструкции стержней для обеспечения минимальных отклонений от размеров отливки.
 13. Каковы назначение и условия применения арматуры и вентиляционной системы стержней?

Глава 2. ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СМЕСИ

2.1. Виды формовочных материалов и смесей

Формовочные материалы применяют для изготовления литейных форм и стержней. Формовочные смеси, которые получают из формовочных материалов в определенных соотношениях, используют для изготовления литейных форм с заданными свойствами.

Исходные формовочные материалы подразделяют на *основные* и *вспомогательные*, предназначенные для придания литейным формам, смесям и составам специфических (противопригарных, стабилизирующих, пластических, адгезионных) свойств.

Связующие материалы служат для соединения частиц формовочного материала в единую смесь.

Вспомогательные формовочные составы и материалы объединяют противопригарные краски, пасты, припылы, стержневой клей, замазки для исправления стержней и другие составы, необходимые для изготовления и отделки форм.

По назначению смеси разделяют на смеси для изготовления литейных форм – *формовочные*, которые подразделяются на *единые*, *облицовочные* и *наполнительные*, и смеси для изготовления стержней – *стержневые*. Стержневые смеси, с учетом особенностей эксплуатации, должны обладать большей газопроницаемостью, прочностью, податливостью, огнеупорностью, чем формовочные смеси (табл. 2.1, 2.2).

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 пескоструйно-прессовых 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
Единая для автоматических линий формовки прессованием	Мелкие и сред-ние	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
	Мелкие и сред-ние	93–94	5–6	0,5–1	0,5–1 пек	–	0,05–0,07	3,5–4,5	100	8–10	4–5,5	3,5–4,5
Единая для машинной формовки встраиванием с подпрессовкой	Сред-ние	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
	Сред-ние и круп-ные	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 2.2

Стержневые смеси для отливок из стали и чугуна

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

По роду заливаемого расплава различают смеси для стального, чугунного и цветного литья. Смеси для стального литья должны выдерживать температуру заливки расплава 1480–1540 °С, для чугунного литья – 1380–1420 °С, для цветного литья – 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 при изготовлении 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 дает значительный брак отливок по вине формовочной смеси.

Наполнительная смесь наносится поверх облицовочной и занимает основной объем формы, не контактирующий с жидким металлом. Наполнительная смесь приготавливается из отработанной смеси с небольшой добавкой свежих материалов или без них и должна обладать высокой прочностью и газопроницаемостью. Все существующие формовочные и стержневые смеси разделяют на несколько типов или групп, отличающихся способом упрочнения и характером затвердевания смеси, что, в свою очередь, определяет область их применения.

2.2. Структура и свойства формовочных и стержневых смесей

Литейная форма представляет собой пористый материал на основе твердого зернового наполнителя с широкой сетью разветвленных поровых каналов. Любая формовочная смесь, образующая литейную форму, состоит из двух основных составляющих: зерновой и связующей, а также из пустот между зёрнами смеси. Зерновая составляющая – это в большинстве случаев кварцевый песок, в качестве связующей составляющей наиболее часто применяют огнеупорную глину или бентонит, а также смеси различных органических и неорганических клеящих веществ. Кроме того, в смеси для улучшения их свойств вводят специальные добавки. Общее понимание эксплуатационных свойств

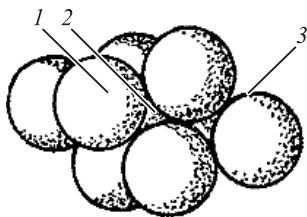


Рис. 2.1. Структура формовочной смеси:
1 – зерна песка; 2 – пустоты между зернами; 3 – оболочка (пленка) связующего

формовочных и стержневых смесей и условий их формирования основано на рассмотрении структуры смеси (рис. 2.1).

Структура смеси в общем случае отображает взаимное расположение и характер связей между частицами огнеупорного наполнителя и другими компонентами, образующими смесь как целостную систему. В этом отношении модель смеси представляет собой набор частиц (зерен) 1 огнеупорного наполнителя – формовочного песка, скрепленных между собой точечными контактами через пленку связующего 3. В порах

между зернами 2 также могут находиться мелкодисперсные частички вспомогательных материалов (добавок к смеси). Именно такая структура формирует эксплуатационные свойства формовочных и стержневых смесей. Однако следует понимать, что формирование свойств смесей и форм происходит в процессе уплотнения структуры.

Свойства смесей разделяют на гидравлические, механические, технологические и теплофизические (рис. 2.2). Такое разделение принято с учетом того, что смеси, из которых изготавливают форму и стержни, должны удовлетворять комплексу определенных требований: технологии изготовления форм и стержней; условиям взаимодействия формы с жидким металлом при заливке формы, затвердевании и охлаждении

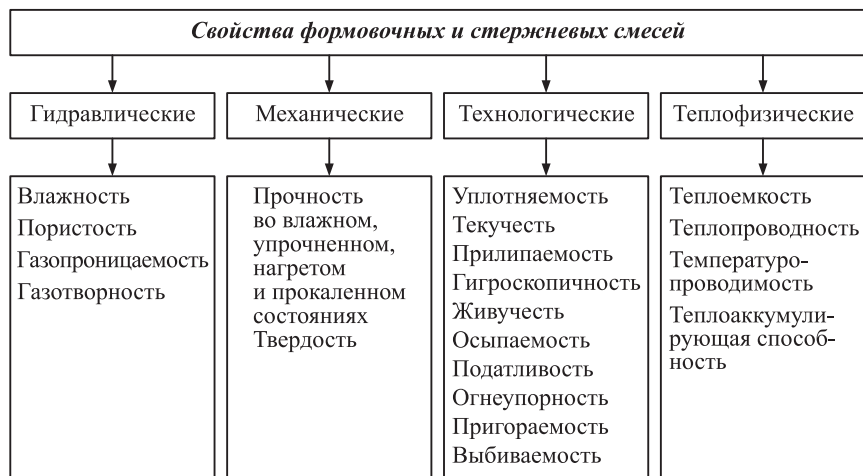


Рис. 2.2. Классификация свойств формовочных и стержневых смесей

отливки; технологии приготовления формовочной или стержневой смеси; условиям выбивки форм и удаления стержней.

Гидравлические свойства смесей определяют условия газообразования и удаления газообразных продуктов из полости формы при заливке расплавом.

Влажность характеризует процентное содержание влаги в смесях. Величина влажности определяет значение многих других свойств смеси и оказывает прямое влияние на качество получаемых отливок, например при повышенной влажности смесей в отливках могут возникать газовые раковины.

В соответствии с ГОСТ 29234.5–91 величину влажности смеси (в процентах) определяют по изменению массы в процессе сушки навески смеси при 105–110 °С до постоянной массы и рассчитывают по формуле

$$B = \frac{M - M_1}{M} 100,$$

где M и M_1 – масса смеси до и после сушки, г.

Пористость характеризуется отношением объема пустот (пор) к общему объему смеси и выражается в процентах. Величина пористости смеси в основном определяет степень развития процессов проникновения жидкого металла или его оксидов в глубь формы, т.е. вероятность возникновения пригара на поверхности смеси, и обуславливается главным образом степенью уплотнения смеси и содержанием в ней глины или других мелкозернистых добавок. Пористость уплотненных формовочных смесей находится в пределах 25–50%.

Газопроницаемость является одним из важнейших свойств смеси и характеризует способность ее пропускать газы. При недостаточной газопроницаемости смеси затрудняются условия удаления газообразных продуктов из полости формы в процессе ее заливки. Газопроницаемость смесей зависит от размера зерен формовочного песка, содержания мелкозернистых добавок, степени уплотнения и влажности.

Коэффициент газопроницаемости рассчитывают по формуле

$$K = \frac{Vh}{Fpt},$$

где V – объем воздуха, прошедшего через образец смеси, см³; h – высота образца, см; F – площадь поперечного сечения образца, см²; p – давление воздуха перед входом в образец, г/см²; t – продолжительность прохождения воздуха через образец, мин.

Газотворность характеризует способность смеси выделять газы при нагреве до высоких температур (до 1250 °С). Выделяющиеся при заливке формы газы могут быть причиной образования газовых раковин в отливках, причем чем выше газотворность смеси, тем больше опасность их образования. Значение газотворности смеси зависит от степени ее уплотнения, вида и количества связующего и добавок, содержания влаги.

Механические свойства смесей определяют прочностные характеристики литейной формы в период ее изготовления и эксплуатации.

Прочность характеризует способность смеси сохранять заданную конфигурацию полости литейной формы в период ее изготовления и транспортирования, а также заливки. В соответствии с ГОСТ 29234–91 прочность смеси оценивают величиной нагрузки, при которой разрушается упрочненный образец смеси. Различают прочность смесей во влажном, упрочненном, нагретом и прокаленном состояниях.

Твердость характеризует способность поверхностного слоя форм или стержня противостоять проникновению более твердого тела (металлического шарика). Поверхностная твердость формы или стержня зависит от степени уплотнения смеси, количества и качества связующих материалов, а также от режимов их упрочнения. Оценка твердости производят с помощью специальных приборов – твердомеров и выражают в условных единицах.

Технологические свойства смесей определяют условия получения качественных форм и стержней, а также условия изготовления отливок с учетом оценки их трудоемкости и качества.

Уплотняемость характеризует способность песчано-глинистой смеси уменьшать свой первоначальный объем под воздействием внешних сил. Уплотняемость зависит от содержания воды и глинистого связующего в смеси и от их соотношения. Оценка уплотняемости производят по разнице объемов навески смеси до и после уплотнения, отнесенной к первоначальному ее объему, и выражают в процентах.

Текучесть характеризует способность смеси заполнять труднодоступные полости в модельной оснастке, обеспечивая равномерное уплотнение формы или стержня. Значение текучести тесно связано с величиной прочности смеси во влажном состоянии, при этом чем меньше эта величина, тем выше текучесть смеси во влажном состоянии.

Прилипаемость характеризует способность смеси во влажном состоянии прилипать к поверхности модельной оснастки или транспортных средств (ленточных конвейеров). Повышенная прилипаемость смеси увеличивает шероховатость поверхности формы или стержня, а также вызывает необходимость частой чистки поверхности модельной оснастки и транспортных средств.

Гигроскопичность характеризует способность формы или стержня впитывать влагу из окружающей среды. Оценка гигроскопичности основана на определении массы влаги, поглощенной сухой смесью. Значение гигроскопичности связано главным образом с природой и количеством связующего материала смеси.

Живучесть характеризует продолжительность сохранения смесью своих физико-механических свойств. Значение ее зависит также от природы связующего материала смеси, интенсивности уменьшения в ней влаги и температурных условий хранения. Показателем живучести холоднотвердеющих (упрочняющихся без теплового воздействия) смесей обычно считают промежуток времени (в минутах), по истечении которого значение ее прочности снижается на 30%.

Осыпаемость характеризует способность поверхности формы или стержня не разрушаться при транспортировании, сборке и заливке формы. Значение осыпаемости связано с количеством и природой связующего материала, а также с режимом сушки форм и стержней.

Податливость характеризует способность материала формы или стержня деформироваться под воздействием усадки отливок. Степень податливости смеси зависит от природы огнеупорной основы, количества и природы связующего материала, а также от степени уплотнения смеси.

Огнеупорность характеризует способность смеси не оплавляться под действием высоких температур и тем самым препятствовать образованию повышенного пригара на отливках. Значение огнеупорности смеси зависит от минералогического, гранулометрического и химического состава формовочного песка и связующего материала.

Пригораемость характеризует способность поверхностного слоя формы или стержня прогивостоять прочному сцеплению с металлом отливки. Степень пригораемости смеси зависит от многих факторов, для ее уменьшения в состав смеси вводят противопригарные и высокоогнеупорные материалы, а также применяют специальные защитные покрытия.

Выбиваемость характеризует способность смесей отделяться от поверхностей и полостей отливки при выбивке и очистке. Выбиваемость зависит главным образом от природы и количества связующего материала в смеси, интенсивности температурного и силового воздействия металла отливок на смесь.

Теплофизические свойства смесей определяют условия протекания тепловых процессов при затвердевании отливки в форме. К ним относятся *теплоемкость*, *теплопроводность*, *температуропроводимость* и *теплоаккумулирующая способность*. Эти характеристики определяют тепловой режим охлаждения отливки в форме. Значения их зависят от природы огнеупорной основы смесей, а также от состояния формы (влажная, сухая). Наиболее высокими теплофизическими

свойствами обладают цирконовые, дистен-силлиманитовые, хромитовые формовочные пески. Теплофизические характеристики кварцевых песков значительно ниже.

2.3. Исходные формовочные материалы

2.3.1. *Зерновой наполнитель – формовочный песок*

Формовочный песок как зерновой наполнитель является основной составляющей формовочных и стержневых смесей, применяемых в литейном производстве. Огнеупорные наполнители формовочных и стержневых смесей разделяют на кварцевые и некварцевые (высокоогнеупорные). Кварцевые наполнители применяют для получения мелких отливок из чугунов и литейных сталей, некварцевые, ввиду более высокой огнеупорности, – для средних и крупных отливок из чугунов, а также отливок любого развеса из легированных сталей. Основу кварцевых песков составляет кварц (SiO_2), его доля в обогащенном формовочном песке может достигать 98,5%. Плотность кварца $2,65 \text{ г/см}^3$, твердость по шкале Мооса 7, температура плавления $1713 \text{ }^\circ\text{C}$.

Зерна кварца могут иметь различную окраску, обусловленную малыми количествами примесей. Примесями в кварцевых песках являются *полевые шпаты*, среди которых различают:

- калиевые полевые шпаты ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$);
- слюды, присутствующие в песках в виде блестящих темных или серебристых чешуек. Наиболее распространены слюды: мусковит – белая калийная слюда ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и биотит – черная железомagneзиальная слюда ($\text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$);
- гидроксиды железа (Fe_2O_3 , FeS_2 и др.) в виде тонких пленок на поверхности зерен песка;
- карбонаты (CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3).

Полевые шпаты и слюды содержатся в некоторых песках в значительных количествах (до 15%). Из-за более низкой, чем у кварца, температуры плавления и взаимодействия с оксидами расплавленного металла эти примеси вызывают образование пригара на отливках. Гидроксиды железа существенно снижают адгезионную способность поверхности песка и придают ему желтую или буроватую окраску. Карбонаты, разлагаясь при значительно более низких температурах, чем температура заливаемого металла, выделяют углекислый газ, что может привести к образованию газовых раковин. В качестве примесей в формовочных песках также встречаются глинистые минералы каолинит и монтмориллонит. Поскольку все примеси ухудшают свойства ог-

неупорного наполнителя, в последнее время широкое применение нашли обогащенные формовочные пески с минимальным содержанием примесей.

2.3.2. Высокоогнеупорные формовочные материалы

Для получения крупных чугунных и стальных отливок с чистой поверхностью вместо кварцевых песков используют другие высокоогнеупорные материалы – хромит, магнезит, хромомagneзит, циркон, оливин дистен-силлиманит, шамот. Эти материалы имеют более высокие по сравнению с кварцевым песком теплофизические свойства (табл. 2.3) и меньшую склонность к физико-химическому взаимодействию с расплавами железа и его оксидов, поэтому позволяют получать чугунные и стальные отливки с более чистой поверхностью.

Таблица 2.3

Теплофизические свойства высокоогнеупорных материалов

Материал	Температура плавления, °С	Теплоаккумулирующая способность, Дж/(м ² ·с ^{1/2} ·К)	Температурный коэффициент расширения (К ⁻¹) в интервале 300–1000 °С		Плотность, кг/м ³
			объемного	линейного	
Кварцевый песок SiO ₂	1550–1713	1260	1,54	13,7·10 ⁻⁶	2650
Дистен-силлиманит Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	1800–1830	1470	0,43	–	3250
Циркон ZrSiO ₄	2600	1820	0,16–0,63	5,5·10 ⁻⁶	4600–4700
Рутил TiO ₂	1560–1570	1960	0,25–0,92	–	4200–4300
Хромомagneзит MgO·Cr ₂ O ₃	2000–2100	2100	0,8–0,9	–	3900
Хромит FeO·Cr ₂ O ₃	1600–1800	2380	0,7	–	3760–4280
Магнезит MgCO ₃	2000–2800	–	–	13,5·10 ⁻⁶	2900
Оливиниты, дуни- ты (Mg, Fe) ₂ SiO ₄	1830–1750	–	–	–	3200–3500
Шамот (40% Al ₂ O ₃ , остальное SiO ₂)	1580–1750	–	–	(4,5/6,0)·10 ⁻⁶	3000
Муллит 3Al ₂ O ₃ ·2SO ₂	1810	–	–	–	3030

Хромит ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) относится к группе хромшпинелидов (табл. 2.4) и является широко распространенным природным сырьем. Хромитовый песок получают путем размола и отсева руды хромитового железняка. Температура плавления хромита (при содержании Cr_2O_3 до 40%) не превышает 1800°C , плотность варьирует в пределах $3760\text{--}4280 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 2.4

Характеристика природных огнеупорных материалов

Материал	Массовая доля, %		Плотность, г/см^3	Твердость по шкале Мооса	Показатель pH	Огнеупорность, $^\circ\text{C}$
	основных компонентов	примесей, до				
Циркон ZrSiO_4	67,1 ZrO_2 32,9 SiO_2	4 CaO 2 Al_2O_3 0,4 TiO_2 0,3 Fe_2O_3	4,6–4,7	7–8	6,5–7	2430–2450
Дистен-силлиманит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	63,1 Al_2O_3 36,9 SiO_2	1 TiO_2 3 Fe_2O_3 0,2 CaO 0,2 Na_2O + + K_2O	3,5–3,7	5–7	5,7	1880
Оливин $\text{MgO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}$	45–50 MgO 40–43 SiO_2 8–12 FeO	2 Al_2O_3 + + Cr_2O_3 + + CaO	3–3,5	6,5–7	9,8	1890
Хромшпинелиды (Mg, Fe^{2+})-(Cr, Al, Fe^{2+}) $_2\text{O}_4$	18–62 Cr_2O_3 4–33 Al_2O_3 10–30 Fe_2O_3 2–18 FeO 6–16 MgO	2 TiO_2 1 MnO 0,2 V_2O_3	4–4,8	5,5–7,5	8	1600–2000
Ставролит $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{SiO}_5$	55,9 Al_2O_3 26,3 SiO_2 15,8 Fe 2,0 H_2O	0,5 TiO_2 2 Fe_2O_3	3,65–3,74	7–7,5	6	1700

При относительно высокой температуре плавления хромитовый песок имеет низкую температуру спекания (1100°C), а смеси на его основе обладают высокой прочностью при термическом ударе.

Благодаря высокой теплопроводности хромита зона конденсации влаги в сырой форме на его основе образуется на значительно большей глубине, чем в смесях на кварцевом песке.

Хромит инертен к оксидам железа при высоких температурах в любой газовой атмосфере, плохо смачивается жидким металлом, имеет высокую теплоаккумулирующую способность. Все эти факторы при изготовлении крупных стальных отливок способствуют предотвращению образования *химического и механического пригара, ужимин*, улучшают условия кристаллизации металла. Хромитовые пески нельзя смешивать с кварцевыми во избежание образования пригара на отливках.

Магнезит ($MgCO_3$) имеет огнеупорность 2000–2800 °С (магнезитовые изделия – более 2000 °С). Зернистый материал для формовочных смесей получают дроблением отходов и боя магнезитовых изделий. Магнезит рекомендуется применять для приготовления облицовочных смесей или противопопригарных красок, при получении отливок из высокомарганцовистых и других высоколегированных сталей.

Хромомagneзит ($MgO \cdot Cr_2O_3$) имеет огнеупорность не менее 2000 °С, плотность 3900 кг/м³. В отличие от магнезита хромомagneзит хорошо противостоит резким изменениям температуры. В литейном производстве обычно применяются отходы и бой хромомagneзитового кирпича. Хромомagneзит используется для приготовления облицовочных смесей, паст и красок, при получении крупного стального литья из легированных сталей. Для приготовления облицовочных смесей применяют размолотый хромомagneзит.

Циркон ($ZrSiO_4$) имеет огнеупорность не ниже 1600 °С, малый температурный коэффициент объемного расширения (0,003), высокую плотность (4600–4700 кг/м³) и хорошую теплопроводность. Он применяется в основном для приготовления противопопригарных красок при стальном литье, иногда для изготовления форм при литье по выплавляемым моделям и в оболочковые формы.

Оливин ($MgO \cdot FeO \cdot SiO$) имеет температуру плавления в зависимости от соотношения содержания оксидов магния, железа и содержания кварца. Температура плавления форстерита ($MgO \cdot SiO_2$) 1900 °С, фаялита ($2FeO \cdot SiO_2$) – 1200 °С. Поэтому оливин необходимо использовать с минимальным содержанием оксидов железа и не смешивать с кварцевым песком. Нежелательной примесью в оливине является серпентин ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Оливин применяют для облицовочных формовочных смесей при изготовлении крупных стальных и чугунных отливок, что позволяет получать их с более чистой поверхностью, чем при использовании кварцевого песка. Кроме того, использование оливина в отличие от кварца не вызывает заболевания рабочих силикозом.

Шамот – основным преимуществом шамота по сравнению с кварцевым песком является малое тепловое расширение, поэтому на отливках не образуется таких дефектов, как ужимин. Шамот дороже кварцевых песков. Он иногда применяется для изготовления форм много-

кратного использования несложной конфигурации и при формовке по сухому для изготовления средних и крупных стальных и чугунных отливок.

2.3.3. Принципы выбора формовочных песков

Существует общепринятый подход к выбору огнеупорного наполнителя формовочных и стержневых смесей. Так, грубые пески группы 063 в литейном производстве не применяются, так как они образуют шероховатую поверхность отливок. Очень крупный и крупный песок групп 04 и 0315 используется при получении крупных чугунных и стальных отливок массой свыше 1000 кг. Средний песок группы 02 рекомендуется для мелкого и среднего литья из чугуна и стали. Мелкий и очень мелкий песок групп 016 и 01 применяется при изготовлении тонкостенных чугунных и стальных отливок, а также отливок из цветных сплавов. Тощий песок группы 0063 используется при производстве индивидуальных поршневых колец и других тонкостенных отливок.

С учетом наличия вредных примесей в формовочных песках, резко ухудшающих эксплуатационные свойства смесей и являющихся причиной образования дефектов в отливках, рекомендуется применять пески следующих групп: для крупного стального литья – $1K_{1-2}$, для среднего и мелкого стального, а также для крупного и среднего чугунного литья – $2K_{1-3}$, для среднего и мелкого чугунного литья, а также для всего цветного литья – $3K_{1-4}$, для мелкого несложного чугунного и всего цветного литья – $4K_{1-5}$.

Обогащенные пески с низким содержанием глинистой составляющей (до 1,0%) рекомендуется использовать для изготовления форм и особенно стержней по холодной и горячей оснастке, из самотвердеющих смесей и прессованием под высоким давлением. Наиболее эффективными методами обогащения песков являются гидравлическая обработка песка при высокотемпературной сушке, гидравлическая обработка с оттиркой и термическая обработка. Термическая обработка песка при высокотемпературной сушке (700–850 °С) в специальных установках с «кипящим слоем» при вихревом потоке горячего газа позволяет снизить способность кварцевого песка к расширению и растрескиванию.

Кварцевый песок является основным формовочным материалом в большинстве регионов, несмотря на наличие в ряде случаев доступных месторождений высокоогнеупорных материалов. Использование кварцевых песков, в том числе высококачественных классифицированных, имеет технико-экономическое преимущество по сравнению с самым доступным высокоогнеупорным материалом.

Тощие и жирные пески применяют для изготовления песчано-глинистых формовочных смесей для мелкого литья из чугуна и цветных сплавов. Для стального литья жирные пески применять не рекомендуются, так как в них содержится большое количество вредных примесей.

2.4. Связующие материалы

Частицы исходных формовочных песков или молотых огнеупоров практически не образуют механически устойчивых систем, поэтому соединение разрозненных частиц формовочного материала в единую смесь осуществляется связующим. Для скрепления твердых частиц формовочной смеси необходимо, чтобы связующее находилось в жидком или пластичном состоянии. В литейном производстве в качестве связующих применяют следующие вещества: *пластичные, жидкие* при комнатной температуре; *переходящие в жидкое состояние* при растворении их в соответствующих растворителях (таких, как вода, ацетон и т.д.); *расплавляющиеся и приобретающие свойства жидкости* при нагреве (бакелит, формальдегид и т.д.). Таким образом, процесс связывания частиц формовочной смеси можно рассматривать как скрепление твердых тел жидким веществом при определенных условиях. Поскольку все известные связующие материалы не характеризуются должной огнеупорностью, выделяют значительное количество газов и при термической деструкции (разложении) потенциально ухудшают газопроницающие свойства литейной формы, их содержание в смесях должно быть оптимизировано минимальным. В этой связи к любому связующему материалу в зависимости от условий его применения предъявляется комплекс требований:

- равномерно распределяться по поверхности зерен песка и в объеме смеси;
- придавать смеси текучесть, необходимую для выполнения всех контуров детали, что особенно важно, если контуры имеют сложную конфигурацию;
- обеспечивать достаточную поверхностную и общую прочность как в сыром, так и в сухом состоянии;
- обеспечивать быстрое высыхание форм и стержня при сушке и обладать низкой гигроскопичностью при хранении и сборке форм;
- не выделять много газов при сушке и заливке, так как излишняя газотворная способность смеси способствует образованию газовых раковин в отливках;
- обеспечивать податливость формы или стержня, которая необходима ввиду усадки металла при остывании;

- не снижать огнеупорность формовочных и стержневых смесей и не увеличивать их пригораемость;
- обеспечивать легкую выбивку отливок;
- быть дешевым, недефицитным и безвредным для окружающих.

В зависимости от исходной химической природы связующие делятся на два класса – органические и неорганические, в том числе водорастворимые и водонерастворимые. Органические и неорганические связующие принципиально различаются своим поведением при нагреве.

Органические связующие разлагаются в интервале температур 300–700 °С с выделением газовой фазы (СО, СО₂, углеводороды, мономеры и пр.) и образованием твердого коксового остатка (исключением являются этилсиликаты, образующие при разложении диоксид кремния).

Неорганические связующие могут претерпевать при нагреве (после испарения воды, в основном заканчивающегося при 300 °С) различные химические изменения, как правило, не сопровождающиеся газификацией и завершающиеся переходом в устойчивую форму оксида или соли. Для ряда неорганических связующих характерно образование при высокотемпературном нагреве плавней с выраженной пластификацией формовочных и стержневых смесей.

Отмеченные особенности поведения органических и неорганических связующих при нагреве обуславливают некоторые общие различия в их технологических свойствах. Неорганические связующие более термостойки, менее газотворны и более благоприятны в санитарно-гигиеническом отношении. Вследствие пластификации при высоких температурах многие неорганические связующие обеспечивают достаточную податливость стержней и форм, что предотвращает образование горячих трещин в отливках. В то же время применение некоторых неорганических связующих создает проблемы, связанные с выбиваемостью смесей из отливок и затрудненной регенерацией возврата.

Важнейшее преимущество органических связующих заключается в их способности отверждаться с образованием прочных структур. В результате этого расход лучших органических связующих составляет 0,8–1,2 массовой части на 100 массовых частей огнеупорного наполнителя, что в 3–4 раза ниже, чем расход неорганических связующих. При этом достигается легкая выбивка смесей из отливок, их облегченная регенерация и во многом нивелируются недостатки, обусловленные повышением газотворности, ухудшением санитарно-гигиенических условий труда и т.п. За рубежом объем применения органических связующих композиций существенно выше, чем неорганических, несмотря на относительную дешевизну последних.

2.4.1. Глинистые связующие

Формовочные глины в зависимости от минералогического состава разделяют на каолиновые, каолинитогидрослюдистые и бентонитовые (табл. 2.5). Бентонитовые глины делятся на три группы по пределу прочности при разрыве в зоне конденсации, а каолиновые и каолинитогидрослюдистые – по пределу прочности при сжатии в сухом состоянии (табл. 2.6). Формовочные глины выбирают для приготовления смеси в зависимости от способа формовки, вида заливаемого расплава, образования на отливках наименьшего пригара.

Таблица 2.5

Минералогический состав формовочных глин

Наименование вида глины	Основной породообразующий минерал
Каолинитовая и каолинитогидрослюдистая	Каолинит и каолинит с гидрослюдой $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Бентонитовая	Монтмориллонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Таблица 2.6

Свойства формовочных глин

Группа	Бентонитовая глина	Группа	Каолинитовая и каолинитогидрослюдистая глины
	Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, Па ($\text{кгс}/\text{см}^2$), не менее		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, Па ($\text{кгс}/\text{см}^2$), не менее
1-я (высоко связующая)	$0,275 \cdot 10^4$ (0,028)	1-я (высоко связующая)	$34,323 \cdot 10^4$ (3,5)
2-я (связующая)	$0,196 \cdot 10^4$ (0,020)	2-я (средне связующая)	$24,516 \cdot 10^4$ (2,5)
3-я (средне связующая)	$0,147 \cdot 10^4$ (0,015)	3-я (мало связующая)	$14,710 \cdot 10^4$ (1,5)

Бентонитовые, каолиновые и каолинитогидрослюдистые глины делятся на марки в зависимости от предела прочности во влажном состоянии (табл. 2.7). Чем выше температура заливки, больше толщина стенки и масса отливки, тем более огнеупорную и высокопрочную глину необходимо применять. Так, для формовки по сухому стальным

и чугунных отливок применяют глины 1-й и 2-й групп по прочности в сухом состоянии, групп Т₁–Т₃; при формовке по сырому – групп Т₁ и Т₂, а для толстостенных отливок (>70 мм) – глину группы Т₁ (табл. 2.8).

Таблица 2.7

Марки формовочных глин

Марки	Бентонитовая глина	Каолинитовая и каолинитогидро- слоистая глины
	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, Па (кгс/см ²), не менее	
П (прочная)	$8,826 \cdot 10^4$ (0,9)	$4,903 \cdot 10^4$ (0,5)
С (среднепрочная)	$6,865 \cdot 10^4$ (0,7)	$3,432 \cdot 10^4$ (0,35)
М (малопрочная)	$4,903 \cdot 10^4$ (0,5)	$1,961 \cdot 10^4$ (0,2)

Таблица 2.8

Применение формовочных глин

Расплав для залвки форм	Характеристика отливки по преобладающей толщине стенки, мм	Метод формовки	Рекомендуемая марка глины
Чугун	10–15	Сырая форма	(П, С, М) (1–3)Т1
Чугун	Более 50	То же	(П, С) (1–3) (Т1–Т3)
Сталь	8–20	>>	(П, С, М) (1–3) Т1
Сталь	20–70	>>	(П, С) (1–3) (Т1–Т3)
Сталь	Более 70	>>	П (1–3) Т1
Чугун	8	Сухая форма	(П, С, М) (1–3)Т1

В массовом производстве при формовке по сырому бентонитовые глины используют чаще, чем другие виды глин. При этом наилучших результатов достигают при применении щелочных бентонитовых глин. При чугунном литье желательно использовать кальциевые монтмориллонитовые глины, а при стальном – натриевые.

Зерновой состав глин характеризует их степень дисперсности и наличие в них крупнодисперсных включений. Дисперсность глин оказывает существенное влияние на их связующую способность, коллоидальность и в результате – на прочностные свойства смеси.

Связующая способность – важнейшее свойство, характеризующее удельную способность глин к формированию прочности смеси. С ее повышением уменьшается количество глины, вводимой в состав формовочной смеси, повышаются газопроницаемость и огнеупорность смеси и в большинстве случаев снижается влажность, что уменьшает прилипаемость смеси и улучшает ее формуемость.

Основные свойства формовочных глин. Коллоидальность характеризует водопоглощающую способность глины. Это особо важный показатель с точки зрения образования устойчивой водно-глинистой суспензии. Он влияет на распределение глинистой составляющей в формовочной смеси и тем самым на прочность и пластичность формовочных смесей. Коллоидальность определяется по ГОСТ 3594.10–93 отношением объема осадка к общему объему водно-глинистой суспензии после отстаивания ее в течение 24 ч и выражается в процентах.

Состав обменных катионов определяется по ГОСТ 3594.2–93, ГОСТ 3594.3–93 специальными методами химического анализа и выражается в мг·экв на 100 г глины. К числу обменных катионов относятся K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} . Чем выше сумма обменных катионов в глине, тем выше ее качество. При обмене одних катионов на другие меняются свойства глины. Например, при обработке кальциевого бентонита содой происходит замещение катионов Ca^{++} катионами Na^+ и бентонит из кальциевого становится натриевым.

Водопоглощение бентонитов характеризует способность глины поглощать влагу и зависит от строения кристаллической решетки глины и количества примесей. По водопоглощению можно ориентировочно определить вид глины. Водопоглощение оказывает некоторое влияние на изменение размеров отпечатка форм, изготавливаемых по сухому, и на характеристики водно-глинистых суспензий. Коэффициент водопоглощения определяется по ГОСТ 28177–89.

Концентрация водородных ионов (показатель pH) является критерием совместимости связующего и огнеупорного наполнителя, который непосредственно влияет на прочностные и пластические свойства формовочных материалов.

Термическая устойчивость (потери при прокаливании) бентонитовых глин основана на определении прочности при сжатии во влажном состоянии смеси на исходной глине и смеси на глине после нагрева и выдержки ее в течение 1 ч при температуре 550 °С. После охлаждения глины в эксикаторе готовят смеси из исходной и прокаленной глины и определяют предел прочности при сжатии для исходной и прокаленной глины.

Термическую устойчивость определяют по формуле

$$T = \frac{\sigma_1}{\sigma_2},$$

где σ_1 – предел прочности при сжатии во влажном состоянии по результатам испытания прокаленной глины, Па (кгс/см²); σ_2 – предел прочности при сжатии во влажном состоянии по результатам испытания исходной глины, Па (кгс/см²).

Прочность во влажном состоянии характеризует связь между составляющими компонентами смеси и молекулами воды. Чем больше в сырых формовочных смесях слоев свободных молекул воды, тем меньше связь между составляющими компонентами и, соответственно, прочность смеси во влажном состоянии. Поэтому при приготовлении смесей для сырых форм важным является оптимальное соотношение между глиной и водой, которое различно для глин разной минералогической природы и гранулометрического состава. Это соотношение для каждой новой партии глин определяется опытным путем. Предел прочности при сжатии во влажном состоянии определяется на стандартных образцах высотой 50 мм и диаметром 50 мм по ГОСТ 3594.7–93. Наиболее существенно то, что связующая способность глин зависит от минералогического состава, дисперсности глинистых частиц, емкости и состава обменного комплекса.

2.4.2. Синтетические смолы

В последнее время в литейном производстве в качестве связующих получают распространение синтетические смолы, которые относятся к органическим неводным (А-1) и водным (Б-1) связующим. Долгое время синтетические смолы были дорогостоящими и применялись в основном для изготовления стержней в горячей и холодной оснастке, а также для получения оболочковых форм. Сейчас это класс доступных формовочных связующих, широко используемых для массового и крупносерийного производства стержней, а также для разового и единичного изготовления стержней и форм в условиях гибкого многономенклатурного производства. При этом технологии и связующие для холодного отверждения «Cold-box», безусловно, вытесняют материалы и процессы, связанные с нагреваемой оснасткой «Hot-box». Применение синтетических смол для изготовления стержней в холодной оснастке, а также химически твердеющих смесей (ХТС) с синтетическими смолами в 1960-х гг. привело к смене традиционной технологии изготовления уплотненных стержней с тепловой сушкой. Использование ХТС позволило коренным образом изменить технологию изготовления стержней и форм. Сущность новой технологии заключается в том, что в смесь вводится жидкая смола (в полимерном состоянии) и отвердитель (кислота), при химическом взаимодействии которых происходит поликонденсация смолы до полного ее затвердевания и, как результат, упрочнение стержня (формы). Для ускорения процесса и увеличения производительности работы оборудования используют методы теплового и химического катализа.

Химически твердеющие смеси со смолами имеют большие преимущества, чем смеси с другими связующими:

- высокая прочность при малом (1–2%) расходе связующего;

- повышенная точность размеров стержней и, соответственно, отливок;
- отсутствие необходимости в тепловой сушке;
- отсутствие необходимости в применении сушильных плит;
- возможность использования оснастки из любых материалов (металлов, древесины, пластмасс);
 - более простая конструкция стержневых ящиков;
 - более высокая текучесть смеси со смолами и за счет этого более легкое уплотнение даже кратковременной вибрацией;
 - более низкая гигроскопичность стержней;
 - отсутствие или уменьшение необходимости в применении каркасов из-за высокой прочности;
 - хорошая податливость и выбиваемость.

Применение ХТС позволяет механизировать и автоматизировать изготовление стержней, увеличивает производительность труда, повышает качество поверхности отливок, снижает брак и себестоимость отливок.

Известно, что смолы – это олигомеры, застabilизированные на какой-то промежуточной стадии полимеризации или поликонденсации (в зависимости от способа получения).

Полимеризационные смолы получают в результате полимеризации одного или нескольких исходных веществ – манометров. В литейном производстве применяют в основном конденсационные смолы для ХТС при работе с холодной оснасткой, в том числе с использованием химических катализаторов. Менее распространены смолы, отверждаемые в горячей оснастке.

Смолы холодного отверждения (табл. 2.9) при хранении самопроизвольно полимеризуются. Чем больше степень их полимеризации превышает оптимальную, тем ниже прочность ХТС с такими смолами, поэтому срок хранения этих смол ограничен (2–6 мес.). Кроме того, для минимального расхода смолы необходимо использовать песок высокого качества с минимальным содержанием глины и других примесей, которые поглощают часть смолы и снижают адгезию связующего к песчинкам. Все смолы, представленные в табл. 2.9, пригодны также для изготовления стержней в нагреваемой оснастке.

Смолы горячего отверждения (табл. 2.10) применяют для изготовления стержней в нагреваемой оснастке. К наиболее распространенным относятся мочевиноформальдегидные смолы. В процессе поликонденсации мочевины (карбамида, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) с формальдегидом (CH_2O) получают различные марки смол, отличающихся содержанием сухого вещества, степенью конденсации, вязкостью, содержанием свободного формальдегида. К недостаткам мочевиноформальдегидных смол можно отнести низкую термостойкость (220–480 °С), вследствие чего стержни и формы имеют большую газотворность, а также выделение при их разложении азота, что может стать причиной газовой пористости в отливках.

Таблица 2.9

Смолы холодного отверждения для изготовления стержней

Наименование смол	Марка смол
Мочевинформальдегидные (карбамидные)	КФ-Ж, КФ-МТ (ГОСТ 14231–88)
Мочевинформальдегидно-фурановые (карбамидно-фурановые)	БС-40, БС-70, БС-80, КФ-40, КФ-90, фуритолы: 80, 86, 174
Фенолоформальдегидные (фенольные)	ОФ-1, СФ-3042, СФ-480, СФЖ-30-13, СФЖ-301
Фурилофенолоформальдегидные	ФФ-1СМ, ФФ-1ФМ, ФФ-1Ф
Мочевинфенолоформальдегидно-фурановые	Фуритолы: 8, 11, 28, 30, 68, 102, 107, 107М, 125, 127КСФ-1

Таблица 2.10

Смолы горячего отверждения для изготовления стержней

Наименование смол	Марка смол
Фенолоформальдегидные	ВР-1, ВРБ, фенолоспирт, ПК-104, СФЖ-30-13, СФ-480, СФЖ-305, СФП-011Л, ТОЛ-2
Мочевинформальдегидно-фурановые	КФ-90, КФ-40, фуритолы: 80, 86, 174
Мочевинформальдегидные	КФ-Ж
Мочевинфенолоформальдегидно-фурановые	Фуритолы: 30, 68, 107, 107М, 125, 127
Феноломочевинформальдегидные	ФПР-24, ФМЛ, СФ-411, ФМ, ФКС
Фурилофенолоформальдегидные	ФФ-1С
Поливиниловый спирт	ПВС 7/1, 7/18, 16/1, 20/1

Данные смолы применяются в основном для получения отливок из цветных металлов и тонкостенного чугунного литья. Содержание азота в смеси для получения чугунных и стальных отливок не должно превышать 0,2%, а для получения отливок из высоколегированных чугунов и сталей – 0,01%. Поэтому для стального литья можно применять мочевиноформальдегидно-фурановые смолы, содержащие не более 1,5% азота. Кроме того, смеси с мочевиноформальдегидными смолами имеют повышенную гигроскопичность, и это следует учитывать в вопросах организации производства.

С целью повышения термостойкости мочевиноформальдегидных смол при их синтезе вводят фуриловый спирт ($C_5H_6O_2$). Такие смолы называют карбамидно-фурановыми. Чем больше введено в смолу фурилового спирта, тем выше ее термостойкость. Установлено, что для чугунного литья содержание в смоле фурилового спирта должно быть не менее 30%, а для стального – не менее 60%. Из фуриловых смол наибольшее распространение получили мочевиноформальдегидные смолы, содержащие 40–90% фурилового спирта.

Термин «фурановая смола» относится к фенолоформальдегидным смолам, модифицированным фуриловым спиртом.

Повышенную термостойкость (400–800 °С) имеют и фенолоформальдегидные смолы, являющиеся продуктами поликонденсации фенола (C_6H_5OH) и формальдегида в присутствии различных катализаторов и добавок. Поэтому эти смолы пригодны для стального и чугунного литья. Высокой термостойкостью обладают также фурилофенолоформальдегидные смолы – продукты поликонденсации фурилового спирта с фенолоспиртами, стабилизированные фуриловым спиртом (ФФ-1Ф, ФФ-1ФМ) или гидролизным этиловым спиртом (ФФ-1СМ). Эти смолы применяют для ответственного стального литья. Фурилофенолоформальдегидные смолы – самые дорогостоящие.

Весьма перспективны водорастворимая фенолоформальдегидная смола СФЖ-30-13 и водоземulsionная смола СФЖ-301, позволяющие вводить в смесь до 3% глины или использовать глинистые пески. Глина при этом адсорбирует низкомолекулярные фракции связующего, в результате чего повышается прочность ХТС. Применяются и другие виды смол для ХТС: алкидные, эпоксидные, полиэфирные.

Алкидные, или глифталевые, смолы получают при поликонденсации глицерина и фталевого ангидрида. Их отверждают полиизоцианатом и амином. При этом образуются полиуретаны, имеющие высокую прочность. Известны также алкидные смолы, модифицированные растительным маслом.

Полиэфирные смолы имеют в молекулах несколько групп ОН. В качестве отвердителя этих смол в ХТС вводятся изоцианаты. Смолы отверждают также продувкой аминами, в результате чего через 5 мин прочность достигает 0,2 МПа при содержании 0,7% смолы. В результате исследований было доказано, что при содержании 0,7% смолы «Систол» и 0,9% изоцианата путем добавления 0,03–0,07% уротропина и 0,3% воды можно достичь прочности при сжатии 2,5–3,5 МПа.

Для изготовления оболочковых форм по нагретым моделям (250–350 °С) выпускается специальное связующее ПК-104, представляющее собой тонкоизмельченную смесь новолачно-формальдегидной смолы

марки 104 и 8% уротропина – гексаметиленetetрамина ((CH₂)₆N₄). При конденсации фенола и формальдегида в щелочной среде (pH>7) образуются резольные смолы, а при избытке фенола в кислой среде (pH<7) образуются новолачные смолы. Для ускорения процесса отверждения новолачных смол в них добавляют технический уротропин, в результате чего новолачные смолы приобретают свойства резольной смолы – быстро твердеют после расплавления, превращаясь в результате поликонденсации в более высокомолекулярные неплавкие и нерастворимые соединения. Такие смолы, которые при нагреве размягчаются, а при охлаждении вновь затвердевают, называют терморективными (в отличие от термопластичных смол). Уротропин при нагреве (при отверждении) разлагается на формальдегид, аммиак и другие газообразные продукты. Выделяющийся формальдегид «сшивает» цепи молекул новолачка, образуя трехмерную сетчатую структуру, и придает смоле и оболочке необходимую прочность.

2.4.3. Жидкое стекло

Жидкое стекло является самым распространенным (после глины), дешевым, нетоксичным связующим, широко применяемым ранее для изготовления форм и стержней. Жидкое стекло (натриевое и калиевое) представляет собой водный раствор щелочных силикатов переменного состава – Na₂O·nSiO₂ или K₂O·nSiO₂. В литейном производстве применяют главным образом натриевое (содовое) жидкое стекло с модулем 2,0–3,1. Модуль жидкого стекла определяют по формуле

$$M = \frac{\%SiO_2}{\%Na_2O} \cdot 1,032,$$

где %SiO₂ и %Na₂O – процентное содержание SiO₂ и Na₂O в жидком стекле; 1,032 – коэффициент отношения молекулярных масс оксидов натрия и кремнезема.

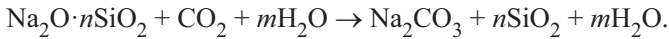
Чем выше модуль жидкого стекла, тем выше его степень полимеризации и тем больше скорость твердения и меньше живучесть. Малая живучесть смесей приводит к быстрому нарастанию прочности на начальном этапе твердения, но является причиной снижения прочности через длительный период, например через 24 ч. Поэтому модуль жидкого стекла, применяемого для приготовления смесей, из технологических соображений регулируют добавкой NaOH. Количество щелочи, необходимое для снижения модуля жидкого стекла с M₁ до M₂, определяют по формуле

$$n = \frac{129,032\text{Na}_2\text{O}(M_1 - M_2)}{M_2C},$$

где n – необходимое количество NaOH, г; Na_2O – содержание Na_2O в исходном жидком стекле, г; C – массовая доля добавляемого водного раствора NaOH, %.

Модуль M и плотность r жидкого стекла выбирают в зависимости от принятого способа отверждения формовочной смеси, который может существенно ускорить отверждение.

Наиболее распространено отверждение форм и стержней с жидким стеклом продувкой их CO_2 . Отверждение по CO_2 -процессу проходит по следующей реакции:



Удельный расход CO_2 на отверждение составляет 0,5–1,5 $\text{дм}^3/\text{г}$ жидкого стекла. Количество CO_2 , необходимое для достижения максимальной прочности смеси, рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{CO}_2} = A(0,26 - 0,073M),$$

где Q_{CO_2} – количество CO_2 , % от массы смеси; A – содержание жидкого стекла, % от массы смеси; M – силикатный модуль.

Отверждение жидкостекольных смесей производится также с помощью порошкообразных (феррохромовый шлак, нефелиновый шлак) и жидких (эфиры, альдегиды) отвердителей.

Существенным недостатком жидкого стекла как связующего является плохая выбиваемость смесей из отливок. Причиной является расплавление силикатов натрия при нагреве формы металлом с последующим спеканием формовочной смеси при охлаждении, что приводит к резкому увеличению остаточной прочности. По этим же причинам жидкостекольные смеси нетехнологичны с точки зрения регенерации.

2.5. Вспомогательные составы и материалы

Кроме наполнителя и связующего в состав формовочных и стержневых смесей входят различные добавки, улучшающие их свойства.

К вспомогательным составам и материалам относятся припылы, разделительные смазки и полупостоянные покрытия для оснастки, клеи для ремонта и склейки стержней и форм, замазки для заделки дефектов форм, стержней и отливок, прокладочные жгуты (шнуры) для форм, фитили для образования вентиляционных каналов в стержнях,

экзотермические смеси для элементов литейных прибылей, используемые с целью подогрева металла прибыли, теплоизоляционные материалы и составы, огнеупорные материалы для литейно-металлургического припаса (керамические элементы для литниковых систем, сетки для фильтрования металла, материалы для футеровки разливочных ковшей и т.п.). Кроме того, в составах формовочных и стержневых смесей используются многочисленные добавки для улучшения или достижения специальных свойств.

1. Добавки, снижающие внутреннее трение между частицами песка и улучшающие реологические характеристики смесей (сыпучесть, подвижность, формуемость, уплотняемость). К таким добавкам относятся поверхностно-активные вещества (ПАВ), в частности алкиларилсульфанаты (РАС, КЧНР, НБ, НЧЛ и др.). При введении ПАВ в смеси в количествах до 0,1% улучшается сыпучесть смесей, что особенно важно при пескодувном и пескострельном способе изготовления стержней. При повышении расхода ПАВ до 0,2–0,55% и при дополнительном введении воды они проявляют пенообразующие свойства и при активном перемешивании позволяют перевести смесь в жидкоподвижное состояние.

2. Добавки для повышения живучести готовых смесей. Для жидкостекольных смесей используют водные растворы едкого натра, для песчано-смоляных – добавки аминспиртов, гликолей.

3. Добавки для повышения прочности смесей, устранения разупрочнения смесей при хранении. К ним относятся продукты синтеза глюкозы или продукты взаимодействия метиламина и полисахаридов (крахмалит).

4. Добавки, химически связывающие вредные выделения и улучшающие санитарно-гигиенические условия труда. Для связывания паров формальдегида при отверждении песчано-смоляных смесей используют добавки мочевины или других аминсоединений. Выделения высокотоксичного фенола при нагреве фенолсодержащих смол могут быть в значительной степени обезврежены при введении в смеси сильных окислителей (марганцевокислый калий, персульфат калия, кальциевая селитра).

5. Добавки, улучшающие свойства форм и стержней:

- добавки, улучшающие теплопроводность смеси. Благодаря действию этих добавок повышается скорость теплоотвода от жидкого металла, быстрее формируется его твердая корка в зоне контакта со стержнем (формой). К такого рода добавкам относятся порошки оксидов железа и марганца, металлические порошки (алюминия, железа, ферросилиция), чугунная или стальная дробь и т.д.;

- добавки, препятствующие образованию газовых дефектов в отливках из черных сплавов. При термическом разложении азотосодержащих смол выделяются азот и водород, служащие причиной образования пористости и раковин в металле. Эффективным средством предупреждения газовых дефектов является введение тонкодисперсных порошков оксида железа или диоксида марганца. Эти же добавки препятствуют насыщению поверхности отливки углеродом (науглероживанию), что актуально при получении отливок из низкоуглеродистой стали. В качестве материалов на основе оксидов железа применяется сурик железный сухой для лакокрасочной промышленности (ТУ 6-10-1216–72) – природный неорганический пигмент красно-коричневого цвета;

- противопопригарные добавки. Примерами служат добавки, образующие блестящий углерод в песчано-глинистых смесях (каменный уголь, пенополистироловая крошка, специальные масла и др.), добавки фторидов и серы, препятствующие окислению при заливке магниевых сплавов, и многие другие;

- добавки, легирующие поверхностный слой металла. Добавки этой группы вводят, как правило, в состав противопопригарной краски. При контакте с жидким металлом легирующая добавка диффундирует из краски в поверхностный слой отливки, придавая ему требуемые специальные свойства. Например, добавки карбида бора, феррохрома служат для повышения твердости поверхностного слоя отливок из черных сплавов; добавки теллура, свинца, серы, сурьмы, висмута и их соединений снижают твердость поверхностного слоя металла и улучшают его механическую обрабатываемость;

- добавки для улучшения податливости стержней при высокотемпературном нагреве. Вследствие силового взаимодействия отливки и формы в начальные моменты остывания в затвердевшем металле развиваются внутренние напряжения, которые могут привести к образованию в отливке горячих трещин. Для улучшения податливости формы используют выгорающие добавки (древесную муку или опилки, пенополистироловую крошку и т.п.) или волокнистые и высокопористые молотые материалы (асбест-крошку, вспученные перлит и вермикулит и т.п.). Для высокотермостойких смоляных связующих возможно внедрение добавок пластификаторов (дибутилфтолат, глицерин) или окислителей (KMnO_4 , NaNO_3);

- добавки для улучшения выбиваемости смеси, например кероген непылящий (ТУ 38.10940–75) – однородный порошкообразный концентрат сланца, смешанного со смягчителем – нефтяным маслом ПН-6.

2.6. Формовочные и стержневые смеси

Все существующие формовочные и стержневые смеси разделяют на несколько типов или групп, отличающихся характером твердения смеси, что, в свою очередь, определяет область их применения (табл. 2.11). Наиболее распространенными и применяемыми являются песчано-глинистые, песчано-жидкостекольные и песчано-смоляные смеси.

Таблица 2.11

Классификация смесей по типу, виду и характеру твердения

Тип смеси	Вид смеси	Категория смеси (по характеру твердения форм и стержней)	Область применения смеси (ориентировочная)
Песчано-глинистая	Пластичная	Не подвергающаяся твердению	Для средних и крупных форм и стержней
		Теплового твердения	
Песчано-жидкостекольная	Пластичная	Холодного твердения	Для форм и стержней
		Теплового твердения	
		Химического твердения	
		Самотвердеющая	
	Жидкая	Теплового твердения	Для крупных форм и стержней
Самотвердеющая			
Песчано-смоляная	Сыпучая	Теплового твердения	Для оболочковых форм и стержней
		Теплового твердения	Для мелких стержней
	Пластичная	Самотвердеющая	Для мелких, средних и крупных стержней
		Теплового твердения	Для средних стержней
	Жидкая	Теплового твердения	
		Самотвердеющая	
Песчано-сульфитная	Пластичная	Теплового твердения	Для мелких стержней
		Самотвердеющая	Для средних форм
	Жидкая	Теплового твердения	
		Самотвердеющая	
Песчано-цементная	Пластичная	Самотвердеющая	Для крупных форм и стержней
	Жидкая		
Песчано-масляная (стержневая)	Пластичная	Теплового твердения	Для мелких и средних стержней

2.6.1. Песчано-глинистые смеси

Технология изготовления отливок в сырых песчано-глинистых формах является основной в современных автоматизированных чугуно-сталелитейных цехах крупносерийного и массового производства. Доля литья, получаемого в сырых формах, составляет в Японии и ФРГ – 40%, в Англии – 39, во Франции – 29, в Италии – 30, в России – более 60%.

Формовочные смеси для изготовления сырых форм имеют низкую стоимость и минимальные отходы, так как отработанные смеси легко восстанавливаются, что позволяет сократить расход формовочного песка до 0,4 т на 1 т годных отливок.

Максимальная масса отливок из чугуна, полученных в сырых формах из единых песчано-глинистых смесей, составляет 500 кг, из стали – 400 кг. Опыт отечественных и зарубежных литейных цехов показал, что развитие технологии литья в сырые формы идет в направлении использования высокопрочных смесей с пониженной влажностью, что дает возможность получать точные отливки из чугуна и стали массой до 200 кг.

При *стальном литье* для смесей используют кварцевые формовочные пески зерновой группы 02 с содержанием глинистой составляющей до 1%. При мелком литье применяют пески зерновой группы 016, а при массивном – зерновой группы 0315. Для предупреждения образования трещин в отливках в состав смеси вводят древесные опилки, а для повышения поверхностной прочности форм в смесь добавляют водный раствор лигносульфонатов (сульфитно-дрожжевая бражка). Для предупреждения пригара при массивном литье с применением сухих форм в смесь вводят до 20% пылевидного кварца.

При *чугунном литье* используют в основном кварцевые и тощие формовочные пески зерновой группы 016. При производстве мелкого литья с повышенной чистотой поверхности могут применяться пески зерновой группы 01, а при производстве крупных толстостенных отливок – зерновых групп 0315 и 04. Для предупреждения образования пригара на отливках в состав смесей вводят каменноугольную пыль. Для улучшения податливости и газопроницаемости сухих форм в смесь добавляют древесные опилки.

Для отливок из *цветных сплавов* характерным отличием смесей является применение мелкозернистых формовочных песков зерновых групп 01 и 0063. Для крупных отливок из цветных сплавов применяют пески зерновых групп 016 и 02. Содержание *глинистой составляющей* в формовочных песках может быть значительно больше, чем при литье чугуна и стали. Для предупреждения пригара на отливках из медных

сплавов в смесь вводят добавку мазута, а при литье из сплавов на основе магния для защиты металла от окисления вводят добавку борной кислоты или фтористые присадки.

Формовочные смеси для автоматических линий, применяемые в современных технологических процессах, представляют собой многокомпонентные системы. Они должны обладать комплексом свойств (прочностью, пластическими свойствами, газопроницаемостью, огнеупорностью, долговечностью), обеспечивающих высокое качество отливок и заданную производительность линии.

Особенностью песчано-глинистых смесей является минимальное содержание (до 3%) высококачественных бентонитов в сочетании с крахмалосодержащими добавками (крахмалит от 0,01 до 0,1%) и ПАВ (от 0,01 до 0,07%). Такие смеси при минимальном содержании влаги (от 3,0 до 3,8%) характеризуются следующими преимуществами: повышенной чистотой поверхности отливок за счет образования легкоплавкой силикатной корочки на поверхности формы; снижением содержания бентонита, необходимого для получения заданной прочности смесей, в 2–2,5 раза по сравнению с содержанием каолиновой глины, что приводит к увеличению газопроницаемости, огнеупорности, легкой выбиваемости отливок из форм; повышением податливости форм, что способствует снижению возможности образования ужимин; повышением текучести смесей.

2.6.2. Песчано-жидкостекольные смеси

Песчано-жидкостекольные смеси широко применяются при единичном и серийном изготовлении форм и стержней. Одной из причин широкого использования этих смесей является *возможность упрочнения форм и стержней без теплового воздействия*. Упрочнение может быть осуществлено выдержкой на воздухе (подвяливание), продувкой углекислым газом или введением в смесь химического реагента, который подобно углекислому газу вызывает коагуляцию жидкого стекла. Второй причиной является то, что благодаря использованию тепловой сушки *продолжительность процесса упрочнения этих смесей значительно меньше*, чем песчано-глинистых. Третьей причиной широкого применения данных смесей можно считать относительно *низкую стоимость жидкого стекла*, простоту его изготовления и нетоксичность смесей.

Существенными недостатками песчано-жидкостекольных смесей являются плохая выбиваемость и регенерируемость вследствие повышенной спекаемости жидкого стекла с формовочным песком, а также ограниченное использование отработанных смесей в связи с тем, что в при-

готовляемых смесях накапливается содержание оксида натрия (Na_2O), который снижает огнеупорность смесей.

При изготовлении форм и стержней применяют два вида песчано-жидкостекольных смесей: пластичные и жидкие.

Пластичные смеси используются в качестве облицовочного слоя. Упрочнение готовых форм и стержней осуществляют воздушной сушкой – подвяливанием на воздухе в течение 2–8 ч, тепловой сушкой при температуре 220–250 °С в течение 0,5–1 ч и химическим путем. При химическом упрочнении применяют продувку форм и стержней углекислым газом, вводя в смесь порошкообразные добавки феррохромового шлака или нефелинового шлама, а также жидкие добавки – ацетаты этиленгликоля (АЦЭГ) либо пропиленкарбонат. Время отверждения пластичных самотвердеющих смесей (ПСС) составляет около 40–60 мин, при этом смесь приобретает значение прочности на разрыв в пределах 0,07–0,13 МПа (0,7–1,3 кг/см²), а по прошествии более длительного времени прочность повышается до 0,7 МПа (7,0 кг/см²) и более.

Важное преимущество смесей с продувкой CO_2 и ПСС по сравнению с обычными способами изготовления форм и стержней состоит в том, что упрочнение смесей происходит в контакте с оснасткой, что повышает точность размеров отливок.

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС) имеют высокую текучесть и подобно жидкости могут быть залиты в опоку или стержневой ящик, а также обладают таким важным свойством, как самозатвердевание. Эти смеси применяют при изготовлении средних и крупных по величине форм и стержней, так как их использование наиболее эффективно из-за отсутствия операции уплотнения смеси. Перевод в жидкое состояние достигается за счет введения в смесь добавок пенообразователей – поверхностно-активных веществ. Пузырьки пены разделяют зерна песка, уменьшают силу трения, что и придает смеси свойство текучести. Смесь приобретает достаточную прочность через 20–30 мин. Газопроницаемость этих смесей может превышать 1000 ед., прочность на сжатие через 4 ч после заливки составляет 0,2–0,4 МПа (2–4 кг/см²). Применение ЖСС позволяет резко повысить производительность труда, исключить ручной труд при изготовлении форм и стержней, устранить энергоемкую операцию сушки, механизировать производство крупных отливок.

Холоднотвердеющие смеси с жидкими отвердителями сложноэфирного типа (ацетаты этиленгликоля, пропиленкарбонат) обладают высокой сыпучестью и низкой прочностью в исходном (влажном) состоянии – не более 0,003 МПа при сжатии. Эти смеси содержат 3,5–4,0% жидкого стекла, легко уплотняются вибрацией и вручную, позволяют получить широкий диапазон значений живучести, имеют высокую

прочность и технологичность. Для приготовления смесей применяют жидкое стекло модуля 2,6–3,0, плотностью 1,35 г/см³. Содержание жидких отвердителей – 0,3–0,4%. Живучесть ХТС с жидкими отвердителями при 20 °С составляет 6–15 мин, прочность при сжатии: через 1 ч – 0,5–1,4 МПа, через 2 ч – 1,0–1,85 МПа, через 4 ч – 1,6–2,5 МПа, через 24 ч – 2,5–6,0 МПа. Осыпаемость смесей через 24 ч менее 0,1–0,2%. Газопроницаемость ХТС определяется главным образом зерновым составом песка и не превышает 150–200 ед. Ввиду повышенной хрупкости в отвержденном состоянии ХТС, отверждаемые жидкими отвердителями, применяются в основном для изготовления средних и крупных форм. К недостаткам этих смесей помимо хрупкости относятся следующие: отставание скорости отверждения внутренних слоев формы (стержня) от скорости отверждения внешних зон; усадка при отверждении смеси в оснастке и зажим оснастки; затрудненная выбиваемость при нагреве смеси выше 700 °С; сложная регенерация и ограниченное повторное использование полученного регенерата (не более 50%).

2.6.3. Песчано-смоляные смеси

Связующими материалами в песчано-смоляных смесях являются синтетические смолы. Процесс твердения синтетических смол связан с переводом полимеров с низкой молекулярной массой в полимеры с высокой молекулярной массой. Процессы отверждения синтетических смол в соответствии со структурой получаемых полимеров называют полимеризацией или поликонденсацией. В зависимости от типа синтетических смол их твердение может происходить в присутствии катализаторов, без катализаторов, с каталитическим отверждением за счет теплового воздействия.

Песчано-смоляные смеси имеют ряд преимуществ перед песчано-жидкостекольными: легкое удаление стержней (они высыпаются при выбивке отливок из форм); высокая производительность процесса при времени контакта с горячей оснасткой от 15 до 60 с; возможность регенерации отработанных смесей. К недостаткам песчано-смоляных смесей относят их токсичность – при заливке форм выделяются вредные вещества, такие, как фурфулол, формальдегид и другие, поэтому в литейном цехе необходимо обеспечивать усиленную вентиляцию. В литейном производстве широко применяют сыпучие и пластичные песчано-смоляные смеси, жидкие песчано-смоляные смеси используются редко.

Сыпучие смеси в исходном состоянии характеризуются отсутствием связи между зёрнами. Они применяются при изготовлении форм и стержней в нагреваемой оснастке. Упрочнение смесей осуществляет-

ся с помощью тепловой обработки в два этапа: *первый этап* – в течение 20–30 с в контакте с модельной или стержневой оснасткой, нагретой до 180–240 °С; *второй этап* – в течение 1–4 мин в печи с температурой рабочего пространства 350–450 °С. При изготовлении сыпучих смесей используют термоактивные фенолоформальдегидные смолы, применяют лакированные и нелакированные песчано-смоляные смеси. В лакированных смесях смола покрывает тонкой пленкой зерна формовочного песка.

Пластичные смеси упрочняются как за счет введения добавок катализаторов, ускоряющих протекание реакций полимеризации смолы, так и с помощью тепловой обработки. Песчано-смоляные смеси, твердение которых осуществляется за счет введения катализаторов, называют холоднотвердеющими смесями. Изготовленные из них стержни упрочняются непосредственно в стержневых ящиках и не требуют тепловой обработки.

В настоящее время наибольшее распространение получили ХТС, из которых изготавливают стержни различного класса сложности при единичном и серийном производстве отливок. В качестве катализаторов при изготовлении ХТС широко применяются бензосульфокислота и ортофосфорная кислота. Бензосульфокислота используется в виде водного раствора плотностью 1200–1250 кг/м³ в качестве катализатора для отверждения смол ОФ-1, ФФ-1Ф и др. Ортофосфорная кислота используется в виде водного раствора плотностью 1200–1550 кг/м³ в качестве катализатора для отверждения смол КФ-90, УКС-Л и других смол карбамидофуранового класса.

Одной из разновидностей теплового метода упрочнения стержней, выработанных из песчано-смоляных смесей, является их выдержка в нагретом до определенной температуры стержневом ящике. Этот метод называют процессом изготовления стержней в горячих ящиках. В зависимости от класса применяемых смол температура нагрева ящика составляет от 220 до 280 °С, а выдержка в нем стержня продолжается в течение 40–70 с.

В горячих ящиках изготавливают в основном мелкие стержни сложной конфигурации в условиях массового производства. Необходимо отметить, что процессы и материалы, применяемые при изготовлении форм и стержней по горячей оснастке, практически повсеместно вытесняются ХТС и соответствующими технологиями. Это происходит благодаря интенсивному развитию процессов применения ХТС с жидкостными и газовыми катализаторами (процессы «Cold-Box»), которые обладают несомненными технологическими и экономическими преимуществами перед процессами изготовления в нагреваемой оснастке

(процессы «Hot-Box») (табл. 2.12). Современные песчано-смоляные смеси для холодной оснастки по характеру и специфике применения следует разделять на смеси и материалы с невысокой скоростью отверждения и смеси и материалы быстрого отверждения.

Таблица 2.12

Сравнительная характеристика процессов «Hot-Box» и «Cold-Box»

Показатели	«Hot-Box»	«Cold-Box»
Коробление стержня при изготовлении, %	1–1,5	Нет
Возможность изготовления моноблоков стержней с точностью сборки 0–0,3 мм	Нет	Да
Брак стержней при изготовлении и сборке, %	10–15	2–3
Затраты на изготовление нового комплекта стержневой оснастки, %	100	70–80
Производительность (съемов в час блочных стержней), %	100	120
Размер припусков на механическую обработку, %	100	60–70
Потери от брака отливок, %	100	50
Затраты на связующие и вспомогательные материалы, %	100	110
Объем токсичных газовойделений на операциях заливки и выбивки, %	100	50–60
Затраты на захоронение отходов стержней (4-й класс опасности), %	100	12

Смеси и материалы с невысокой скоростью отверждения предусматривают использование жидких отвердителей и ориентированы на технологические процессы изготовления форм и стержней, главным образом для малопроизводительного многономенклатурного производства.

Смеси и материалы быстрого отверждения предполагают дополнительное применение газообразных катализаторов и используются для серийного, крупносерийного и массового производства стержней под обеспечение потребностей высокопроизводительных автоматических формовочных линий (АФЛ).

Среди технологий и материалов, применяемых в многономенклатурном производстве, наибольшее распространение получили фуран-, альфасет- и пепсет-процессы (табл. 2.13).

Характеристики наиболее распространенных в мировой практике процессов для гибкого многономенклатурного производства («NO-Back»-процессов)

Показатели	Фуран-процесс, массовая доля, %	Альфасет-процесс, массовая доля, %	Пепсет-процесс, массовая доля, %
		100% песка, 0,8–1,2% фурановой смолы, 0,3–0,5% сульфоновой или ортофосфорной кислоты	100% песка, 1,2–1,4% фенольной кислоты, 0,2–0,5% эфира МФ
Прочность на изгиб, МПа	3–6	2–3	2,5–5
Манипуляционное время для заполнения формы и уплотнения смеси, мин	5–15	3–6	5–10
Время до удаления модели из полуформы, мин	20–60	10–20	5–10
Время готовности для заливки, мин	40–60 (системы – 6 ч)	30–60	20–40 (системы – 1 ч)
Допустимые краски	Спиртовые, водные	Спиртовые	Спиртовые, реже водные
Регенерация термически прогретых остатков смеси	Механическая, термическая. Использование регенерата в смеси более 90%	Механическая. Использование регенерата в смеси не более 80%	Механическая, возможна термическая. Использование регенерата в смеси более 90%
Применение	Сплавы на основе Al, Cu, St, Vg, сталь. Различные серии. Мелкое и крупное литье	Сплавы на основе Al, Cu, St, Vg, сталь. Быстродействующая система. Любое литье	Сплавы на основе Al, Cu, St, Vg, сталь. Быстродействующая система. Мелкое литье
Характеристика системы	Универсальное применение, двухкомпонентная система. Сильно кислая реакция	Отличные показатели экологии. Отличная выбиваемость. Щелочная реакция	Возможен вариант системы с двумя компонентами для алюминиевого литья

Очевидно, что широкая распространенность указанных процессов обусловлена универсальностью по отношению к различным сплавам и отливкам разнообразной весовой номенклатуры, высоким показателем многократного использования смеси, низким расходом связующего и высокими эксплуатационными свойствами смесей. Среди наиболее распространенных технологий и материалов для крупносерийного и массового производства стержней (табл. 2.14) следует особо отметить процессы «Cold-Box-Amin» и «Betaset» как сочетающие высокие прочностные свойства, высокую производительность и хорошие экологические показатели.

Таблица 2.14

**Наименование и краткие характеристики процессов с отверждением
газообразными катализаторами**

Процесс	СК 1, %	СК 2, %	Катализатор, отвердитель	Живучесть, ч	Прочность на изгиб через 30 с/24 ч
«Полифарм-1» (Россия) «Cold-Box-Amin» (Германия) «Pertahn» (Швеция) «Isocure» (США) «Friodur» (Австрия)	Фенольная смола 0,6–0,8	Изоциант 0,6–0,8	Триэтиламин, триметилэтиламин	3–4	1,5–2,5/ 3,0–4,0
«Эпокси SO ₂ » (Россия) FRS (США)	Эпоксиакрилатная композиция 0,6–0,8	Эпоксидная смола с пероксидом 0,6–0,8	Сернистый ангидрид SO ₂	24	0,7–0,9/ 2,0–3,0
«MF-процесс» (Россия) «Betaset» (Англия) «Vaposet» (Швеция)	Фенольная смола 0,7–1,0	–	Метилформиат	24	0,5–0,7/ 2,0–3,0
«ФС-CO ₂ » (Россия) «Carbophen» (Германия) «Nawonol» (США) «Phenco» (Швеция)	Фенольная смола 1,0–1,25	–	Углекислый газ	5–6	0,5–0,7/ 1,6–2,0
«Redset» (Германия) «Nowaset» (США)	Фенольная смола 0,7–0,8	Кислота	Димексиметон	24	2,4–3,6/ 3,0–4,0

Контрольные вопросы и задания

1. Приведите разделение формовочных смесей по назначению, роду применяемого расплава.
2. Дайте характеристику и назовите условия применения единых, наполнительных и облицовочных смесей.
3. Каковы свойства формовочных и стержневых смесей?
4. Перечислите составляющие компоненты исходных формовочных материалов.
5. Какие материалы являются основной составляющей формовочных и стержневых смесей? Приведите их свойства.
6. Дайте характеристику природным огнеупорным материалам.
7. Какова роль связующих материалов при приготовлении смесей? Приведите требования, предъявляемые к ним.
8. Назовите достоинства и опишите область применения глинистых связующих.
9. Каковы назначение, преимущества и условия использования синтетических смол?
10. Опишите область применения жидкого стекла. Приведите реакцию отверждения смеси по CO_2 -процессу.
11. Назовите группы подразделения формовочных и стержневых смесей.
12. Дайте классификацию песчано-глинистых смесей по типу, виду и характеру твердения.
13. Каковы причины широкого использования песчано-жидкостекольных смесей?
14. Приведите характеристику пластичных и жидких самотвердеющих смесей. Где они применяются?
15. В чем заключаются преимущества песчано-смоляных смесей?
16. Перечислите этапы упрочнения смесей, осуществляемого с помощью тепловой обработки.
17. Приведите характеристики наиболее распространенных в мировой практике «NO-bake» процессов.

Глава 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА, ФОРМОВОЧНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМОВКИ

К технологической оснастке относят комплекты моделей, опок, стержневых ящиков и других приспособлений, необходимых для получения и комплектации литейной формы.

Под модельным комплектом понимают набор элементов технологической оснастки, необходимых для образования при формовке рабочей полости литейной формы. В зависимости от способа формовки (руч-

ной, машинный), размеров и сложности получаемых отливок в состав модельного комплекта входят модели, подмодельные и модельные плиты, модели элементов литниковых систем и питания отливок, прессовые модельные плиты. При получении отливок, имеющих форму тел вращения, в качестве формообразующих видов оснастки (вместо моделей и стержневых ящиков) применяют формовочные и стержневые литейные шаблоны. При наличии в отливках внутренних полостей и неформуемых элементов (выступающие бобышки и ребра, поднутрения и углубления) в состав модельного комплекта входят стержневые ящики. Число входящих в модельный комплект стержневых ящиков зависит от сложности конфигурации отливок: при получении несложных отливок (плит, фланцев, крышек и т.п.) модельный комплект включает один-два ящика, а при производстве сложных отливок (станин металлорежущих станков и т.п.) их число может достигать нескольких десятков. Кроме указанных выше формообразующих видов модельной оснастки в модельные комплекты могут входить контрольные сборочные шаблоны (при получении конкретных отливок), контрольные стержневые шаблоны и кондукторы, а также вентиляционные и сушильные плиты.

3.1. Модельный комплект

Модели – приспособления для получения в литейных формах рабочих полостей, по форме и размерам соответствующих телу отливки. Модель воспроизводит внешние очертания отливки, а не является ее точной копией, так как имеет большие, чем у отливки, размеры, учитывающие усадку сплава.

В большинстве моделей предусматриваются дополнительные (по отношению к конфигурации отливки) части, называемые знаками, которые образуют в литейной форме базы (гнезда) для простановки стержней. По конструкции, обусловливаемой удобством формовки, модели подразделяют на неразъемные, разъемные и с отъемными частями (рис. 3.1).

Неразъемные модели (рис. 3.1, а) применяют при получении несложных по конфигурации отливок, формуемых преимущественно в одной половине формы.

Разъемные модели (рис. 3.1, б) широко используют при производстве отливок более сложной и разнообразной конфигурации, когда модель формуется в двух и более опоках.

В единичном и мелкосерийном производстве, когда оформлять выступающие элементы отливок стержнями экономически нецелесообразно, в моделях предусматривают *отъемные части* (рис. 3.1, в), которые остаются на рабочей поверхности формы после извлечения из нее модели, а затем вынимаются.

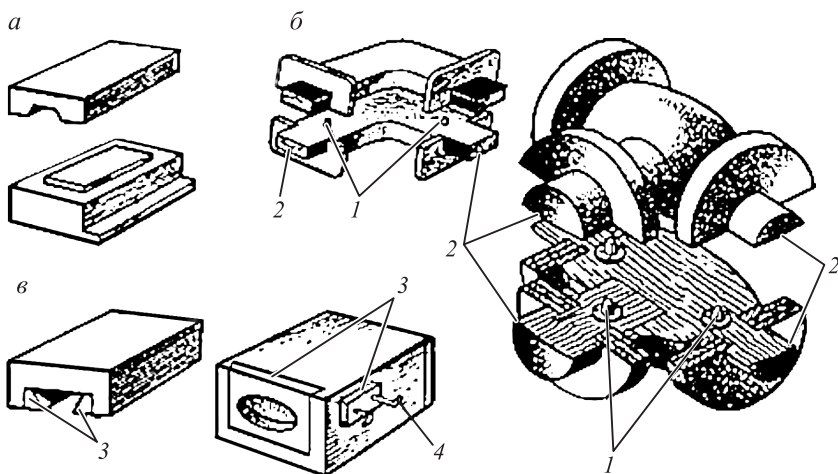


Рис. 3.1. Типы литейных моделей:

a – неразъемные; *б* – разъемные; *в* – с отъемными частями; 1 – шипы; 2 – знаки; 3 – отъемные части; 4 – шпильки

Крепление отъемных частей на основании модели производят стальными шпильками (рис. 3.2, *a*) или шипами со скосами типа «ласточкин хвост» (рис. 3.2, *б*). Точное соединение частей разъемных моделей осуществляется с помощью деревянных шипов (рис. 3.3, *a*) или металлических дюбелей (рис. 3.3, *б*).

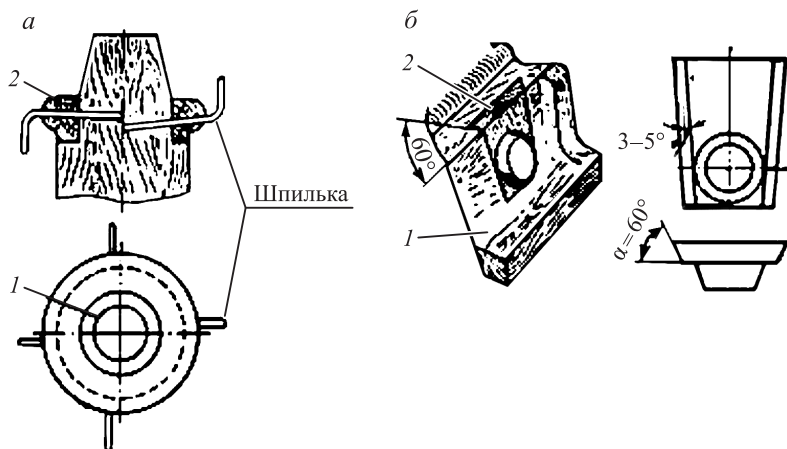


Рис. 3.2. Способы крепления отъемных частей:

a – шпильками; *б* – шипами типа «ласточкин хвост»; 1 – основа модели; 2 – отъемная часть

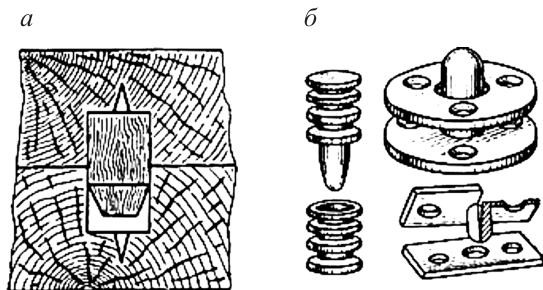


Рис. 3.3. Фиксирующие элементы моделей:
a – деревянные шпиль; *б* – металлические дюбеля

Модельные плиты используют для формирования плоскости разреза литейных форм и обеспечения точного совмещения контуров отпечатков полуформ «верха» и «низа». Модельная плита (рис. 3.4) состоит из тщательно обработанной металлической (чугунной, стальной) плиты 3, набранных и жестко закрепленных на ней моделей отливки 2, элементов литниковой системы 4, центрирующих и направляющих штырей 1. Раздельную формовку производят по *односторонним плитам* (рис. 3.4, *a*), применяемым при изготовлении формы на двух машинах, и *двусторонним плитам* (рис. 3.4, *б*), используемым при безопочной формовке мелких деталей. Сложные отливки с малым уклоном вертикальных стенок (колеса с литым зубом, корпуса

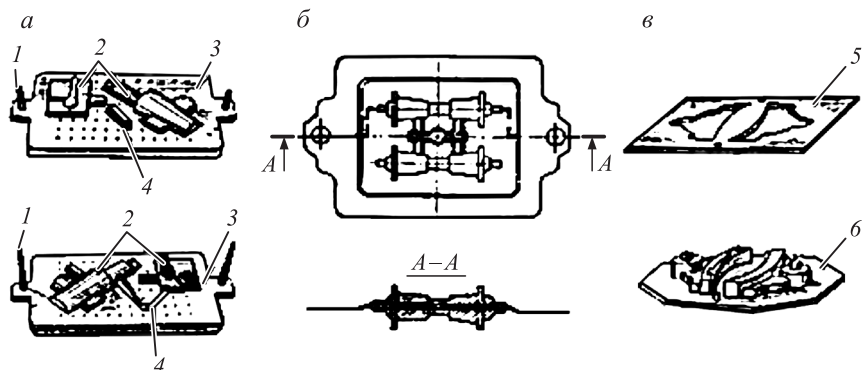


Рис. 3.4. Модельные плиты:

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

ребристых радиаторов) формируют с *протяжными плитами*, (рис. 3.4, в), имеющими специально вырезанные отверстия, соответствующие точному контуру модели.

3.2. Опочная оснастка

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

Опоки – специальные металлические рамки, которые ограничивают внешние габариты полуформы, удерживают ком формовочной смеси при изготовлении формы, предохраняют ее от повреждений при сборке и транспортировании. Опоки придают дополнительную прочность литейной форме, способную выдержать ферростатическое давление металла при заливке формы. Конструкция опок, как правило, зависит от способа формообразования, а также определяет возможность выполнения различных технологических операций. Размеры опок характеризуют возможную металлоемкость формы, максимальные габариты отливки и колеблются в пределах (в свету) от 500×400 до 3000×2500 мм при диапазоне высот 150–1500 мм.

По конфигурации опоки подразделяют на *прямоугольные, круглые* и *фасонные* (рис. 3.5, а–в). При изготовлении безопочных форм по

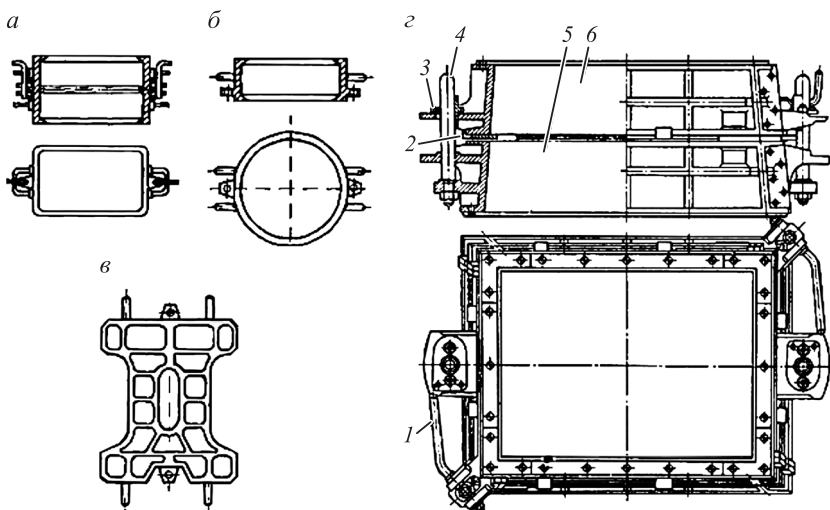


Рис. 3.5. Ручные опоки:

а – прямоугольные; б – круглые; в – фасонные; з – съемные; 1 – рычаг ножа; 2 – нож; 3 – втулка; 4 – штырь; 5 – нижняя опока; 6 – верхняя опока

двусторонним модельным плитам применяют парные *съёмные опоки* (рис. 3.5, з) с размерами от 300×225 до 500×300 мм. Внутренние поверхности таких опок делают наклонными (угол наклона 5°), что обеспечивает их легкий съём с кома формовочной смеси. Для удержания формовочной смеси при съеме верхней полуформы в съёмных опоках предусмотрены специальные планки и ножи, которые перемещаются в плоскости разъема формы.

В зависимости от размеров и массы опоки разделяют на ручные, крановые и опоки для автоматической формовки.

Ручные опоки – опоки с размерами до 600×400 мм – переносят вручную, они снабжены рукоятками.

Крановые опоки – опоки больших размеров перемещают с помощью подъемно-транспортного оборудования (мостовые краны, тельферы и др.). Опоки обычно изготавливают литыми (из чугуна, стали или вторичных алюминиевых сплавов), сварными (из литых стальных элементов или из стандартного проката) или комбинированными (из чугуна и стали). При выборе размеров опок для ручной формовки исходят из габаритов модели для конкретного вида формы, выбирают толщину слоя формовочной смеси на различных участках формы и учитывают расстояние от модели до стенки опоки, от модели до низа формы, от модели до верха полуформы, между отдельными моделями (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Толщина слоя формовочной смеси на различных участках формы

Вид формы	Расстояние, мм				
	от модели до стенки опоки	от модели до низа формы	от модели до верха полуформы	между отдельными моделями	
				Для нижней полуформы	Для верхней полуформы
Сырые песчано-глинистые: мелкие средние	20–30 50–75	50–75 100–125	35–60 75–100	0,3 от высоты модели полуформы	0,5 от высоты модели полуформы
Сухие песчано-глинистые: средние крупные	75–125 125–200	100–150 150–250	100–150 150–250	75–125	75–125

Перед формовкой проверяют исправность опок, наличие ручек, системы направляющих и центрирующих элементов.

Опоки для автоматических формовочных линий изготавливают массивными, цельнолитыми или сварными. Они имеют на боковых наруж-

ных стенках специальные приливы, планки, ребра, которые позволяют машинам и агрегатам автоматических линий производить все транспортно-технологические манипуляции с опоками, полуформами и сборными формами. Отличительной особенностью опок для автоматических формовочных линий (рис. 3.6) является наличие замков для скрепления полуформ перед заливкой.

Возможность точного совмещения контуров отпечатков полуформ обеспечивается наличием системы направляющих и центрирующих элементов (рис. 3.7), расположенных на модельных плитах и опоках. Такими элементами являются пары направляющих и центрирующих штырей и втулок.

Штыри – приспособления, металлические стержни, с помощью которых осуществляется центрирование опок на модельной плите и точное соединение 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 модельных плитах и опоках.

В зависимости от выполняемых функций пары штырей и втулок подразделяются на *центрирующие*, имеющие круглые отверстия втулок, и *направляющие*, имеющие прямоугольные или эллиптические отверстия втулок.

Крепежные приспособления (скобы, болты с винтовыми гайками, стальные стяжки, штыри, рамки) служат для надежного соединения полуформ при подготовке формы к заливке, что предупреждает вытекание заливаемого расплава по плоскости ее разъема.

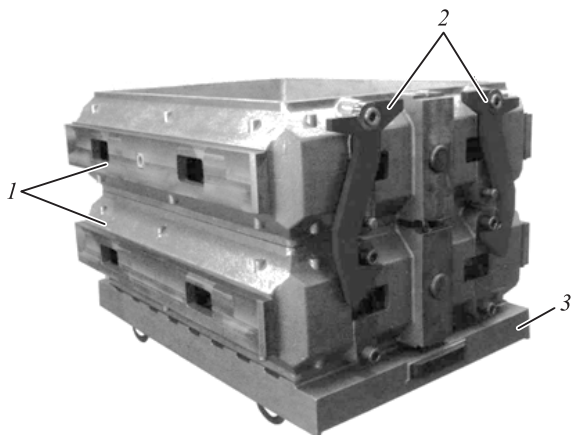


Рис. 3.6. Цельнолитые опоки для автоматических формовочных линий:
1 – опоки; 2 – замки для скрепления полуформ; 3 – тележка конвейера

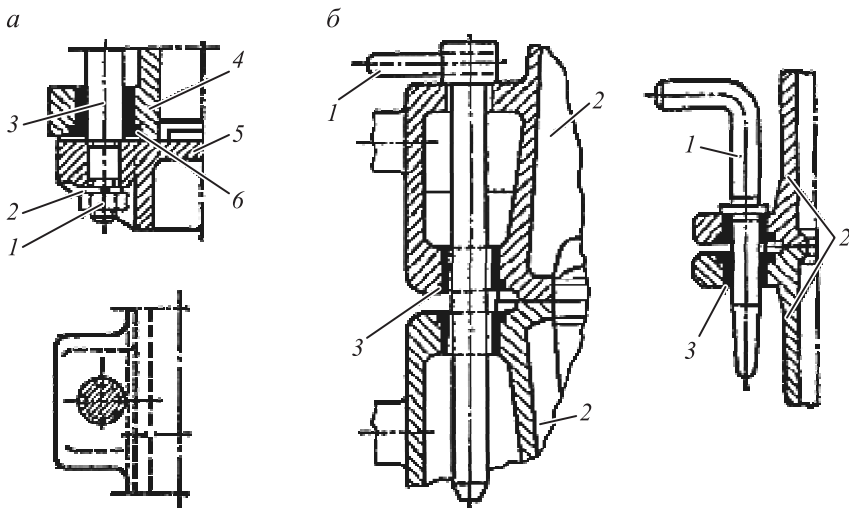


Рис. 3.7. Системы направляющих и центрирующих элементов:
 а – пара «неподвижный штырь – втулка»: 1 – гайка; 2 – пружинная шайба; 3 – штырь; 4 – опока; 5 – модельная плита; б – втулка; б – пара «съемный штырь – втулка»: 1 – съемный штырь; 2 – опока; 3 – втулка

Литейные жакеты в виде сварных из листовой стали рамок надевают на безопочные формы при подготовке их к заливке для повышения прочности.

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

3.3. Модельно-опочные комплекты

В массовом и крупносерийном производстве при ограниченной номенклатуре производимых отливок изготовление форм ведется с использованием модельно-опочных литейных комплектов, элементы которых спроектированы в расчете на конкретные отливки (рис. 3.8).

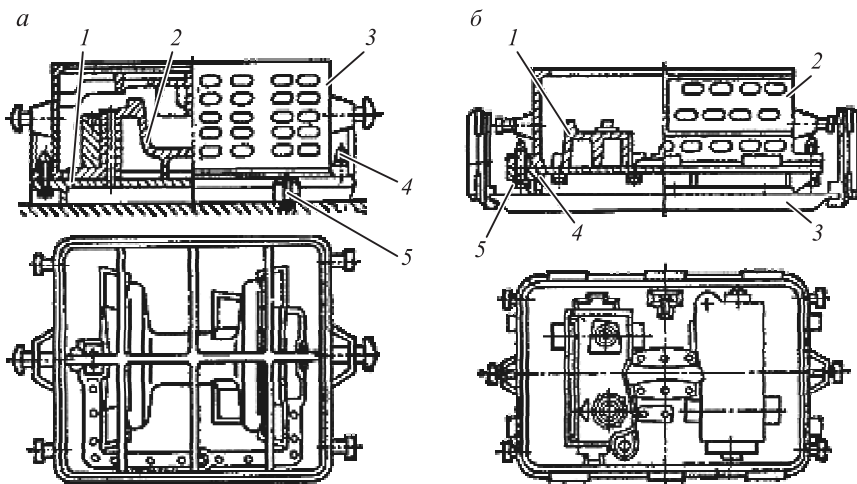


Рис. 3.8. Специализированные модельно-опочные комплекты для формовочных машин: а – со штифтовым съемом полуформ: 1 – модельные плиты; 2 – модели отливок; 3 – опока; 4 – штыри; 5 – штифты машины; б – с поворотной плитой: 1 – модели отливок; 2 – опока; 3 – поворотная плита машины; 4 – модельные плиты; 5 – штыри

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

- высокой металлоемкостью литейной формы (расположением в ней максимального числа отливок);
- минимальным расходом смеси на форму, что обуславливает снижение трудоемкости ее уплотнения в опоке и повышение производительности формовочных машин;
- более высокой скоростью кристаллизации литейного расплава и образования отливки в форме благодаря минимальной толщине слоя формовочной песчано-глинистой смеси, обладающего более высокой теплопроводностью.

3.4. Стержневая оснастка

К стержневой оснастке относятся стержневые ящики, кондукторы, сушильные плиты, контрольные шаблоны и стержневые шаблоны.

Стержневые ящики по конструкции подразделяются на неразъемные, разъемные и вытряхные, по способу изготовления стержней – на ящики для ручной и машинной формовки.

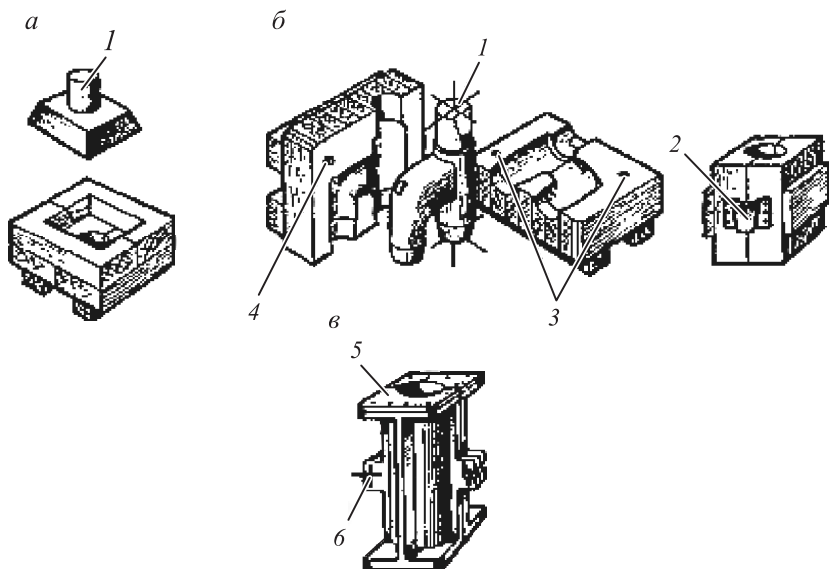


Рис. 3.9. Стержневые ящики для ручной формовки стержней:
а – неразъемный; *б* – разъемные деревянные; *в* – разъемный металлический; 1 – стержни; 2 – скоба; 3 – углубления для шипов в половинке модели; 4 – шипы; 5 – стальные накладки; 6 – барашковая гайка

Неразъемные стержневые ящики (рис. 3.9, *а*) применяют для изготовления простых стержней с большими уклонами на боковых поверхностях для лучшего извлечения стержня.

Разъемные стержневые ящики (рис. 3.9, *б, в*) применяют для изготовления более сложных и крупных стержней с ребрами и выступами на боковых поверхностях, без уклонов. Для надежной фиксации в частях разъемных ящиков выполняют шипы 4 и углубления для шипов 3. Части разъемного ящика скрепляют скобами 2, струбцинами, болтами, гайками 6 или эксцентриковыми зажимами.

Вытряхные стержневые ящики (рис. 3.10) применяются так же, как разъемные, но выполняются более прочными и надежными. Ящик состоит из корпуса 1 и вытряхных стенок – вкладышей 3, которые фиксируются сегментами 2. Вкладыши имеют большой уклон, поэтому при перекантровке на 180° легко вытряхиваются из корпуса вместе со стержнем и легко отделяются от стержня перемещением в сторону. Отпадает необходимость расталкивания стержня, что определяет более высокую точность размеров стержней и отливок.

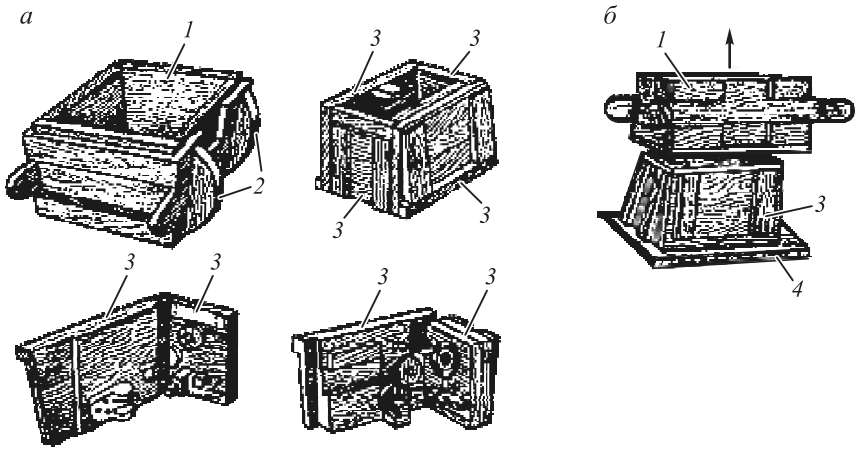


Рис. 3.10. Вытряхной деревянный стержневой ящик:

а – составные элементы; *б* – разборка вытряхного стержневого ящика; 1 – корпус; 2 – сегменты; 3 – вкладыши; 4 – чугунная сушильная плита

Многоячейные стержневые ящики (рис. 3.11) используют при серийном производстве мелких стержней.

В зависимости от материала изготовления стержневые ящики бывают деревянные, металлические и пластмассовые.

Деревянные стержневые ящики (см. рис. 3.10) изготавливают из сосны, липы, ольхи и других пород древесины. Углы и кромки ящиков выполняют из твердых пород дерева, тонкие части – из алюминия. Крепление отъемных частей осуществляют металлическими шипами типа «ласточкин хвост». Закругления углов (галтели) оформляют врезными вставками. Для повышения износостойкости поверхность разреза стержневых ящиков укрепляют стальными накладками.

Металлические стержневые ящики (рис. 3.12) изготавливают из алюминиевых сплавов, чугуна и стали. Стальные и чугунные ящики, обладающие большой прочностью и износостойкостью, применяют для изготовления мелких стержней в условиях массового производства отливок. При изготовлении сложных крупногабаритных стержней применяют

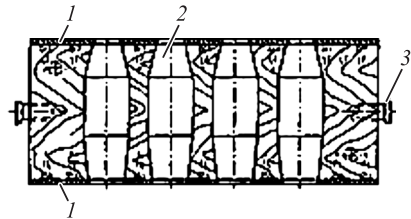


Рис. 3.11. Многоячейный деревянный стержневой ящик:

1 – стальные накладки; 2 – гнезда моделей; 3 – цапфы

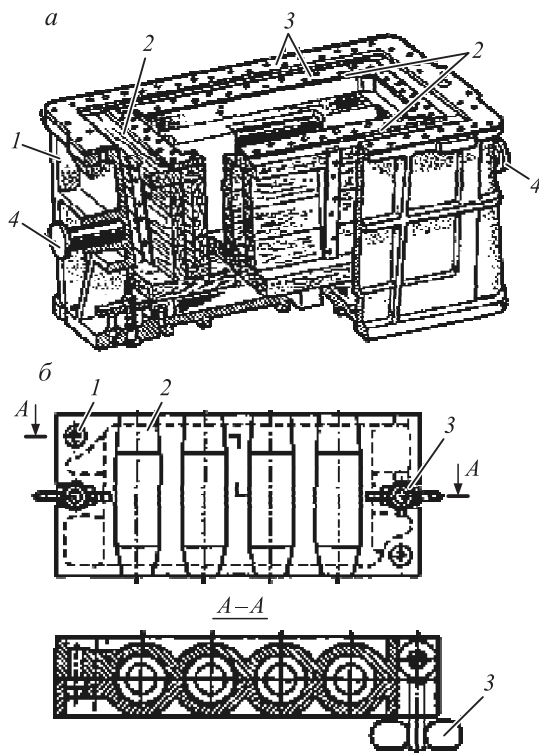


Рис. 3.12. Металлические (алюминиевые) стержневые ящики:
a – вытряхной металлический стержневой ящик: 1 – корпус; 2 – вкладыши; 3 – стальные накладки; 4 – цапфы; *б* – многогнездный металлический стержневой ящик: 1 – центрирующие пластики; 2 – гнезда моделей; 3 – стяжной фиксирующий винт

вытряхные алюминиевые ящики, которым для повышения износостойкости к корпусу жестко крепят со стороны уплотнения смеси стальную накладку.

Пластмассовые стержневые ящики (рис. 3.13) изготавливают из эпоксидных и акриловых смол и пенополистирола. Преимуществами их являются низкая прилипаемость смеси, высокая устойчивость к коррозии и хорошая обрабатываемость. Конструкции пластмассовых ящиков аналогичны деревянным: вытряхные (рис. 3.13, *a*), разъемные (рис. 3.13, *б*) и неразъемные (рис. 3.13, *в*). Разъемные пластмассовые стержневые ящики скрепляют болтовыми или клиновыми стяжками, скобами. Центрируют половинки ящика металлическими штырями и втулками. Быстроизнашиваемые части ящика, заостренные кромки,

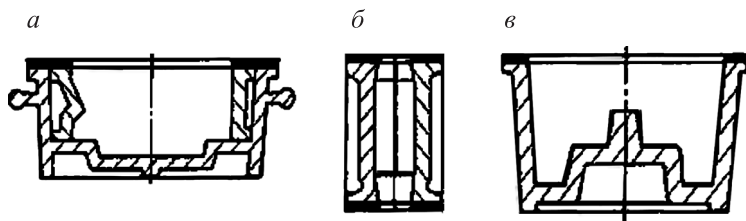


Рис. 3.13. Пластмассовые стержневые ящики:
 а – вытряхные; б – разъемные; в – неразъемные

плоскости разъемов и плоскость уплотнения смеси окантовывают стальными пластинами.

Стержневые ящики для машинной формовки разделяют на две группы:

- 1) для встряхивающих машин;
- 2) для пескодувных и пескострельных машин.

Деревянные стержневые ящики для встряхивающих машин изготавливают с высокой прочностью, так как они испытывают большие нагрузки при встряхивании, вибрации и подпрессовке. Для встряхивающих поворотных машин применяют вытряхные ящики. Для крепления к столу машины ящики оборудуются приливами.

Стержневые ящики для пескодувных и пескострельных машин оборудуются вентилями – отверстиями для выхода воздуха, нагнетаемого в ящик вместе со смесью. Внешний диаметр вент составляет от 6 до 30 мм, прорези выполняют шириной 0,2–0,3 мм. Вентилюются ящики через специальные щели глубиной 0,15–0,20 мм по плоскости разреза ящика.

Открытый вытряхной ящик (рис. 3.14) прижимается к вдувной плите машины, для исключения прорыва смеси фланцы ящика имеют ширину 20–30 мм. В дне ящика напротив вдувных отверстий установлены шайбы из закаленной стали для защиты его от разрушающего

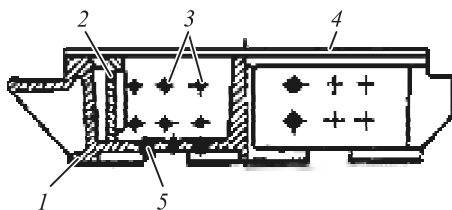


Рис. 3.14. Открытый вытряхной стержневой ящик для пескодувных машин:
 1 – корпус ящика; 2 – вкладыш; 3 – венты; 4 – армировка ящика; 5 – вдувная втулка

действия струй смеси. Стержневые закрытые ящики с горизонтальным разъемом имеют в верхней части вдувные отверстия для стержневой смеси. Расположение вент (рис. 3.15) зависит от конструкции стержня. Венты, расположенные в дне стержневого ящика, в первый момент перекрываются смесью и препятствуют выходу воздуха, что затрудняет уплотнение смеси; поэтому их располагают также на боковых и верхних плоскостях ящика.

В стержневых ящиках для пескодувного процесса все детали, особенно плоскости разъема, тщательно обрабатываются и подгоняются. При неплотностях в разъеме ящика, а также между вдувной плитой и ящиком возможен выдув смеси по разъему ящика, что приводит к образованию заусенцев на стержнях. Утечку смеси предотвращают эластичные прокладки по разъемам ящика, быстрое удаление воздуха из ящика обеспечивает достаточное число вент. Плоскости разъема деревянных ящиков, используемых на пескодувных или пескострельных машинах, облицовывают стальными или алюминиевыми накладками. На пескодувных и пескострельных машинах применяют групповую оснастку – металлические кожухи со сменными деревянными ящиками – вкладышами, благодаря которым изготавливают небольшие партии стержней.

Нагреваемые стержневые ящики сложны по конструкции и должны отвечать следующим требованиям: противостоять высоким внутренним термическим напряжениям, возникающим при нагреве ящика до 200–300 °С и его охлаждении; обладать высокой механической прочностью и износостойкостью, термостойкостью, химической инертностью по отношению к смоляным связующим и катализаторам, входящим в составы смесей; обеспечивать легкое извлечение стержней; быть удобными в обслуживании при очистке, обдувке, смазке и других операциях.

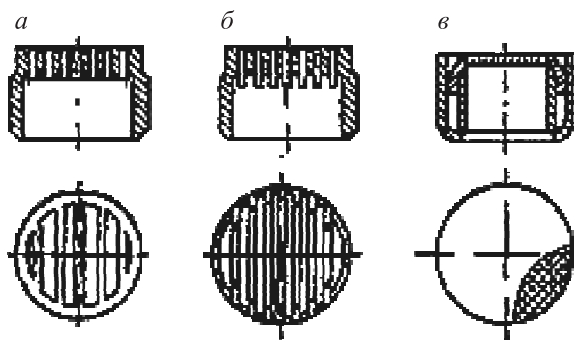


Рис. 3.15. Венты:

а – изготовленная механической обработкой; б – сетчатая; в – литая с щелевыми прорезями

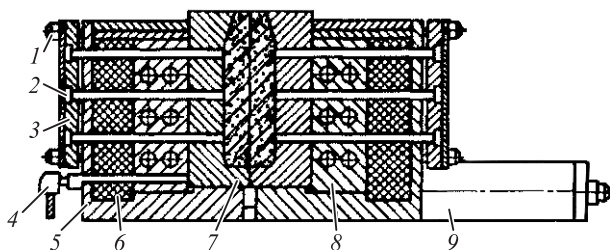


Рис. 3.16. Стержневой ящик со встроенными нагревателями:
 1 – направляющие; 2 – толкатели; 3 – плиты; 4 – термопара; 5 – корпус; 6 – изоляционные прокладки;
 7 – половинки стержневого ящика; 8 – нагревательные элементы; 9 – колонны

Стержневой ящик со встроенными нагревателями (рис. 3.16) состоит из двух половинок 7, закрепленных в корпусах 5, нагревательных элементов 8, плит 3 с толкателями 2, изоляционных прокладок 6. Корпуса 5 соединены колоннами 9. Плиты толкателей смонтированы на направляющих 1, обеспечивающих направленное их перемещение. Температуру ящика регулируют термопарой 4, вмонтированной в нагревательную плиту.

Кондукторы входят в состав модельно-стержневого комплекта при массовом производстве сложных отливок (например, блоков цилиндров автомобильного двигателя), внутренняя полость которых оформляется стержнями, собранными (склеенными) из большого числа отдельно изготавливаемых частей. Кондуктор представляет собой коробчатое чугунное основание с фасонной внутренней опорой, предназначенной для надежного удержания половины (части) песчаного стержня во время зачистки – калибровки его плоскости абразивным кругом (рис. 3.17).

Эту операцию производят на специальных карусельных и других станках с целью обеспечения высокой точности стержней после склейки его частей, а следовательно, и точности отливок.

Сушильные плиты (рис. 3.18) являются приспособлениями для укладки извлеченных из стержневых ящиков стержней и транспортирования их в сушильную печь. Различают два вида сушильных плит – плоские и фасонные (драйеры).

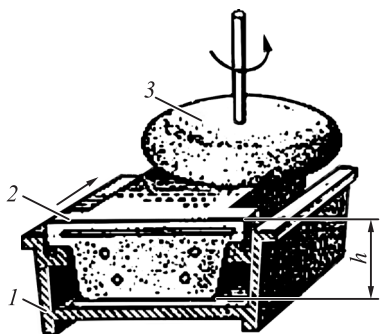


Рис. 3.17. Операция зачистки плоскости половины стержня в кондукторе:
 1 – кондуктор; 2 – стержень; 3 – абразивный круг

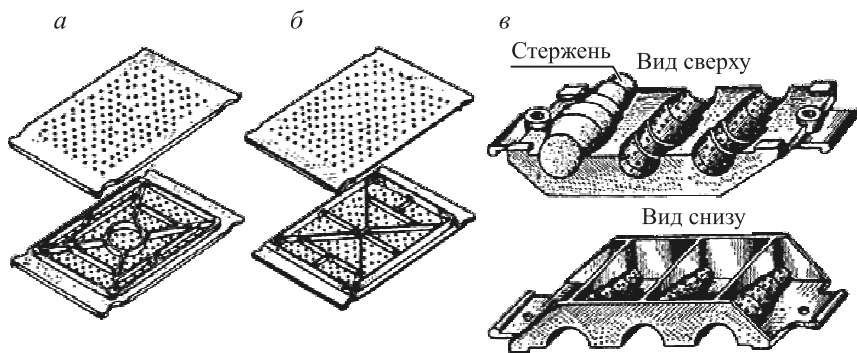


Рис. 3.18. Сушильные плиты для стержней:
 а – плоская литая; б – плоская сварная; в – фасонная (драйер)

Плоские сушильные плиты отливают из серого чугуна (рис. 3.18, а) или сваривают из стальных листовых заготовок (рис. 3.18, б); они универсальны – пригодны для разнообразных (по размерам и конфигурации) стержней при получении большой номенклатуры отливок.

Фасонные сушильные плиты – драйеры (рис. 3.18, в) входят в состав модельно-стержневого комплекта, так как извлечение стержня из ящика производят наложением драйера на плоскость разъема ящика по штырям с последующим поворотом половины ящика вместе со стержнем (стержнями) и драйером на 180° . Драйеры получают сваркой предварительно сделанных из листовой стали заготовок.

Контрольные шаблоны (рис. 3.19) – приспособления для проверки размеров стержней, точности отливок, правильности установки стержней в форму. Различают шаблоны плоские и фасонные. Плоские шаблоны делают из листовой стали или фанеры, фасонные шаблоны отливают как правило, из алюминиевых сплавов.

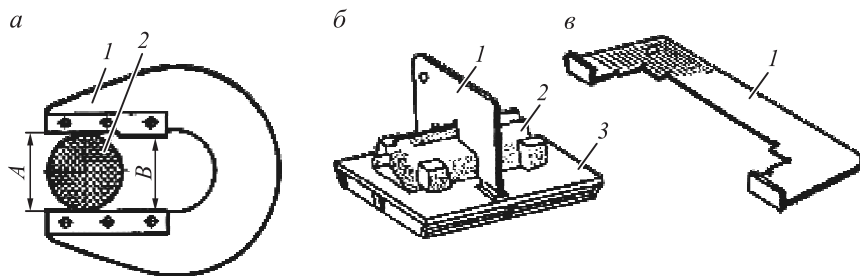


Рис. 3.19. Контрольные шаблоны для стержней:
 а – простейший шаблон (скоба для контроля одного размера); б, в – сложные шаблоны для контроля нескольких размеров стержня; 1 – шаблон; 2 – стержень; 3 – плита

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

3.5. Формовочный инструмент, приспособления для формовки

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

Формовочный инструмент используют главным образом при ручном и механизированном изготовлении форм, стержней и отливок. Ассортимент формовочного инструмента достаточно широк (рис. 3.20).

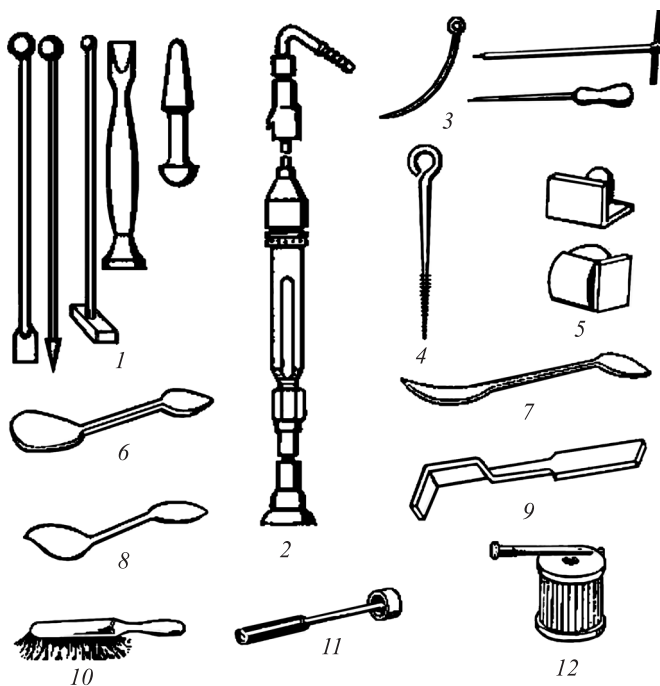


Рис. 3.20. Формовочный инструмент:

1 – ручные набойки-трамбовки; 2 – пневматическая трамбовка; 3 – душники; 4 – винтовой подъем; 5 – плоская и фасонная гладилки; 6 – ложка; 7 – ползок; 8 – ланцет; 9 – крючок; 10 – щетка; 11 – торцовая гладилка; 12 – пульверизатор для мелких форм

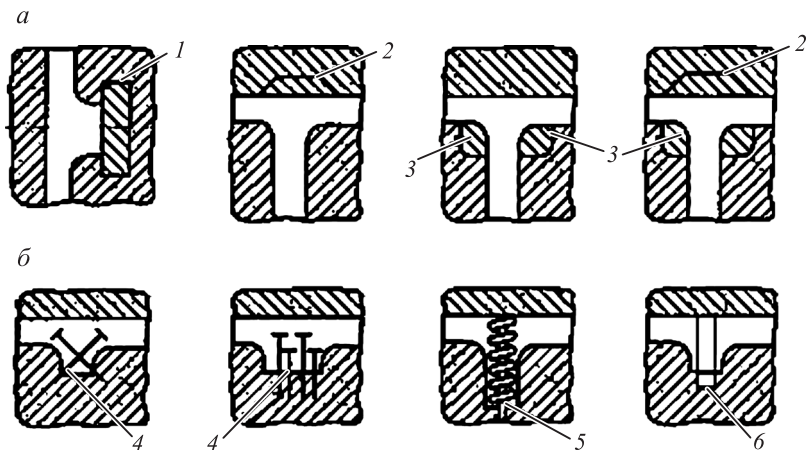


Рис. 3.21. Литейные холодильники:
 а – наружные; б – внутренние; 1 – дисковый; 2 – пластинчатый; 3 – фланцевый; 4 – гвозди; 5 – металлическая стружка; 6 – стальной пруток

В качестве приспособлений для изготовления и комплектации литейных форм применяют подопочные плиты, щитки, жеребейки, литейные шпильки и гвозди, холодильники.

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

Жеребейки – различные по размерам металлические подставки для фиксации положения стержней в литейной форме, изготавливаемые из мягкой стали и подвергаемые лужению для предотвращения ржавчины.

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

Холодильники – различные по форме и размерам металлические бруски (рис. 3.21), применяемые для охлаждения массивных частей отливок с целью равномерного затвердевания расплава по всему объему и исключения образования усадочных раковин.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие приспособления называют моделями? Каково их назначение?
2. Дайте характеристику неразъемным и разъемным моделям и перечислите случаи их применения.

3. Какие приспособления относят к опочной оснастке?
4. Назовите критерии выбора размеров опок для ручной формовки.
5. Какой отличительной конструктивной особенностью обладают опоки для автоматических формовочных линий?
6. Какие преимущества имеет использование модельно-опочных литейных комплектов в массовом и крупносерийном производстве?
7. Назовите состав и порядок применения формовочного инструмента и приспособлений для формовки.

Глава 4. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Подготовка производства литейных форм включает следующие этапы:

- 1) выбор способа изготовления форм;
- 2) разработка технологии изготовления отливок;
- 3) выбор материала для изготовления модельной оснастки;
- 4) приготовление формовочных и стержневых смесей;
- 5) изготовление и комплектация стержней.

4.1. Выбор способа изготовления форм

Выбор способа изготовления форм осуществляется в зависимости от серийности выпуска, номенклатуры, сложности и массы отливок, требований заказчика к точности и чистоте поверхности, вида применяемого сплава. При подходе к выбору способа изготовления форм в первую очередь производят комплексную оценку массы отливки, вида сплава, требований к качеству поверхности.

Для производства крупных фасонных отливок из черных и цветных сплавов, как правило, применяют технологии формовки с использованием химически твердеющих смесей. Это обусловлено сочетанием высокой прочности, низкой влажности и хорошей газопроницаемости литейных форм, изготовленных по таким технологиям. В свою очередь, такое сочетание дает возможность удерживать практически любой объем жидкого металла и обеспечивать в процессе заливки хорошие условия газо- и теплоотвода. Высокое качество поверхности отливок в данном случае достигается применением окраски поверхностей форм специальными составами. Подобные технологии зачастую выбирают и при работе с отливками средней массы из черных сплавов, где также важно сочетание высоких прочностных и газо-, теплопроводящих свойств литейных форм.

В случае работы с отливками средней массы из цветных сплавов смесевые технологические процессы далеко не всегда позволяют обеспечить высокие требования к качеству поверхности, герметичности и др. Поэтому для данного сегмента отливок применяют специальные формы и способы изготовления (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Классификация и область применения различных способов литья

Способ производства отливок	Вид производства	Характеристика литья
Литье в песчано-глинистые формы	Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок из любых сплавов	Механическая обработка без разметки с гарантийными припусками на механическую обработку
Литье в химически твердеющие формы	То же	Высокое качество поверхности, малые припуски на обработку
Литье в кокиля	Серийное и массовое производство мелких и средних по массе и габаритам отливок простой и средней сложности из любых сплавов	То же
Центробежное литье на машинах	Индивидуальное, серийное и массовое производство отливок из любых сплавов, имеющих форму тел вращения со свободной поверхностью	>>
Литье под давлением	Крупносерийное и массовое производство мелких и средних по массе и габаритам отливок из цветных сплавов	Высокий класс точности размеров и чистоты поверхности, не требующей механической обработки
Литье по выплавляемым моделям	Мелкосерийное, серийное и массовое производство отливок, требующих сложной механической обработки при обычных методах, а также для деталей из материалов, трудно поддающихся механической обработке	То же

При изготовлении мелких отливок из черных и цветных сплавов используют наибольшее количество типовых смесевых и специальных технологий. Как правило, для отливок из черных сплавов применяют технологии с использованием уплотняемых сырых песчано-глинистых смесей. Такой приоритет обусловлен низкой себестоимостью формовки и возможностью достижения высокой производительности. Однако следует отметить, что данные способы обеспечивают лишь средний уровень качества поверхности и точности отливок. Если же речь идет о необходимости изготовления высокоточных отливок мелкого сегмента, практически всегда применяют специальные способы.

Важно отметить и то, что при выборе способа уплотнения песчано-глинистых форм определяющим критерием служит показатель сложности литейных моделей и их геометрические размеры. В этом отношении процесс уплотнения смеси должен гарантировать качественную проформовку всех участков литейной формы и обеспечивать необходимую, равномерно распределенную плотность формы.

4.2. Разработка технологии изготовления отливок

Разработка технологии изготовления отливок осуществляется при производстве заготовок методом литья и заключается в оформлении технологической документации. Разработка технологической документации отливки начинается с оценки технологичности детали (рис. 4.1, *а*), осуществляется на чертеже детали (рис. 4.1, *б*) и сводится к нанесению модельно-литейных указаний (рис. 4.1, *в*), необходимых для получения отливки. Эти материалы являются основой для разработки чертежей отливки (рис. 4.1, *г*) и изготовления модельной оснастки.

Разработка технологии включает:

- выбор положения отливки в форме в процессе заливки;
- определение линии разъема модели и формы;
- назначение припусков на механическую обработку;
- определение количества стержней;
- проектирование и изображение параметров и конфигурации стержневых знаков;
 - назначение зазоров в знаковых частях формы и стержня;
 - определение линии разъема стержневого ящика и направления набивки стержня;
 - назначение мест подвода металла к отливке.

Руководящим документом для изготовления моделей, стержневых ящиков и других элементов модельного комплекта служит *чертеж моделей*, который разрабатывается с учетом производственных условий

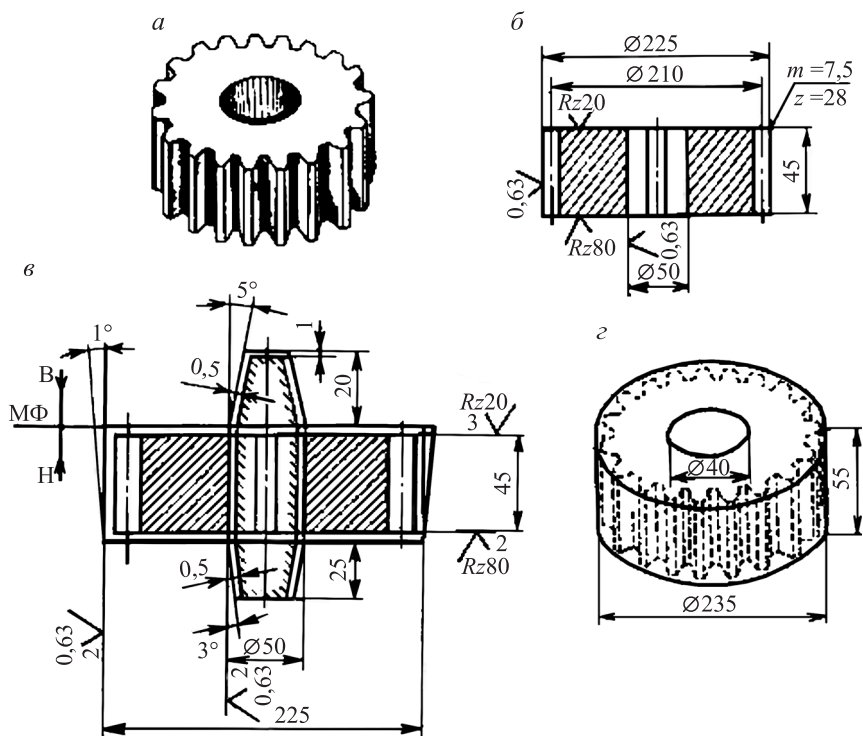


Рис. 4.1. Разработка технологической документации отливки:
 а – деталь «зубчатое колесо»; б – чертеж детали; в – чертеж модельно-литейной технологической разработки; з – чертеж отливки

(наличие и типы механообрабатывающих станков, приспособлений для механизации и автоматизации выполняемых операций и др.) на основе первичного документа – чертежа модельно-литейной технологической разработки (см. рис. 4.1, в). В модельном чертеже приводятся сведения о выборе материала для модельного комплекта, типах заготовок, методах выполнения знаков и выступающих частей моделей и стержневых ящиков, типах галтелей и др.

Проектирование *литниковой системы* является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором способа подвода металла и распределением его потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки и в определенной мере регулировать ее структуру и механические свойства.

Литниково-питающая система – это система каналов и элементов литейной формы, предназначенная для подвода металла к полости формы, ее заполнения и питания отливки во время затвердевания (рис. 4.2). Первые две задачи выполняются литниковой системой, третья – прибылями, необходимыми для предотвращения образования в отливках усадочных раковин. В некоторых случаях, например при использовании сплавов с малой объемной усадкой или при отсутствии в отливке массивных частей, прибыли можно не предусматривать. Литниковая воронка (чаша) 3 служит для приема металла из заливочного ковша. В чаше происходит частичное отделение от расплава шлаковых включений. Стояк 4, представляющий собой вертикальный канал для передачи металла другим элементам литниковой системы, заканчивается зумпфом 5 (углубление для частичного гашения динамической энергии потока металла). Дроссель 2 является гидравлическим сопротивлением, регулирующим скорость заполнения формы. В нем металл, проходя через суженное сечение, изменяет направление своего течения. Шлакоуловитель 1 предназначен для задерживания шлаковых включений и подвода металла к питателям 8. При разливке стали, свободной от шлаковых включений, он выполняет только распределительную роль и называется горизонтальным ходом. Для отливок из цветных сплавов этот канал называется коллектором. Через питатели 8 осуществляется заполнение расплавом рабочей полости формы. Прибыли, одна из которых – верхняя сливная 9, а две другие – боковые проливные 7, предназначены для питания отливки 10 во время ее затвердевания. Выпор 6 необходим для отвода воздуха и газов во время заливки и служит показателем ее окончания.

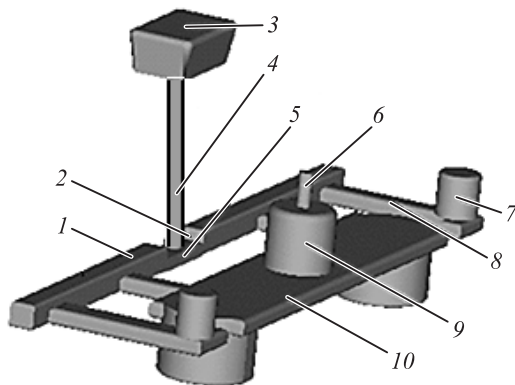


Рис. 4.2. Отливка с литниковой системой:

1 – шлакоуловитель; 2 – дроссель; 3 – чаша; 4 – стояк; 5 – зумпф; 6 – выпор; 7, 9 – прибыли; 8 – питатель; 10 – отливка

Для обеспечения качественного образования тела отливки литниковая система должна иметь строго определенные соотношения размеров и числа ее частей и отвечать следующим требованиям:

- заполнять форму металлом за определенное время;
- обеспечивать минимальное количество неметаллических и газовых включений в металле;
- создавать рациональный режим затвердевания и охлаждения отливки;
- иметь небольшую массу;
- занимать в форме мало места и обеспечивать удобство формовки.

Расчет литниковой системы основан на применении уравнений гидравлики для идеальных жидкостей, но так как металл не является идеальной жидкостью, дополнительно используют опытно-экспериментальные данные, которые регламентируют строгие соотношения частей литниковой системы. Для чугуновых отливок такие соотношения представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Соотношение размеров частей литниковой системы и числа питателей для чугуна

Масса отливки, кг	Размеры одного питателя		Толщина отливки, мм				
	Площадь сечения, см ²	Длина, мм	3–5	5–8	8–10	10–15	15–20
			Число питателей				
До 0,5	0,3–0,4	10–15	1	1	1	1	1
0,5–1	0,4–0,5	15–20	1	1	1	1	1
1–3	0,5–0,7	20–25	1	1	1	1	1
3–5	0,7–0,8	25–30	2	2	1	1	1
5–10	0,8–0,9	25–30	3	3	2–3	2–3	2–3
10–15	1,0–1,5	25–30	–	3	3	3	3
15–20	1,0–1,5	25–30	–	4	4	3	3
20–40	1,0–1,5	25–30	–	4	4	3	3
40–60	1,0–1,5	30–35	–	4–5	4	3–4	3
60–100	1,0–1,5	30–35	–	5–6	5	4–5	4
100–150	1,0–1,5	40–45	–	7–8	7	5–6	5
150–200	1,0–1,5	45–50	–	8–9	8	6–7	6

Опытно-экспериментальные данные регламентируют также строгие соотношения минимальной площади сечения питателей F_{\min} , площади сечения шлакоуловителя $F_{\text{ш}}$ и площади сечения стояка $F_{\text{ст}}$. Для чугуновых отливок соотношение $F_{\min} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}}$ равно 1 : 1,1 : 1,5. Далее расчет сводится к определению $F_{\text{ш}}$ и $F_{\text{ст}}$. Согласно табл. 4.2 для детали массой 9 кг со стенкой толщиной 15 мм площадь одного питателя должна быть

равна $0,8 \text{ см}^2$, длина питателя – 25–30 мм, число питателей – 3. Общая площадь питателей составит $2,4 \text{ см}^2$. Из соотношения находим, что $F_{\text{ш}} = 2,4 \cdot 1,1 = 2,64 \text{ см}^2$; $F_{\text{ст}} = 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ см}^2$.

4.3. Выбор материала для изготовления модельной оснастки

Выбору материала для изготовления *модельных комплектов* уделяется большое внимание, так как от него зависят прочность и долговечность модельных комплектов, а также точность и себестоимость отливок. В зависимости от типа производства для изготовления моделей и стержневых ящиков применяют древесину, литейные сплавы, пластмассы и другие материалы.

Деревянные модели по прочности и точности подразделяют на три класса.

По первому классу прочности выполняют модели для производства больших серий отливок ответственного назначения при ручной и машинной формовке. В этом случае используют древесину твердых пород. Тонкие части модели изготавливают из сплавов алюминия. Места, подверженные износу, окантовывают стальными накладками.

По второму классу прочности изготавливают модели для производства отливок небольших серий. Применяют древесину твердых пород, металлические части обычно не используют.

По третьему классу прочности выполняют модели и стержневые ящики для производства единичных отливок при ручной формовке. Неразъемные модели могут заменять скелетными и шаблонами. В этом случае применяют более упрощенную склейку и вязку древесины.

Окраска деревянных моделей предохраняет древесину от насыщения влагой, разбухания и искажения геометрических размеров, предотвращает прилипание смеси к поверхности модели. 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 покрывают черной краской. Места отъемных частей выделяют черной полосой. Ребра жесткости, которые в форме или стержне должны быть заделаны, штрихуют на модели или ящике по основному фону черными косыми полосами. Прибыли, а также приливы, предназначенные для отбора технологических проб, отделяют от основного тела отливки черной полосой.

Металлическая модельная оснастка по сравнению с деревянной обладает большей прочностью и более высокой начальной размерной точностью, которая сохраняется в течение длительного срока ее экс-

платации, что обеспечивает высокую точность и чистоту поверхностей отливок. В массовом и крупносерийном производстве отливок модели и стержневые ящики изготавливают чаще всего из легких алюминиевых сплавов марок АЛ3, АЛ12, АЛ24. Как показывает опыт работы литейных предприятий, использование дорогостоящей металлической модельной оснастки экономически оправдано даже в мелкосерийном производстве, так как в этом случае снижается стоимость отливок и литых деталей за счет уменьшения объема механической обработки и сокращения затрат на эксплуатацию моделей. При машинной формовке по деревянным моделям можно получать примерно 1000 отливок, по алюминиевым – до 75 000.

Пластмассовые модели и стержневые ящики (рис. 4.3) благодаря высокой ударной вязкости пластмасс придают модельным комплектам хорошую сопротивляемость абразивному износу, негигроскопичность и жесткость. Последнее особенно важно при изготовлении форм на машинах при высоких удельных давлениях прессования смеси в опоках. По сравнению с металлическим модельным комплектом имеют ряд преимуществ: меньшую массу, несклонность к короблению, а также к растрескиванию при ударах. Для улучшения эксплуатационных свойств модельной оснастки в полимерные материалы вводят наполнители (порошки металлов, графит, пылевидный кварц и др.), а для повышения прочности пластмассы армируют тканью из стекловолокна, металлическими каркасами и вставками.

Газифицируемые модели применяют в мелкосерийном и единичном производстве отливок массой от нескольких килограммов до 1,5–2 т. Газифицируемые модели изготавливают из пенополистирола и не извлекают из формы, а удаляют из нее выжиганием с помощью заливаемого в форму литейного расплава. В связи с такими условиями литья пенополистироловые модели можно вырабатывать без формовочных уклонов, что обуславливает высокую точность отливок. Экономичность газифицируемых моделей обеспечивается специфическими свойствами пенополистирола, который обладает малой плотностью, низкой стоимостью, легко обрабатывается резанием.

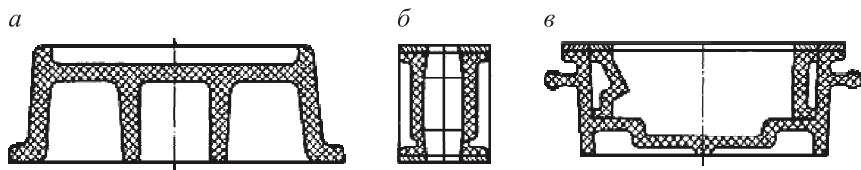


Рис. 4.3. Пластмассовая литейная оснастка:

а – неразъемная модель; *б* – разъемный стержневой ящик; *в* – вытряхной стержневой ящик

Для всей модельной оснастки периодически производятся контрольные осмотры и проверка состояния формообразующих поверхностей и знаковых частей с целью выявления повреждений, определения соответствия геометрии чертежа, качества окраски. Особо тщательно контролю подвергается состояние систем направляющих и центрирующих элементов модельно-опочной оснастки, штырей и втулок, которые периодически проверяются специальными калибрами.

4.4. Приготовление формовочных и стержневых смесей

Технология смесеприготовления предполагает следующие этапы: подготовку свежих материалов, подготовку оборотных смесей, регенерацию отработанных смесей, приготовление смеси – смешивание компонентов, гомогенизацию, контроль исходных формовочных материалов и смесей. Характерной особенностью процесса приготовления смесей является большое количество технологических операций и использование разнообразного оборудования. Потребность смеси на 1 т годных отливок составляет от 2,6 до 10 м³, в том числе от 0,8 до 2 м³ свежих формовочных материалов.

Подготовка свежих материалов осуществляется на складе шихтовых материалов и включает следующие операции: сушку, охлаждение и просеивание свежего песка; дробление, сушку и тонкое просеивание глины; измельчение, просеивание, подготовку хромистого железняка, магнезита, шамота, циркона и других высокоогнеупорных материалов; подготовку жидкой сульфатной бронзы; варку жидкого стекла и силикатной глыбы.

Подготовка оборотных смесей представляет собой следующий процесс. Выбитую из опок смесь просеивают через сито, отделяют колышки, шпильки, крючки, куски стержней, сплесы металла, подвергают магнитной сепарации для удаления мелких включений металла. Охлажденную и просеянную смесь отправляют в бункера над смешивающими бегунами.

Регенерация отработанных смесей осуществляется следующим образом. Отработанные формовочные и стержневые смеси подвергаются специальной обработке – регенерации – с целью восстановления первоначальных свойств песка для его повторного использования, что позволяет значительно сократить расход свежих формовочных материалов. После предварительной обработки (магнитной сепарации, дробления, просеивания) от зерен кварцевого песка отделяют пленки связующего и других добавок.

Различают сухую, мокрую, термическую и механическую регенерацию.

При *сухой регенерации* производят только классификацию зерен по размерам и удаление пылевидных составляющих песка.

При *мокрой регенерации* с помощью воды отделяют глину и водорастворимые связующие, после чего песок сушат и классифицируют по размерам зерен.

При *термической регенерации* в процессе высокотемпературного нагрева сгорают пленки органических связующих, главным образом синтетических смол.

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

В современных литейных цехах массового производства отработанная смесь для автоматических линий проходит *гомогенизацию* (выравнивание состава и свойств), охлаждение, магнитную сепарацию (рис. 4.4). В специальных барабанах (гомогенизаторах) горячая отработанная смесь подвергается предварительному увлажнению и перемешиванию для усреднения состава и температуры, а затем продувается воздухом.

Вследствие испарения воды в потоке воздуха смесь быстро охлаждается и обеспыливается. Освобожденная от металлических частиц, охлажденная и просеянная отработанная смесь поступает в бункера-накопители для повторного использования.

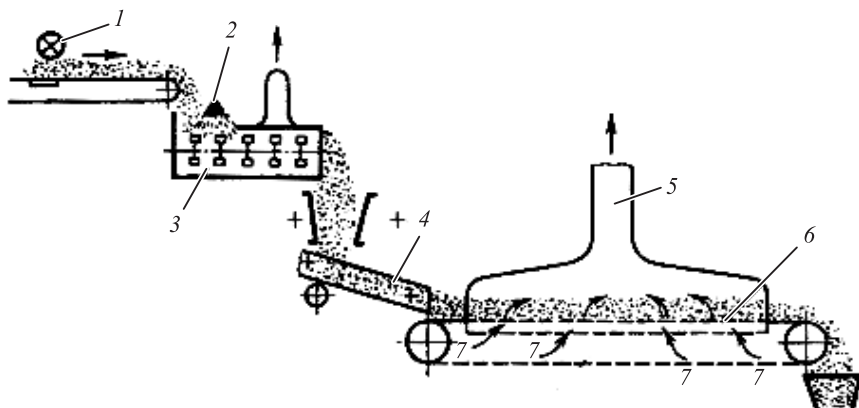


Рис. 4.4. Технологический процесс гомогенизации и испарительного охлаждения отработанной формовочной смеси:

1 – весы; 2 – увлажнитель; 3 – гомогенизационный барабан с лопаточным смесителем; 4 – виброжелоб; 5 – вытяжка воздуха; 6 – конвейер; 7 – воздух от вентилятора

Приготовление смеси представляет собой процесс дозирования и смешивания материалов по заданной рецептуре, накопления и отставивания смеси в бункерах-накопителях, рыхления и подачи смеси на формовочные участки. Перед смешиванием в специальных смесителях (смешивающих бегунах) все компоненты дозируют весовыми или объемными дозаторами.

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

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют литейные смесители каткового, бескаткового, шнекового и лопастного типов.

Смесители каткового типа получили широкое применение. Наиболее распространенными из них являются смешивающие литейные бегуны с вертикально вращающимися катками, центробежные смешивающие литейные бегуны и сдвоенные литейные бегуны.

Смешивающие литейные бегуны с вертикально вращающимися катками представляют собой неподвижную чашу с двумя гладкими катками 1, 4 (рис. 4.5, а), не касающимися ее дна и вращающимися

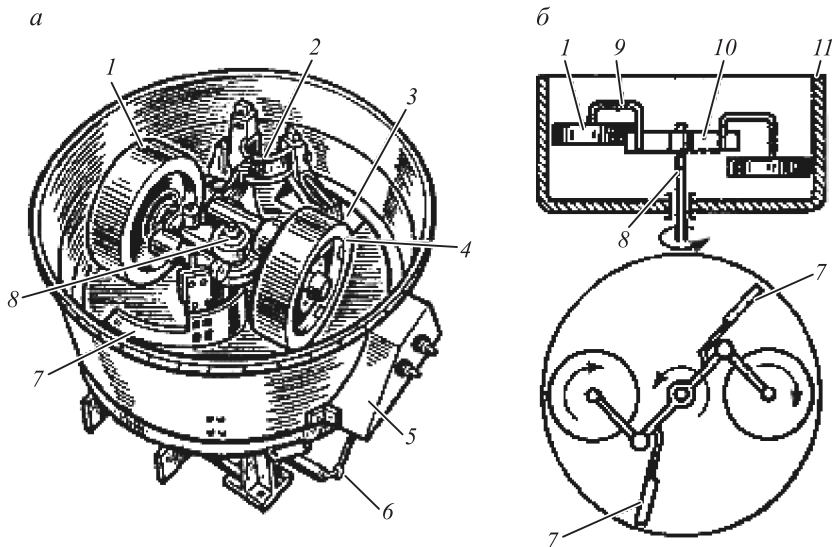


Рис. 4.5. Смешивающие литейные бегуны с вертикально вращающимися катками (а) и центробежные смешивающие литейные бегуны (б):

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

вокруг вертикальной оси. Одновременно катки вращаются вокруг своей горизонтальной оси вследствие трения о смесь, подаваемую в чашу. Смесь направляется под катки плужками 2 и 7. Готовая смесь выбрасывается через разгрузочное окно в дне чаши 3, которое открывается и закрывается с помощью пневмоцилиндров и тяги 6. Такие бегуны являются смесителями периодического действия. Песок, вода и глина загружаются в бегуны дозаторами. Продолжительность перемешивания порции смеси зависит от ее назначения и состава и составляет 2–4 мин для единой формовочной смеси, 2–9 мин для облицовочной и 2–10 мин для стержневой смеси. Смешивающие бегуны обеспечивают высокое качество перемешивания формовочных и стержневых смесей вследствие активного перетирающего действия катков. Недостатком их является невысокая производительность, поэтому они используются только в цехах с небольшим объемом производства.

В современных автоматизированных цехах применяют смесители непрерывного действия, в которых загрузка, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. К смесителям непрерывного действия, используемым для приготовления больших объемов единых и наполнительных смесей, относятся высокопроизводительные *центробежные (маятниковые) смешивающие литейные бегуны* с катками, вращающимися в горизонтальной плоскости (рис. 4.5, б). Ободы катков и чаша в них облицованы резиной, что позволяет повысить скорость качения катков и увеличить их производительность в 3–5 раз по сравнению со смешивающими бегунами с вертикально вращающимися катками. Наличие вентилятора позволяет дополнительно охлаждать смесь и обеспыливать ее. В центробежном смесителе плужки 7 со значительной скоростью отбрасывают смесь на борт чаши, к которому она прижимается и движется под действием центробежных сил. Во время этого движения происходит перемешивание, перетирание отдельных слоев смеси катками. Продолжительность перемешивания единой смеси составляет 2–4 мин, облицовочной и стержневой – до 3 мин.

Широкое применение находят и непрерывно действующие *сдвоенные литейные бегуны*, имеющие две пары вертикальных катков и две сообщающиеся между собой чаши (рис. 4.6). Загрузка исходных составляющих смеси производится непрерывно в чашу 2, а выгрузка готовой смеси также непрерывно осуществляется из чаши 1 через окно в ее борту.

Приготовленные песчано-глинистые смеси передаются из смешивающих литейных бегунов в бункера-отстойники, где смесь выдерживается 2–3 ч с целью выравнивания влажности и стабилизации свойств по всему объему. Затем уплотненную от вылеживания смесь дополнительно разрыхляют, пропуская ее через специальные установки –

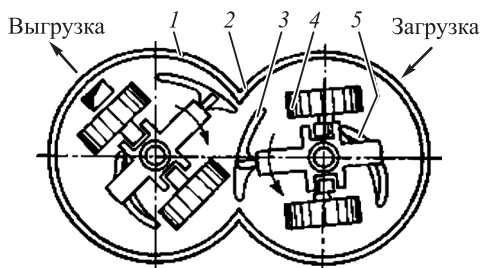


Рис. 4.6. Схема каткового смесителя непрерывного действия:
1, 2 – смежные чаши; 3, 5 – плужки; 4 – катки

лопастные (аэраторы) и дисковые (дезинтеграторы) литейные разрыхлители. Разрыхленная смесь направляется в формовочное отделение конвейером к расходным бункерам.

Несмотря на то что смешивающие бегуны обеспечивают хорошее качество перемешивания формовочных и стержневых смесей, их работа характеризуется невысокой производительностью и высокой энергоемкостью перемешивания. Поэтому в последнее десятилетие в литейном производстве на смену катковым смесителям приходят новые смесители бескаткового типа.

Смесители бескаткового типа (роторные и вихревые турбинные) реализуют принцип интенсивного смешивания в щадящем режиме, при котором не происходит разрушения песчинок. Высокое качество перемешивания формовочной смеси за короткий цикл обеспечивает снижение расхода электроэнергии. Короткое время цикла позволяет при высокой производительности избежать значительного нагрева смеси. При сопоставимой производительности бескатковый смеситель может быть меньше по размеру, что положительно сказывается на его экономичности. Эффективность смешивания определяет однородное покрытие кварцевых зерен бентонитом и добавками для обеспечения оптимальной силы сцепления при экономичном расходе связующих материалов и добавок. Кроме того, общая концепция смесителей бескаткового типа определяется простотой и удобством технического обслуживания, во время проведения которого обеспечивается хороший доступ к оборудованию, а изнашивающиеся детали заменяются сравнительно легко и быстро.

Благодаря этим характеристикам роторные и вихревые турбинные смесители успешно применяются в литейных цехах.

Роторные смесители начали выпускаться в начале 1970-х гг. Чаша роторных смесителей в отличие от чаши катковых смесителей враща-

ется и имеет увеличенную по отношению к диаметру высоту (рис. 4.7). Внутри чаши на вертикальном валу размещен ротор с множеством радиально ориентированных лопастей.

Ротор имеет самостоятельный привод, обеспечивающий вращение с частотой до 1000 об/мин. На другом вертикальном валу размещены скребки и мешалки, вращающиеся с меньшей, чем ротор, частотой. Для предохранения стенок и дна смесителя от абразивного

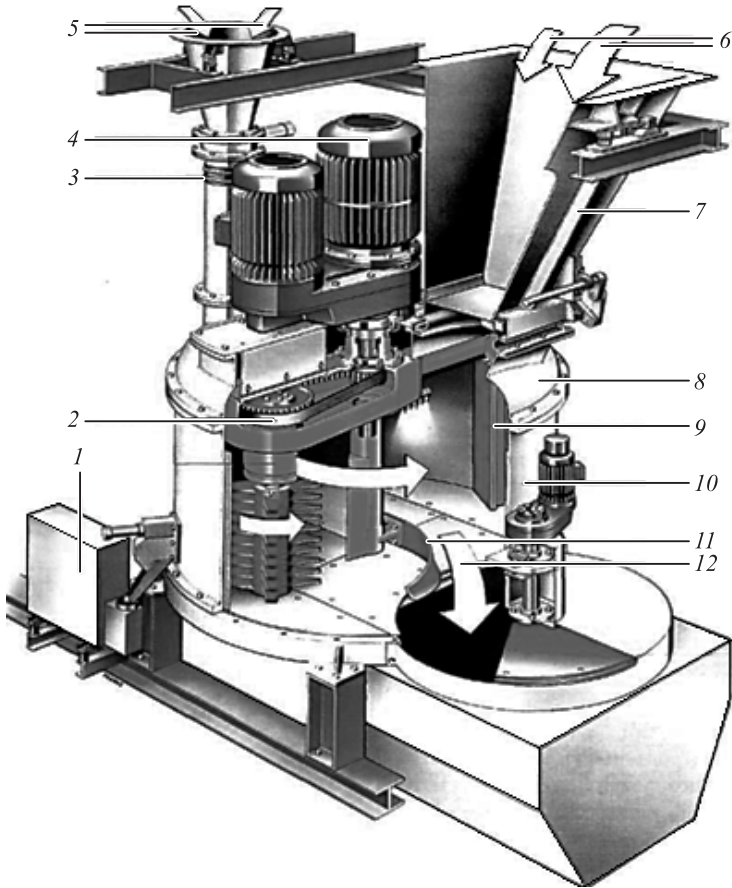


Рис. 4.7. Бескатковый роторный смеситель:

1 – мультиконтрольное устройство SMC; 2 – турбина; 3 – привод венца; 4 – привод турбины; 5 – добавка, емкость для взвешивания; 6 – новый песок; 7 – емкость для взвешивания формовочных материалов; 8 – корпус смесителя (миксера); 9 – скребок для стенок; 10 – оборотная смесь; 11 – плуг; 12 – готовая смесь

воздействия песка они снабжены твердыми пластинами. Ротор оснащается лопастями из износостойкого материала. Благодаря специальной конструкции отдельные элементы и компоненты могут быть легко и быстро заменены. Скребок для стенок и плуг располагаются таким образом, что песок принудительно направляется в рабочую зону турбины.

Данная конструкция смесителя имеет ряд технических особенностей, обеспечивающих высокие гомогенность и качество смесей:

- вращающийся резервуар смешиваемого материала, который постоянно перемещает его в область вращающихся смешивающих инструментов. При этом возникают потоки смешиваемого материала самых разных скоростей и направлений;

- смесительные инструменты, разные по форме и количеству, которые приспособляются к соответствующим задачам и обеспечивают гомогенизацию смешиваемого материала на высоком уровне;

- комбинированный инструмент (скребок для днища и стен) предотвращает прилипание материала к стенке резервуара. С применением вакуумной техники *смеситель* интенсивного действия получает функции *охлаждителя* возвратной формовочной «земли» прямо в смесителе.

Геометрия инструментов смесителя позволяет интенсивно перемешивать формовочный материал. Каждая отдельная песчинка наиболее щадящим образом покрывается оболочкой из связующего вещества и добавок. Вода впрыскивается таким образом, что она тут же распределяется и равномерно покрывается бентонитом, что способствует более быстрому его набуханию. Цикловая загрузка формовочных материалов гомогенизируется, и песчано-глинистая смесь становится более однородной.

В разных частях чаши смесителя движение смеси происходит по-разному. С учетом этого объем чаши следует разделять на три зоны: разгона, полета и покоя. Зона разгона занимает периферийную часть ротора, в ней смесь захватывается лопастью, разгоняется, перемещаясь по ее поверхности, и выбрасывается за пределы лопасти. В зоне полета движение частичек смеси происходит веером. В зоне покоя смесь не перемещается относительно чаши. Динамическое воздействие на смесь осуществляется в зоне разгона и при остановке смеси на границе зон полета и покоя, когда под действием инерционных сил песчинки взаимодействуют с увлажненной глиной и образуют оболочки. Оболочки оказывают большее сопротивление динамическим нагрузкам, чем статическим, и слабо уплотняются. В результате при роторном приготовлении формируются рыхлые глинистые оболочки. Необходимо учитывать, что при увеличении времени перемешивания в роторном смесителе происходит ухудшение всех параметров качества смеси. Это объясняется оттиркой глинистых оболочек с зерен песка. Удаленная

с поверхности песчинок глина не наносится обратно на зерна песка, а собирается в виде отдельных конгломератов, которые закупоривают поры в смеси, снижая газопроницаемость. В свою очередь, потеря зерном глинистой оболочки приводит к увеличению коэффициента внутреннего трения, что вызывает уменьшение уплотняемости и текучести смеси.

Вихревые турбинные смесители, как правило, предназначены для автоматического приготовления смесей и оснащены специальным оборудованием и приборами для измерения и управления параметрами формовочной смеси с помощью электронной системы. Это позволяет производить прямую коррекцию эксплуатационных свойств смеси за счет управления дозировками всех компонентов. Автоматическая система управления работой смесителя свободно программируется и обеспечивает выполнение следующих задач:

- контроль всех относящихся к группе смесителя элементов; индикация режима эксплуатации комплекса смесителя на световой мнемосхеме или на мониторах;
- дозировка компонентов либо гравиметрическая (по массе), либо по объему, либо смешанная.

Система управления может быть оснащена центральным компьютером с монитором и принтером. В этом варианте данные рецептуры смеси по массе, времени или по объемным показателям вводятся оператором в управляющий компьютер и сохраняются в его памяти.

Расход каждого компонента смеси может отражаться на мониторе или выводиться на печать. Система управления смесителем может быть представлена в виде отдельных агрегатов или интегрироваться в общую систему управления всей системой смесеприготовления в цехе.

Современные смесители такого типа также оборудуются специальными системами для охлаждения формовочного песка и оптимизации использования исходных материалов за счет вакуумной обработки смеси непосредственно в смесителе. В них вращается не вся чаша, а только ее дно, что является вполне достаточным для приведения во вращение всей находящейся в чаше смеси. Скребок в этом смесителе связан с неподвижной рамой и очищает только днище, стенки чаши очищаются вращающейся смесью. Время цикла составляет 30–120 с и зависит от требований, предъявляемых кготавливаемой смеси. Нижний предел времени цикла указывает на высокую интенсивность процесса перемешивания и достаточен для равномерного распределения компонентов смеси.

Смесители шнекового и лопастного типов используются для приготовления химически твердеющих формовочных и стержневых смесей (рис. 4.8). Данные смесители обладают широким диапазоном

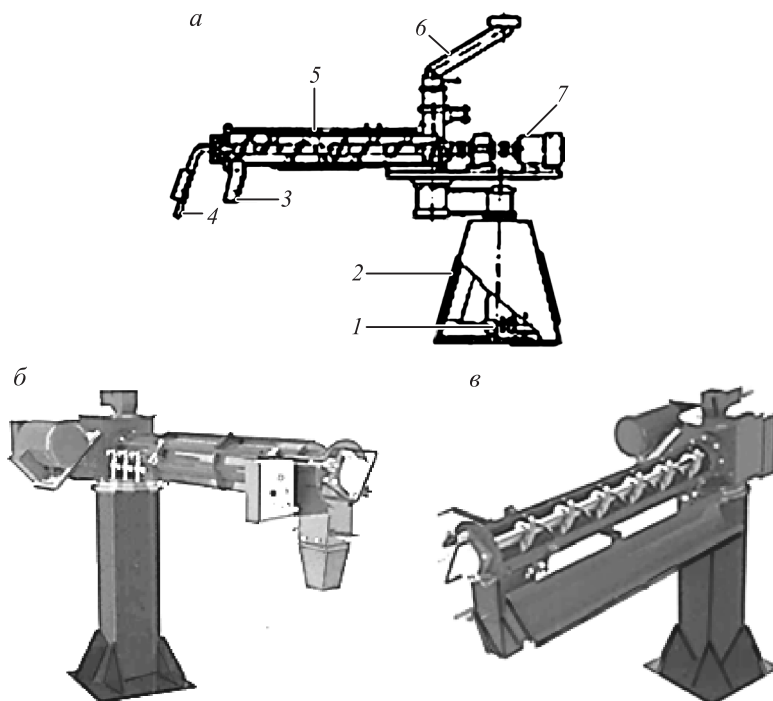


Рис. 4.8. Шнековый и лопастный смесители непрерывного действия:

а – схема лопастного смесителя; *б* – шнековый смеситель в рабочем положении; *в* – шнековый смеситель в положении ремонта и очистки; 1 – насос-дозатор; 2 – основание смесителя; 3 – лоток выдачи смеси; 4 – пульт управления смесителя; 5 – лопастный вал; 6 – закрытый лоток подачи песка; 7 – электродвигатель

производительности – от 1 до 100 т/ч. Смешивание в шнековом смесителе происходит за счет уменьшения скорости движения слоев смеси по мере удаления от поверхности шнека. Поскольку интенсивное трение смеси о шнек приводит к его износу, невозможно значительно увеличить скорость вращения привода. Поэтому высокое качество смешивания в шнековом смесителе обеспечивается применением специально профилированных лопастей и их взаиморасположением на валу. Благодаря их компактной и подвижной многорукавной конструкции они могут гарантировать высокую скорость заполнения труднодоступных зон формы. Песок в смеситель подается из бункера через устройство пропорционального дозирования и дозирующий шнек. Компоненты связующей композиции подаются в зону смешивания через систему трубо-

проводов специальными дозирующими насосами. Формовочная смесь может приготавливаться на основе смеси из свежего песка и регенерата. Повторно используемый песок очищается от пыли непосредственно перед смешиванием в специальной камере очистки и охлаждения песка в псевдокипящем слое.

Данная очистка помогает сократить расход связующего до необходимого минимума. Для получения очищенного обеспыленного песка требуется больше времени, которое компенсируется коротким периодом затвердевания (время реакции) и повышенной прочностью формы. Лопастные смешиватели и очистители выполнены из твердосплавного металла, что предотвращает их дисбалансировку из-за износа.

Перемешивающая и очищающая лопасти снабжены блокирующим приспособлением, что обеспечивает стабильность крепежа лопастей при очистке; возможна балансировка лопасти с шагом в 15° . Внешние оболочки рукава открываются с обеих сторон, что обеспечивает легкий доступ для очистки смесителя. Угол открытия составляет 180° .

Смесители шнекового или лопастного типа устанавливают непосредственно у рабочих мест стерженщиков и выпускают смесь прямо в стержневые ящики.

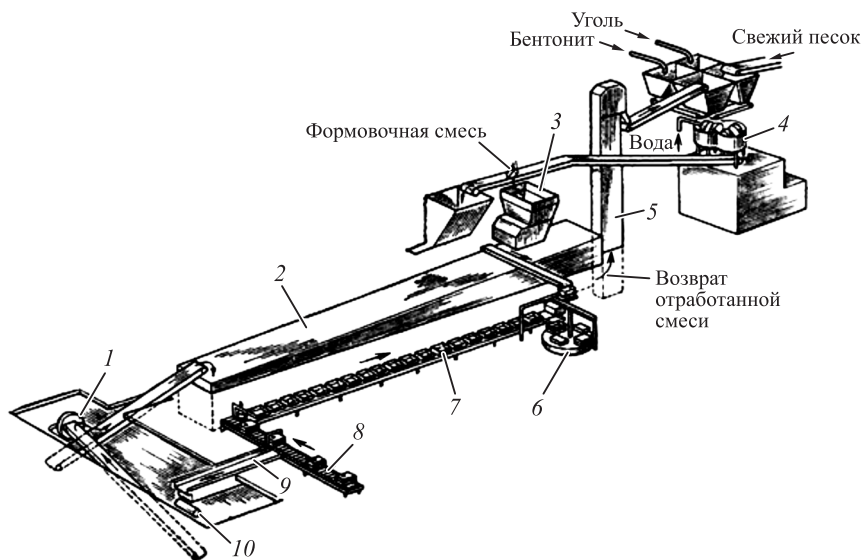


Рис. 4.9. Схема типовой центральной смесеприготовительной системы:

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

В цехах с поточным механизированным производством отливок, потребляющих большое количество одинаковых по составу смесей, приготовление их осуществляют в центральном смесеприготовительном отделении. Машины, транспортеры и устройства для переработки исходных материалов, приготовления смесей и передачи их к местам изготовления форм и стержней в таких цехах объединены в единую центральную смесеприготовительную систему (ЦСС) (рис. 4.9) с автоматическим управлением.

Контрольные вопросы и задания

1. Каковы принципы выбора способов изготовления форм?
2. Перечислите операции, учитываемые при разработке технологии изготовления отливки.
3. Какой способ изготовления отливок применяется при мелкосерийном, серийном и массовом производстве отливок, требующих сложной механической обработки?
4. Опишите назначение и состав литниково-питающей системы.
5. Произведите расчет литниковой системы для чугунной отливки массой 40 кг, толщиной стенок 12 мм.
6. Перечислите и охарактеризуйте классы прочности и точности изготовления деревянных моделей.
7. Дайте характеристику газифицируемых моделей и назовите условия их применения.
8. Каков состав стержневой оснастки?
9. Перечислите достоинства вытряхных ящиков и назовите условия их применения.
10. Охарактеризуйте условия применения деревянных, металлических и пластмассовых стержневых ящиков.
11. Каковы особенности конструкции стержневых ящиков для пескоструйно-пескострельного способа изготовления стержней?
12. Перечислите этапы технологии смесеприготовления и охарактеризуйте их.
13. Опишите технологию гомогенизации формовочной смеси.
14. Опишите технологию приготовления формовочных смесей в катковом смесителе непрерывного действия.

Глава 5. РУЧНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ

Ручная формовка является старейшим способом производства литейных форм. Она широко применяется в условиях мелкосерийного или индивидуального производства в случае изготовления *разовых*

и *единичных форм*, при создании уникальных отливок. Использование для изготовления форм современных материалов позволяет получать высококачественные отливки практически любой степени сложности.

На практике применяются различные технологические методы ручного изготовления форм. Наиболее распространена формовка в парных опоках *по неразъемным и разъемным моделям, с песчаным болваном, с применением подрезки, с фальшивой опокой, с отъемными частями, с применением стержня-лепешки, из песчано-жидкостекольных смесей с продувкой углекислым газом*. Кроме того, для изготовления крупных, единичных и уникальных отливок применяются специальные способы формовки. При этом в качестве формовочных могут быть использованы единые и многорецептурные составы песчано-глинистых и химически твердеющих смесей.

5.1. Ручное изготовление форм в парных опоках

5.1.1. Формовка по неразъемной модели

Формовка по неразъемной модели привлекательна тем, что неразъемные модели относительно просты и дешевы в изготовлении. Особенностью такой формовки является то, что основание отливки и модели ровное и совпадает с плоскостью разъема формы, вся отливка размещается в одной полуформе, а другая полуформа образует плоскую поверхность разъема.

Для формовки нижней полуформы выполняют следующие технологические операции (рис. 5.1):

1) модель отливки *1* устанавливают на подопочную плиту *2* (рис. 5.1, *а*) так, чтобы расстояние между стенкой опоки и моделью было не менее 25 мм. Модель покрывают разделительным покрытием, чтобы предотвратить прилипание к ней формовочной смеси. Обычно используют облицовочную и наполнительную смеси;

2) модель отливки, установленную на подопочную плиту вместе с опокой *3*, покрывают слоем просеиваемой через сито облицовочной смеси толщиной 15–20 мм для мелких и 30–40 мм для крупных отливок (рис. 5.1, *б*);

3) оставшийся объем опоки заполняют наполнительной смесью в несколько приемов слоями толщиной 50–70 мм (рис. 5.1, *в*);

4) уплотняют наполнительную смесь ручной формовочной трамбовкой *4* (рис. 5.1, *г*);

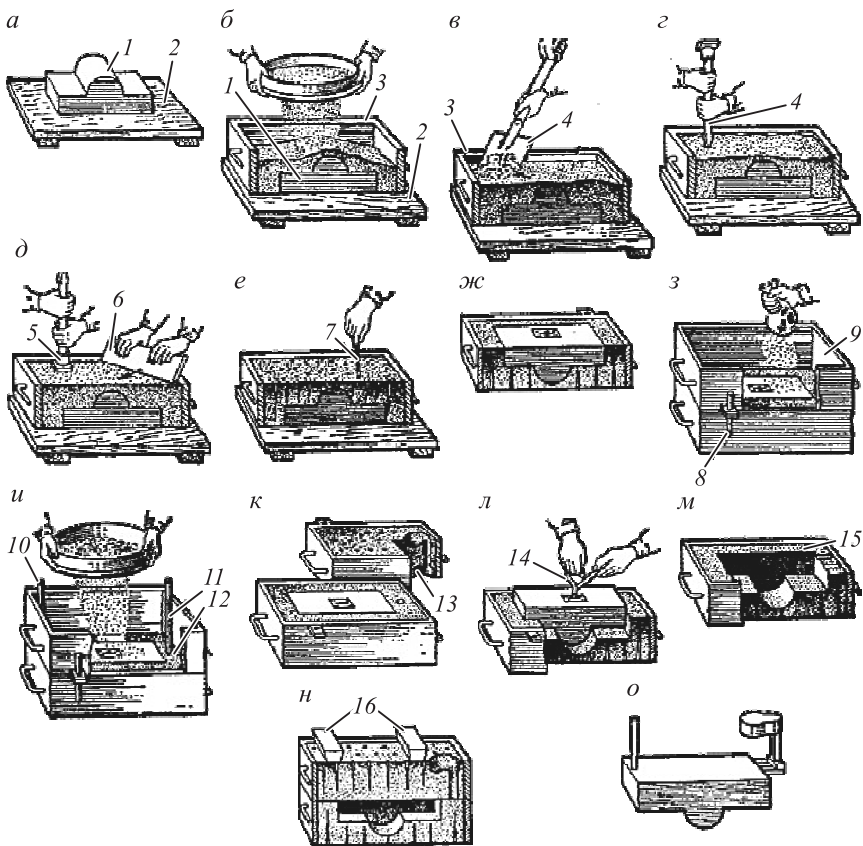


Рис. 5.1. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки в парных опоках по неразъемной модели (а–о):

1 – модель; 2 – подопочная плита; 3 – опока; 4 – инструменты формовщика; 5 – трамбовка; 6 – линейка; 7 – вентиляционная игла; 8 – центрирующие штыри; 9 – верхняя опока; 10 – модель выпора; 11 – модель стояка; 12 – модель коллектора; 13 – верхняя полуформа; 14 – подъемник; 15 – поверхность рабочей полости формы; 16 – груз

5) верхний слой уплотняют башмаком трамбовки 5. Излишек смеси счищают линейкой 6 вровень с кромками опок, образуя поверхность, называемую контрладом (рис. 5.1, д);

6) накалывают вентиляционной иглой 7 вентиляционные каналы, не доходящие до модели на 10–15 мм (рис. 5.1, е);

7) готовую нижнюю полуформу вместе с заформованной в ней моделью поворачивают на 180° (рис. 5.1, ж);

8) на нижнюю полуформу по центрирующим штырям 8 устанавливают верхнюю опоку 9 (рис. 5.1, з). Плоскость разъема (лад) присыпают мелким разделительным песком с целью предотвращения слипания формовочной смеси нижней и верхней полуформ;

9) в верхней опоке устанавливают модели элементов литниковой системы (выпора 10, стояка 11, коллектора 12), насеивают слой облицовочной смеситак, чтобы он закрыл модель (рис. 5.1, и), после чего весь объем верхней опоки заполняют наполнительной формовочной смесью и уплотняют ее. Излишек смеси срезают, делают вентиляционные каналы, прорезают литниковую чашу и извлекают модели стояка и выпора;

10) готовую верхнюю полуформу 13 снимают (рис. 5.1, к), поворачивают ладом вверх и осматривают;

11) специальным подъемником 14 извлекают модель, слегка расталкивая ее для облегчения выемки (рис. 5.1, л). Форму осматривают, исправляют поврежденные места специальным формовочным инструментом (гладилками, ланцетами);

12) при изготовлении чугунных отливок отделанную поверхность рабочей полости формы 15 (рис. 5.1, м) присыпают древесноугольным порошком, каменноугольной пылью или окрашивают сразу после сушки для улучшения качества поверхности отливок;

13) собирают полуформы по центрирующим штырям 8 и устанавливают груз 16 (рис. 5.1, н), после чего производят заливку;

14) после охлаждения залитой формы ее разбирают и извлекают готовую отливку (рис. 5.1, о).

5.1.2. Формовка по разъемной модели

Формовка по разъемной модели является наиболее распространенной при изготовлении различных по конфигурации отливок. Для этого способа формовки применяют модели с горизонтальной плоскостью разъема, совпадающей с плоскостью разъема формы. Например, форму для отливки шкива (рис. 5.2, а) по разъемной модели (рис. 5.2, б) получают в такой последовательности:

1) на модельную плиту 3 устанавливают нижнюю половину модели без шипов 1, нижнюю опоку 5. Припыливают модель разделительным составом, заполняют опоку формовочной смесью 4 (рис. 5.2, в);

2) уплотняют смесь трамбовкой, срезают излишки смеси и выполняют вентиляционные каналы (рис. 5.2);

3) кантуют нижнюю полуформу, устанавливают на ровную площадку;

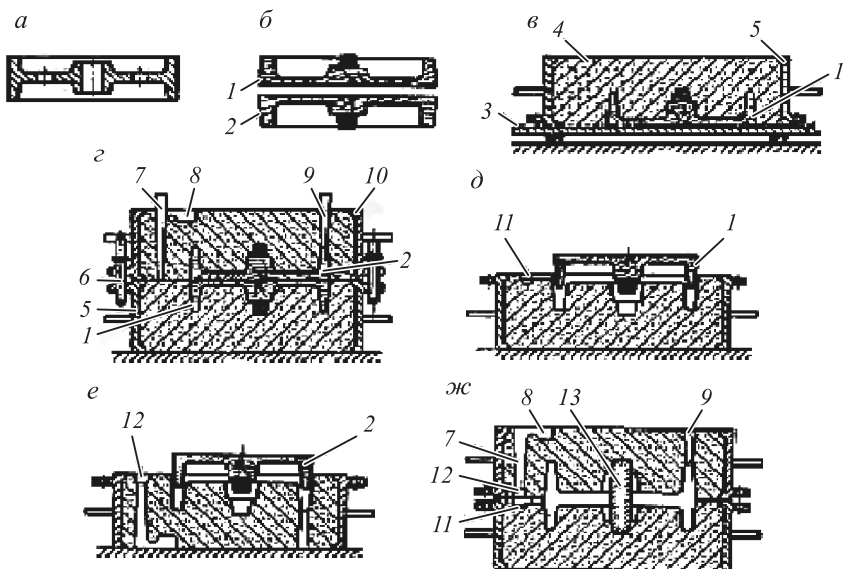


Рис. 5.2. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки в парных опоках по разъемной модели (а–ж):

1, 2 – половинки модели; 3 – модельная плита; 4 – формовочная смесь; 5 – нижняя опока; 6 – штыри; 7 – модель стояка; 8 – литниковая чаша; 9 – модель выпора; 10 – верхняя опока; 11 – питатели; 12 – шлакоуловители; 13 – стержень

4) на нижнюю половинку модели 1 по шипам устанавливают верхнюю половинку модели 2, на нижнюю опоку 5 по штырям 6 накладывают верхнюю опоку 10;

5) в верхнюю опоку устанавливают модели стояка 7 и выпора 9, припыливают модели и насыпают формовочную смесь;

6) уплотняют смесь, выполняют вентиляционные каналы;

7) из верхней полуформы извлекают модели стояка, выпора и вырезают литниковую чашу 8, поднимают и кантуют верхнюю полуформу (рис. 5.2, з);

8) из нижней (рис. 5.2, д) и верхней (рис. 5.2, е) полуформ извлекают модели, прорезают каналы для поступления расплава – питатели 11 и шлакоуловители 12;

9) в нижнюю полуформу (рис. 5.2, ж) устанавливают стержень 13, выполняют подрезку по контуру нижней опоки и собирают форму, скрепляя полуформы между собой.

В случае, когда верхняя плоскость отливки, размещенной в нижней опоке, может применяться без обработки, после зачистки или после незначительной механической обработки резанием (например, основание

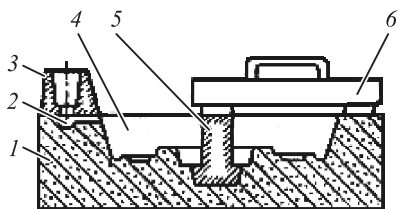


Рис. 5.3. Устройство формы с размещением отливки в нижней открытой опоке: 1 – нижняя полуформа; 2 – питатель; 3 – литниковая чаша; 4 – полость формы; 5 – стержень; 6 – груз

поворотного стола), отливки выполняют в одной опоке с использованием открытых форм (рис. 5.3).

Заливку расплава осуществляют непосредственно в полость формы 4 или через небольшую литниковую чашу 3. Литье в открытые формы позволяет увеличить выход годного за счет отсутствия литниковой системы, уменьшить расход формовочной смеси, снизить трудоемкость работ. По такой технологии, например, отливают вагонные тормозные колодки.

5.1.3. Формовка с песчаным болваном

Песчаными болванами называют выступающие или свисающие части формы, по которым в процессе формовки получают открытые углубления и полости в отливке. Такие углубления можно получать и по стержням, но изготовление стержней повышает стоимость отливки и усложняет процесс сборки формы.

Формовку с песчаным болваном (рис. 5.4) ведут как обычно, но в процессе уплотнения болван тщательно укрепляют крючками и обеспечивают надежную вентиляцию его объема. Как правило, размещают

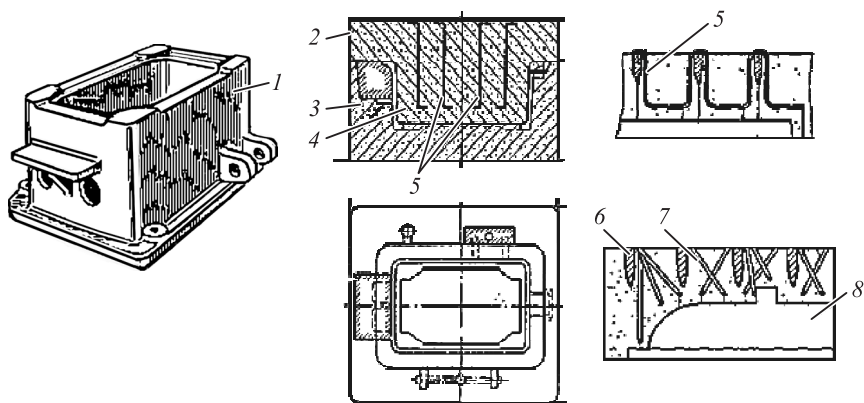


Рис. 5.4. Элементы формы с песчаным болваном: 1 – отливка; 2 – верхняя полуформа; 3 – нижняя полуформа; 4 – песчаный болван; 5 – крючки; 6 – крестовина опоки; 7 – колышки (солдатики); 8 – модель

болваны в нижней полуформе. Так, для литья передней ножки токарного станка 1 внутренняя полость формы образована песчаным болваном 4. Вначале изготавливают нижнюю полуформу 3, кантуют ее, а при изготовлении верхней полуформы 2 тщательно укрепляют болван крючками 5, подвешенными к крестовине опоки 6. Выступающие и свисающие части формы укрепляют с помощью стальных крючков, колышков, солдатиков. Крючки или колышки устанавливают в места, подлежащие укреплению. Стальные крючки навешивают на ребра жесткости, крестовину опоки, с наклоном в разные стороны, колышки (солдатики) 7 устанавливают для укрепления выступающих частей в сырых и подсушиваемых формах.

После выполнения вентиляционных каналов снимают верхнюю опоку, после удаления модели 8 и установки стержня верхнюю опоку ставят на место и готовят форму к заливке. Песчаные болваны широко применяют при различных способах формовки, рассматриваемых ниже.

5.1.4. Формовка с применением подрезки

Формовку с подрезкой выполняют, как правило, по неразъемной модели или непосредственно по образцу детали сложной конфигурации, которые не имеют горизонтальной плоскости, необходимой для укладки их на модельный щиток. При изготовлении нижней полуформы смесь попадает в замкнутое пространство между моделью и щитком, поэтому после поворота опоки извлечь модель из формы без разрушения смеси невозможно. Для извлечения модели из формы удаляют часть смеси, препятствующую съему модели, т.е. делают подрезку, обеспечивая при этом необходимые уклоны поверхностей формы.

Неразъемную модель 3 и нижнюю опоку 1 (рис. 5.5, а) устанавливают на подопочную плиту и формируют нижнюю полуформу 4. Затем ее поворачивают на 180° и с помощью гладилки или ланцета срезают ту часть формовочной смеси, которая мешает беспрепятственному извлечению модели (рис. 5.5, б). Эта операция называется подрезкой, и в результате ее выполнения разъем формы становится не плоским, а фасонным.

Далее на нижнюю опоку 1 устанавливают верхнюю опоку 7, в которой размещают модели литниковой системы, и формируют верхнюю полуформу по ранее изложенной технологии. Затем модель 3 из нижней опоки удаляют, форму отделяют и собирают для заливки (рис. 5.5, в).

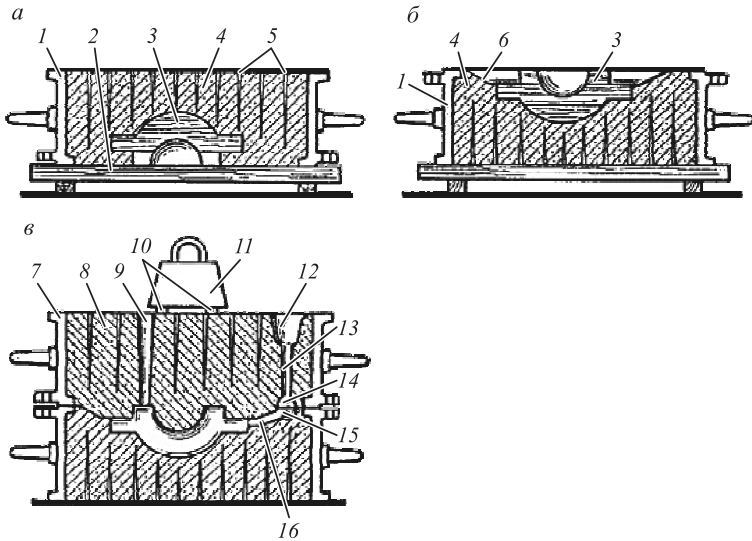


Рис. 5.5. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки в двух опоках с применением подрезки:

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

5.1.5. Формовка с фальшивой опокой

Подрезка увеличивает трудоемкость процесса формовки, поэтому используют способ формовки с фальшивой опокой (рис. 5.6). Такой способ применяют при изготовлении небольшой партии отливок. Фальшивая опока является своеобразной фигурной модельной плитой, позволяющей не выполнять подрезку на каждой изготавливаемой форме. Пустую опоку ставят на щиток разъемом вниз и плотно набивают смесью. Перевернув опоку, на плоскости разъема вручную вырезают фасонное углубление, в которое укладывают модель. При этом делают плавный переход от углубления к плоскости разъема, как при подрезке. Плоскость разъема посыпают сухим песком. Таким образом изготавливают фальшивую опоку. Затем формовку ведут в обычной последовательности.

На фальшивую опоку 1 устанавливают нижнюю опоку 2. Заполнив нижнюю опоку формовочной смесью, ее кантуют (вместе с моделью), чтобы установить верхнюю опоку 3, а фальшивую опоку 1 используют для изготовления следующих форм. Если фальшивую опоку применяют для выпуска больших партий деталей, ее изготавливают из дерева или гипса.

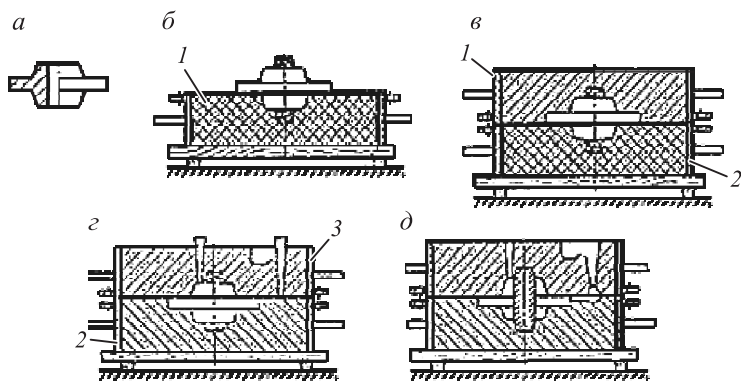


Рис. 5.6. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки с фальшивой опокой:

а – деталь; б – изготовление фальшивой опоки; в – изготовление нижней полуформы; г – изготовление верхней полуформы; д – собранная форма; 1 – фальшивая опока; 2 – нижняя опока; 3 – верхняя опока

При формовке отливки катка сложного профиля по деревянной модели с верхней отъемной частью (рис. 5.7) вместо фальшивой опоки используют деревянную фасонную модельную плиту. При формовке

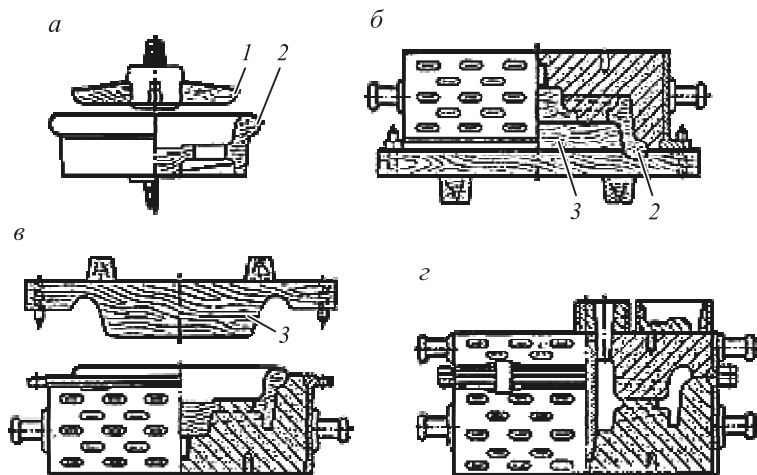


Рис. 5.7. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки с фасонной модельной плитой:

а – модель; б – изготовление нижней полуформы; в – съем плиты; г – собранная форма; 1 – отъемная часть модели; 2 – модель; 3 – модельная плита

нижней опоки на модельную плиту 3 устанавливают модель 2. После уплотнения смеси нижнюю опоку с деревянной плитой переворачивают, снимают плиту, устанавливают верхнюю отъемную часть модели 1 и продолжают формовку в обычной последовательности.

5.1.6. Формовка с отъемными частями

Отливка нередко имеет различные бобышки, пластики и другие выступающие части. Если изготовить модель такой отливки как одно целое, то ее невозможно будет удалить из формы, не разрушив самой формы. Поэтому для удобного извлечения модели из формы выступающие части модели выполняют отъемными (рис. 5.8).

Выступающие отъемные части 1, 5 прикрепляют к деревянной модели 2 шпильками 4. Крепление отъемных частей шпильками несколько меняет процесс формовки. При изготовлении нижней полуформы 3 сначала заполняют опоку смесью до выступающих частей, затем плотно обминают смесь вокруг них и осторожно извлекают шпильки, крепящие отъемные части к модели. Изготовление верхней полуформы 7 и все последующие операции выполняют как обычно. При извлечении модели отъемные части остаются в форме, из которой их вынимают отдельно.

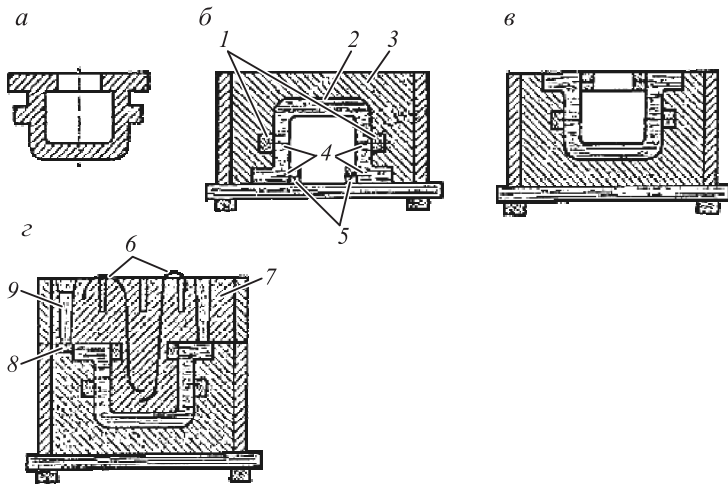


Рис. 5.8. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки по модели с отъемными частями:

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

5.1.7. Формовка с применением стержня-лепешки

Некоторые формы, например для отливки колена с двумя плоскостями разреза, изготавливают с применением стержня-лепешки (рис. 5.9). Для выполнения формы *обычным способом* делают два разреза: один – по оси основного патрубка 1, второй – по фланцу 3. При *формовке со стержнем-лепешкой* достаточно одного разреза. Фланец 3 на нижней половине модели делают отъемным, причем знаковая часть 2 модели проходит через отверстие во фланце 3.

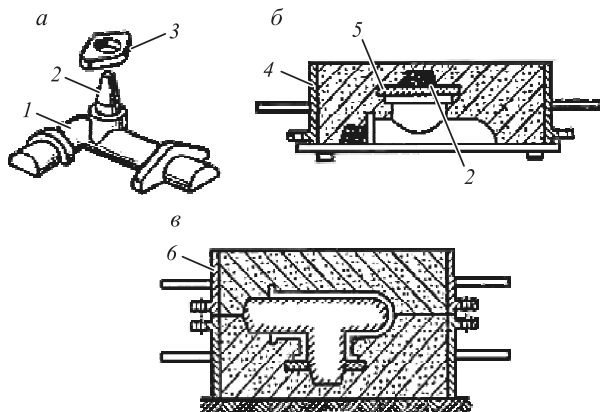


Рис. 5.9. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки с применением стержня-лепешки:

a – нижняя часть модели с отъемным фланцем; *б* – изготовление нижней полуформы; *в* – собранная форма; 1 – модель патрубка; 2 – знаковая часть модели; 3 – фланец; 4 – опока; 5 – стержень-лепешка; 6 – верхняя опока

Вначале уплотняют смесь в нижней опоке 4, а когда смесь доходит до верхнего уровня фланца, закрывают фланец стержнем-лепешкой 5, надевая его на знаковую часть модели. Затем заполняют опоку смесью до верхнего края стержня-лепешки, извлекают его и модель фланца, устанавливают на место стержень-лепешку и заканчивают изготовление нижней полуформы. После этого кантуют нижнюю опоку и укрепляют на ней верхнюю часть модели и верхнюю опоку 6. Изготовив верхнюю полуформу, разъединяют опоки и удаляют обе части модели, причем нижняя часть модели без фланца удаляется легко.

5.1.8. Формовка из песчано-жидкостеклянных смесей с продувкой углекислым газом

В настоящее время в химически затвердевающих формах получают самые разнообразные высококачественные отливки из серого чугуна, стали и цветных сплавов массой до 170 т.

При ручном изготовлении форм по CO_2 -процессу применяют все вышерассмотренные способы формовки, а технологические операции выполняют в той же последовательности, что и при использовании обычных смесей. Особенности CO_2 -процесса заключаются в основном в подготовке модельной оснастки и продувке смеси углекислым газом. При подготовке модельной оснастки на нее перед формовкой наносят защитный слой серебристого графита, смоченного в керосине для снижения прилипаемости смеси к поверхностям моделей и стержневых ящиков. Формовку осуществляют с использованием как единой песчано-жидкостекольной смеси, так и двухкомпонентной: облицовочной с толщиной слоя 30–50 мм и наполнительной песчано-глинистой. Заполнение и упрочнение осуществляют обычными способами.

Продувку углекислым газом производят под давлением 6 МПа.

Углекислый газ подается в цех в стальных баллонах (черного цвета) или централизованно по трубам в цеховую сеть. Расход углекислого газа составляет 10–12 кг на 1 т отливки. Продувка форм углекислым газом в литейных цехах осуществляется несколькими способами: через каналы – наколы на рабочей поверхности, образованные вентиляционной иглой; через полую модель и предусмотренные в ее стенках отверстия; путем введения углекислого газа под зонт (рис. 5.10). Толщина продуваемого слоя рабочей поверхности формы чаще всего составляет 5–20 мм. Преимуществом метода химического упрочнения форм является сокращение цикла изготовления отливок за счет устранения длительного процесса сушки, высвобождение производственных площадей, занятых сушильными агрегатами, а также получение литейных форм, рабочие поверхности которых не искажаются в процессе сушки, что обеспечивает получение отливок повышенной точности.

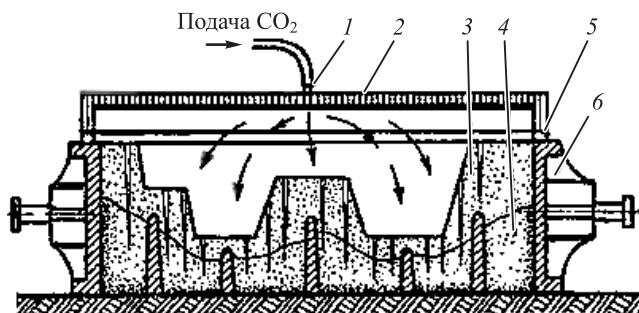


Рис. 5.10. Технологический процесс химического упрочнения литейной формы путем продувки углекислым газом:

1 – сопло; 2 – зонт; 3 – облицовочная жидкостекольная смесь; 4 – наполнительная формовочная смесь; 5 – слой губчатой резины в основании зонта; 6 – полуформа

5.2. Формовка в трех опоках

Детали, для изготовления которых необходимы две плоскости разреза, формуют в трех опоках (рис. 5.11). При изготовлении катка с двумя ребрами в трех опоках по разъемной модели и с отъемным нижним знаком (рис. 5.11, а) для формовки используют среднюю опоку, ширина которой соответствует ширине катка. Формовку начинают с изготовления средней части формы 2 (рис. 5.11, б). После заглаживания и присыпки песком плоскости разреза сверху устанавливают опоку 3 и уплотняют смесь (рис. 5.11, в). Кантуют обе опоки вместе, отделяют плоскость разреза и, установив модели выпора 4 и стояка 5, уплотняют смесь в верхней опоке 1 (рис. 5.11, г), вырезают литниковую чашу, извлекают стояки, снимают верхнюю опоку, верхнюю часть модели и среднюю опоку, извлекают вторую часть модели. Затем полуформы отделяют и собирают форму под заливку (рис. 5.11, д).

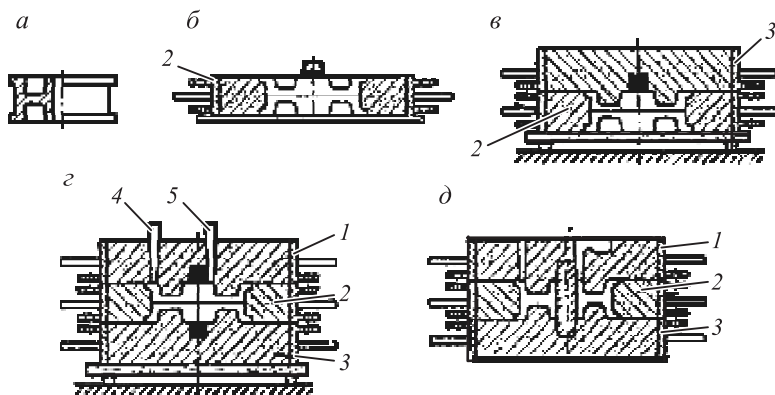


Рис. 5.11. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки в трех опоках:

а – деталь; б – изготовление средней части формы; в – изготовление нижней части формы; г – изготовление верхней части формы; д – собранная форма; 1, 3 – опоки; 2 – средняя часть формы; 4 – модель выпора; 5 – модель стояка

5.3. Почвенная формовка

Формовку в почве применяют в единичном или мелкосерийном производстве для изготовления отливок, габаритные размеры и конфигурация которых таковы, что формовка в опоках невозможна или экономически нецелесообразна. Формовку в почве осуществляют в ямах, сде-

ланных непосредственно в полу литейного цеха, или в глубоких бетонированных кессонах, изолирующих форму от проникновения в нее грунтовых вод.

5.3.1. Формовка по мягкой постели

Формовку по мягкой постели (рис. 5.12) применяют при получении небольших по высоте форм. Для изготовления плоских отливок яму заполняют наполнительной формовочной смесью 9, а затем облицовочной формовочной смесью 7 и равномерно уплотняют. На подготовленную постель кладут модель 4 и осаживают ее до уровня пола. Далее уплотняют смесь вокруг модели, в форме делают вентиляционные каналы 1, после чего вынимают модель 4 с помощью подъема 3. Прорезают литниковую чашу 6 и литниковый канал-питатель 5 для подвода расплава в полость формы, а с противоположной стороны – приемную чашу 2 для перетекания излишнего расплава.

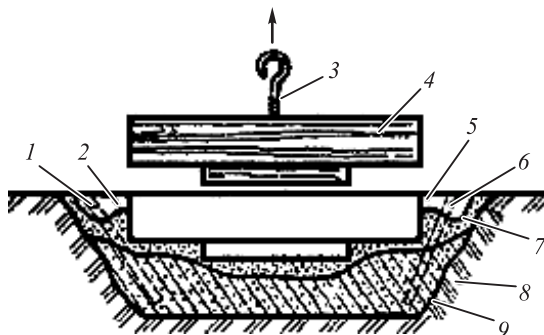


Рис. 5.12. Технологический процесс изготовления открытой формы по мягкой постели: 1 – вентиляционный канал; 2 – приемная чаша; 3 – подъем; 4 – модель; 5 – питатель; 6 – литниковая чаша; 7 – облицовочная формовочная смесь; 8 – почва формовочного плаца; 9 – наполнительная формовочная смесь

Такая форма называется открытой. Для получения более качественной поверхности верхней части отливки изготавливают закрытую форму, выполняя верхнюю часть в опоке.

5.3.2. Формовка по твердой постели

Формовку по твердой постели (рис. 5.13) применяют для изготовления крупных и сложных отливок. Нижнюю часть ямы 1 заполняют высокогазопроницаемым прочным пористым кусковым материалом,

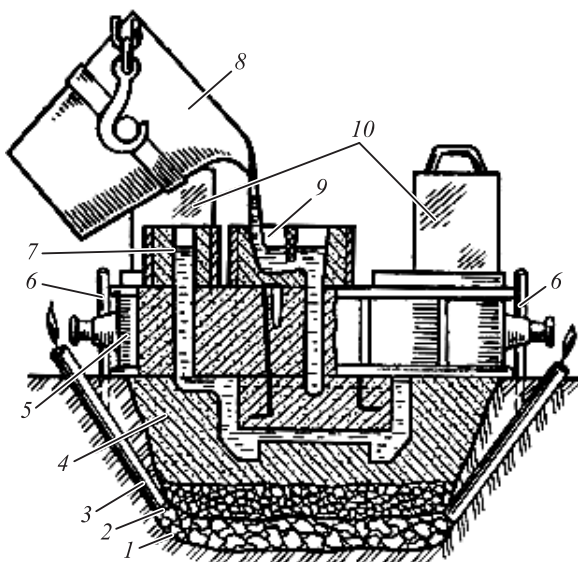


Рис. 5.13. Устройство формы, изготовленной по твердой постели:

1 – яма для изготовления формы; 2 – слой кокса; 3 – трубы для отвода газа; 4 – выполненная в почве нижняя часть формы; 5 – опока; 6 – кольшкы для фиксации положения верхней части формы; 7 – надставка выпора; 8 – заливочный ковш; 9 – надставка с литниковой чашей; 10 – грузы

обычно коксом 2. Для отвода образующихся при заливке газов наряду с высокогазопроницаемой коксовой постелью служат две газоотводные трубы 3. Нижнюю часть формы 4 изготавливают по модели с тщательным уплотнением смеси вокруг нее. Верхнюю часть формы делают съемной, в опоке 5, положение которой фиксируется кольшкыми 6.

При сборке формы для заливки устанавливают надставки с верхней частью выпора 7, литниковой чашей 9, а также грузы 10 во избежание подъема опоки расплавом.

5.3.3. Формовка в кессоне

Для предупреждения попадания почвенных вод формы для крупногабаритных отливок изготавливают в специально устраиваемых ямах – кессонах (рис. 5.14). Для изготовления кессона в плацу цеха подготавливают яму, выкладывают ее кирпичной кладкой 5, устанавливают чугунные плиты 3 (с отверстиями для отвода газов), ограничивающие объем уплотняемой формовочной смеси 4. В стенах кирпичной кладки

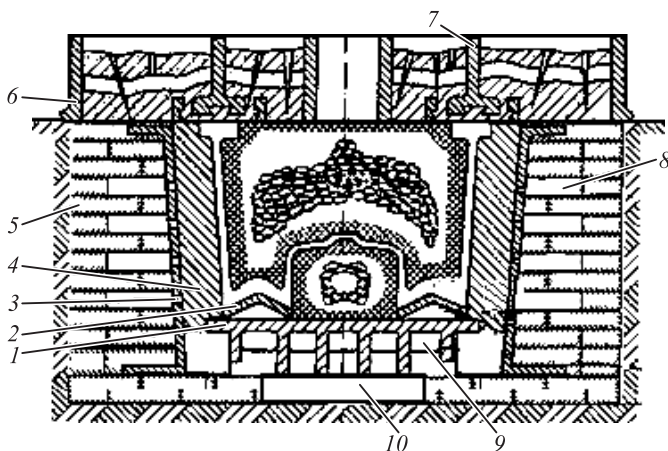


Рис. 5.14. Устройство кессонной формы:

1 – плита; 2 – холодильники; 3 – чугунные плиты; 4 – формовочная смесь; 5 – кирпичная кладка; 6 – верхняя опока; 7 – крестовина; 8 – каналы; 9 – газоотводящие каналы; 10 – вентиляционная полость

выполнены каналы 8, идущие по всей длине кладки, и многочисленные мелкие каналы диаметром 6–7 мм. Через эти каналы вентилятором обеспечивается принудительная циркуляция воздуха в процессе заливки и охлаждения формы. Принудительное охлаждение формы позволяет одновременно с сокращением цикла охлаждения отливок увеличить скорость охлаждения отдельных их частей, что обеспечивает получение плотной структуры металла в ответственных узлах отливки.

В нижней части кессона выше кирпичной кладки изготавливается твердая постель с чугунной пустотелой плитой 1, газоотводящие каналы 9 которой сообщаются с вентиляционной полостью 10. Массивная подошва станины, расположенная в верхней части формы, охлаждается за счет специальных утолщений крестовин 7, расположенных на расстоянии 20–25 мм от подошвы.

Технология формовки в кессоне заключается в установке на плиту 1 модели, заполнении его жидкостекольной самотвердеющей смесью, уплотнении ее, отверждении. После этого осуществляют формовку верхней опоки 6. Затем из кессона и верхней полуформы извлекают модель, на плите 1 размещают холодильники 2, окрашивают полость формы противопригарной краской и высушивают. Далее в кессон устанавливают стержни, покрывают его верхней полуформой, производят пригрузку собранной формы и заливку ее расплавом.

5.4. Специальные способы формовки

5.4.1. Формовка по вращающимся шаблонам

Формовку по вращающимся шаблонам (рис. 5.15) применяют при изготовлении крупных единичных отливок, имеющих форму тел вращения с простыми очертаниями, – дисков, чаш, крышек, котлов, шкивов, маховиков и т.д. При этом способе вместо моделей используют шаблоны, представляющие собой деревянные профили, вырезанные из доски или фанеры. Наиболее распространены шаблоны, вращающиеся вокруг вертикального шпинделя (оси). Формовку по шаблону обычно ведут в почве.

Для получения отливки «крышка» используют два шаблона. После установки стального шпинделя в строго вертикальное положение в яму насыпают формовочную смесь соответственно форме шаблона и уплотняют ее. Установив шаблон 1 и вращая его, снимают излишек смеси до получения поверхности, соответствующей наружным очертаниям отливки (рис. 5.15, а). Применяя полученную поверхность как модель, формируют в опоке 2 верхнюю часть формы 3 (рис. 5.15, б), фиксируя ее положение кольшками 5. Опоку с верхней полуформой снимают крапом и отводят

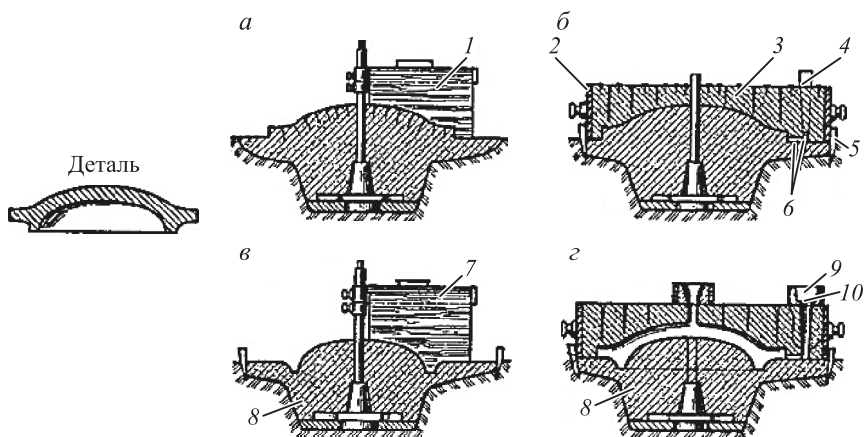


Рис. 5.15. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки в почве по вращающимся шаблонам:

а – подготовка поверхности для формовки наружного контура отливки; б – изготовление верхней части формы в опоке; в – изготовление нижней части формы, г – собранная для заливки форма; 1 – первый шаблон; 2 – опока; 3 – верхняя часть формы; 4 – модель стояка; 5 – кольшки, фиксирующие положение опоки; 6 – модели коллектора и питателя; 7 – второй шаблон; 8 – нижняя часть формы; 9 – надставка с литниковой чашей; 10 – надставка с верхней частью выпора

в сторону, после чего на шпиндель устанавливают шаблон 7 и снимают им часть формовочной смеси, образуя контур внутренней поверхности отливки (рис. 5.15, в).

После изготовления нижней части формы 8 шпиндель убирают, оставленное им отверстие заделывают формовочной смесью, устанавливают по колышкам опоку с верхней частью формы, надставки с выпором 9 и литниковой чашей 10 (рис. 5.15, з) и производят заливку.

5.4.2. Формовка по протяжным шаблонам

Формовку по протяжным шаблонам (рис. 5.16) применяют при изготовлении крупных единичных отливок, имеющих постоянное

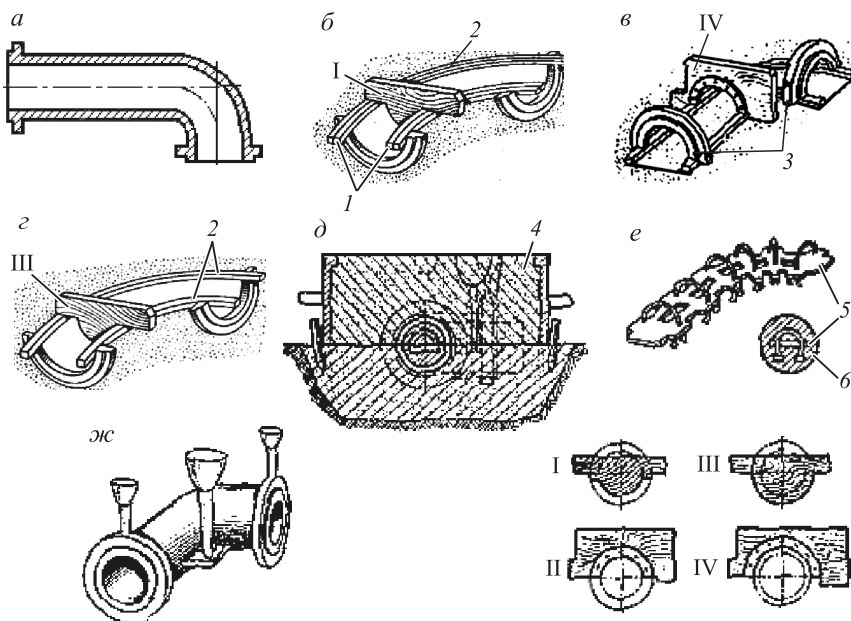


Рис. 5.16. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки по протяжным шаблонам:

а – схема отливки; б – расположение шаблона при изготовлении половины стержневого ящика; в – расположение шаблона при изготовлении верхней части песчаной модели; г – расположение шаблона при изготовлении нижней части формы; д – собранная форма; е – шаблоны и каркас стержня; жс – отливка с литниками; I, II, III, IV – шаблоны; 1 – отъемные планки; 2 – рамка; 3 – половинки моделей фланцев; 4 – верхняя полуформа; 5 – чугунный каркас; 6 – стержень

сечение – труб, патрубков, колен и т.д. Протяжной шаблон – это скребок, который протягивается вдоль направляющих реек. Пользуясь им, можно без модели получить не только форму, но и стержень.

При изготовлении формы для литья колена трубы полость формы выполняют шаблонами III и IV, половинками моделей фланцев 3 и рамкой 2, а для изготовления стержня используют шаблоны I и II и рамку 2 с отъемными планками 1, толщина которых равна толщине детали. Сначала шаблоном I и рамкой 2 с отъемными планками 1 выполняют в постели половину контура внутренней поверхности трубы, т.е. образуют половину песчаного стержневого ящика. Его посыпают разделительным составом и, вставив для прочности литой чугунный каркас 5, формируют стержневой смесью. Так получают нижнюю половину стержня.

После удаления рамки на изготовленную половину стержня насыпают смесь в виде гряды, уплотняют ее и, пользуясь шаблоном IV, превращают ее в модель наружной поверхности верхней половины отливки. Затем устанавливают опоку и изготавливают верхнюю полуформу 4. Для этого модель посыпают разделительным песком, размещают на своих местах две половинки моделей фланцев, устанавливают верхнюю опоку и формируют ее. Верхнюю полуформу 4 снимают, устанавливают рамку 2 со снятыми отъемными планками 1 и шаблоном II формируют верхнюю половину стержня, удаляя смесь со стержня, по которому была отформована верхняя полуформа 4. Стержень 6 извлекают, отделяют, красят и сушат. В песчаном стержневом ящике устанавливают половинки моделей фланцев 3, рамку 2 и шаблоном III выполняют контур нижней полуформы. После этого, сняв рамку и удалив модели фланцев, отделяют полуформу, устанавливают стержень и подготавливают форму к заливке.

5.4.3. Формовка по скелетным моделям

Формовка по скелетным моделям (рис. 5.17) представляет собой комбинацию формовки по скребковым шаблонам и моделям. Применяют этот способ формовки для изготовления очень крупных отливок, конфигурация которых позволяет получать большую часть поверхности с помощью шаблонов.

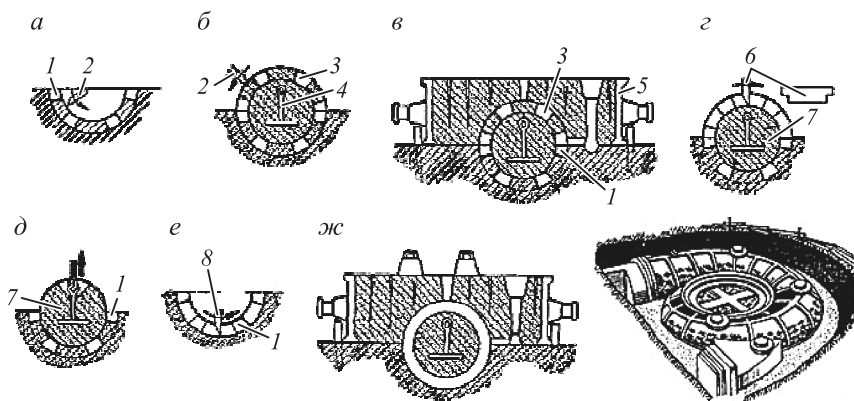


Рис. 5.17. Последовательность выполнения технологических операций ручной формовки по скелетным моделям:

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

5.4.4. Формовка в стержнях

Формовку в стержнях применяют для получения отливок, имеющих сложную конфигурацию наружных и внутренних поверхностей. В данном случае рационально собирать всю форму из стержней при литье крупных и сложных отливок для металлургического оборудования, тяжелого машиностроения, судостроения, энергетики, станкостроения и т.д. Этот вид формовки позволяет рационально сочетать механизированное изготовление стержней и сборку форм, что значительно повышает производительность труда формовщиков. При этом устраняется необходимость сушки крупных форм. При изготовлении стержневых форм сборку можно осуществлять различными способами.

Безжакетная формовка – форму собирают из стержней с последующим креплением снаружи специальными приспособлениями. Такие формы применяют при производстве отливок небольших размеров.

Жакетная формовка – форму собирают из стержней, устанавливая их в специальный металлический жакет, внутренние размеры которого соответствуют наружным размерам стержней. Сверху жакет можно

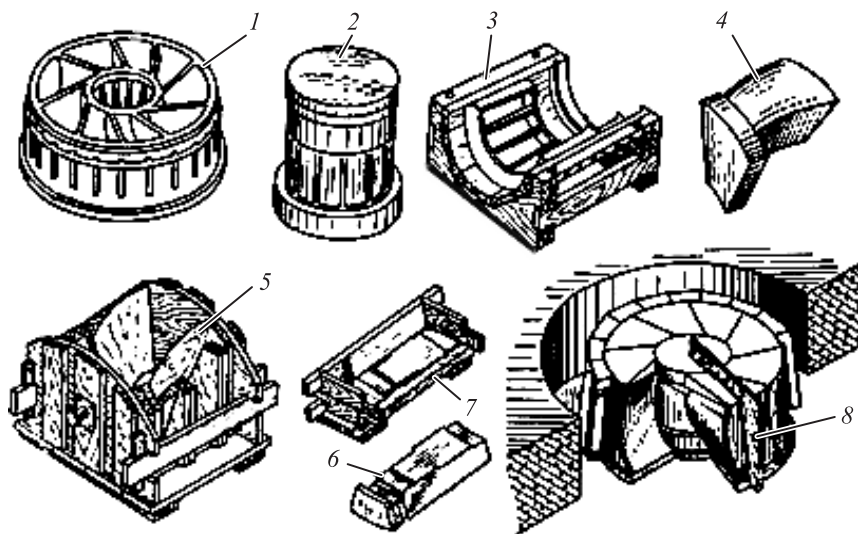


Рис. 5.18. Элементы формы в стержнях:

1 – отливка; 2 – центровой стержень; 3 – стержневой ящик для центрowego стержня; 4 – внутренние стержни, образующие лопатку; 5 – стержневой ящик для внутренних стержней; 6 – наружный стержень; 7 – ящик для изготовления наружного стержня; 8 – шаблон для сборки

перекрывать верхней опокой, что удобно при выполнении литниковой системы, или без нее.

Опочная формовка – стержни устанавливают в обычную опоку, изготовленную по упрощенной модели. Полость формы при этом заменяет жакет.

Формовка в почве – для изготовления крупных отливок форму для сборки стержней можно подготовить в почве по упрощенной модели. Форму для изготовления отливки направляющего аппарата пропеллерного насоса массой 9 т выполняют в стержнях (рис. 5.18). В котловане шаблоном выполняют плоское основание формы и знак для центрowego стержня. Вокруг центрowego стержня по шаблонам устанавливают девять стержней, образующих лопатку, а затем вокруг них восемнадцать стержней, образующих наружное кольцо отливки. При сборке все щели между стержнями заделывают и подсушивают. Пространство между наружными стержнями и стенкой котлована утрамбовывают обратной смесью и готовят форму к заливке.

5.4.5. Стопочная формовка

Стопочная формовка (рис. 5.19) применяется для изготовления небольших по размерам отливок, например поршневых колец, некоторых деталей санитарно-технической арматуры и др. Стопочная форма имеет центральный стоек, через который производят заливку всей стопки форм. Недостатком данного способа является повышенное давление расплава на нижние формы, в результате чего отливки, получаемые в них, могут иметь искажения размеров.

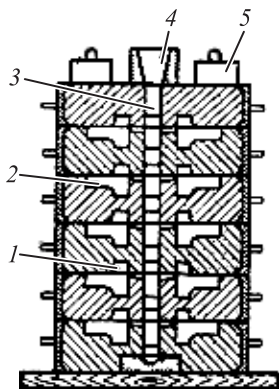


Рис. 5.19. Устройство стопочной формы:
1 – стоек; 2 – отпечаток модели верхней полуформы; 3 – отпечаток модели нижней полуформы; 4 – литниковая чаша; 5 – грузы

5.4.6. Изготовление форм из химически твердеющих оболочек

Данный способ изготовления форм (рис. 5.20) является разновидностью специальных методов ручной формовки. Технология получения формы отличается тем, что изготавливают только одну полумоделю, смонтированную на модельной плите, так как отливка симметрична.

Для продувки облицовочного слоя углекислым газом в стенках модели предусмотрены штуцера 1 и отверстия 5. На модельную плиту 4 устанавливают рамку 3 и металлический каркас оболочки. На модель наносят облицовочную смесь на жидком стекле, которую затем продувают через штуцер 1 углекислым газом. После затвердевания нижней оболочки 2 рамку снимают, а на модельную плиту 4 ставят нижнюю опоку, которую заполняют наполнительной смесью с помощью пескомета, при этом устанавливают на плиту керамику для выполнения литниковой системы 9. Нижнюю полуформу 8 с оболочкой снимают и кантуют, а на модельную плиту 4 вновь кладут рамку 3, формируют и продувают верхнюю оболочку. Затем верхнюю оболочку снимают (за каркас) с модели и устанавливают на нижнюю полуформу 8, предварительно уложив в нее стержень 7. На нижнюю опоку ставят верхнюю и набивают ее смесь пескометом. Точность установки оболочек обеспечивается штырями, для которых выполняют отверстия 6 в выступах оболочки. Внутреннюю поверхность оболочек до сборки окрашивают и подсушивают горелками. Далее форму скрепляют и поворачивают для вертикальной заливки.

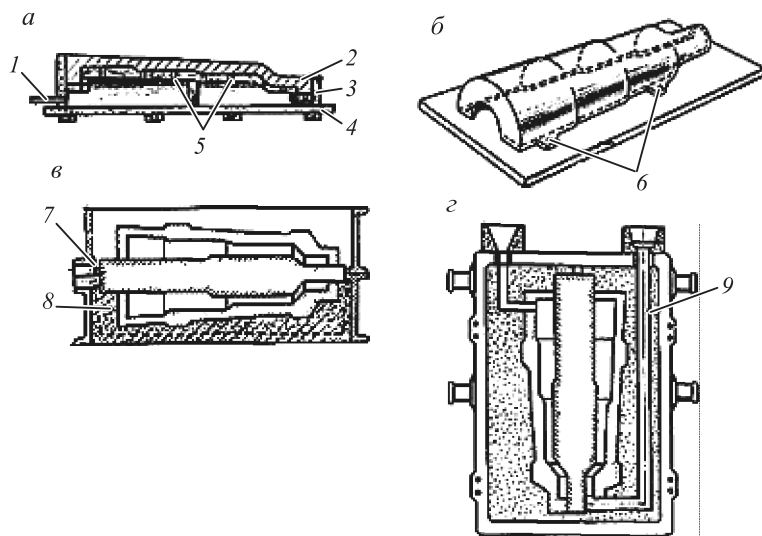


Рис. 5.20. Технология ручного изготовления форм из химически твердеющих оболочек: *а* – изготовление оболочки; *б* – оболочка, снятая с модели; *в* – положение перед набивкой верхней опоки; *г* – форма, подготовленная к заливке; 1 – стучер; 2 – нижняя оболочка; 3 – рамка; 4 – модельная плита; 5 – отверстия; 6 – отверстия в выступах оболочки; 7 – стержень; 8 – нижняя полуформа; 9 – керамика для выполнения литниковой системы

При переходе на этот метод работы резко сокращается длительность цикла изготовления отливок и уменьшаются за счет повышения точности формы припуски на механическую обработку отливок.

При изготовлении формы с применением оболочкового стержня (рис. 5.21) для стальной отливки подушки рабочей клетки наружные контуры отливки 1 выполняют оболочковой вставкой из жидкостекольной смеси 2. Из этой же смеси изготавливают оболочковый стержень 7 и выполняют облицовочный слой 4 верхней опоки 3. При изготовлении нижней полуформы *б* модель монтируют на модельной плите по специальным центрирующим штырям. Вокруг модели устанавливают разборный жакет, пространство между ним и моделью заполняют формовочной смесью. После уплотнения смесь продувают углекислым газом. Затем жакет снимают, устанавливают опоку и в полости между оболочкой и опокой уплотняют наполнительную смесь. В процессе уплотнения смеси устанавливают литниковые огнеупорные трубки 5. Модель выполняют разборной, что дает возможность получить отливку без формовочных уклонов.

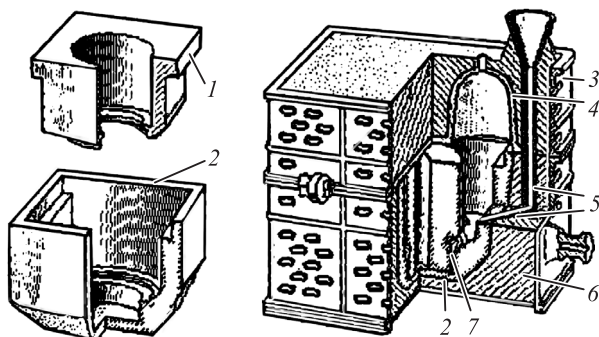


Рис. 5.21. Технология ручного изготовления формы с применением оболочкового стержня: 1 – отливка; 2 – оболочковая вставка из жидкостекольной смеси; 3 – верхняя опока; 4 – облицовочный слой; 5 – литниковые огнеупорные трубки; 6 – нижняя полуформа; 7 – оболочковый стержень

После раздельного изготовления на модельной плите верхней полуформы, удаления из нее модели и продувки облицовочного слоя 4 углекислым газом в нижнюю полуформу 6 устанавливают оболочковый стержень 7, затем форму собирают.

5.4.7. Формовка по газифицируемым моделям

Данный способ формовки (рис. 5.22) наиболее распространен в единичном и мелкосерийном производстве отливок массой от 5–10 кг до 15–20 т из различных сплавов, прежде всего из чугуна и стали. Модель отливки 7 изготавливают из вспененного полистирола и соединяют склеиванием с моделями литниково-питающей системы 11, 12, 13 из того же материала. Для получения качественной поверхности отливки модели часто покрывают слоем противопригарной краски. Для изготовления форм могут быть использованы различные формовочные смеси, в том числе ЖСС, а также сухой песок.

Особенностью процесса является то, что модель, заформованная в опоку, не извлекается из формы, а газифицируется (испаряется, выжигается) заливаемым на нее расплавом, который постепенно разрушает модель и занимает ее место в форме, образуя отливку.

Форма должна обладать хорошей газопроницаемостью, а пенополистирол – малой объемной массой, чтобы продукты его деструкции (разрушения) легко удалялись из формы и полностью сгорали на ее поверхности без образования копоти и дыма. Модели из пенополистирола негигроскопичны, не склонны к короблению, не имеют формовочных уклонов, что, так же как и отсутствие необходимости извлекать модель

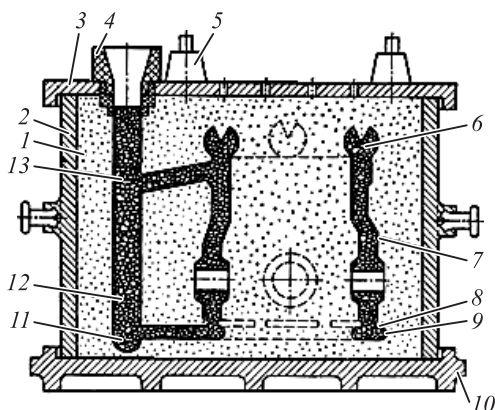


Рис. 5.22. Устройство формы с газифицируемыми моделями:

1 – насыпная песчаная форма; 2 – опока; 3 – крышка опоки; 4 – литниковая воронка из огнеупорного материала или из песчаной стержневой смеси; 5 – грузы, препятствующие подъему песка в верхней части формы под давлением газов; 6 – модель закрытой сферической прибилицы; 7 – модель отливки; 8 – модель питателя; 9 – модель нижнего кольцевого коллектора; 10 – подопочная плита; 11 – модель металлоприемника; 12 – модель стойка; 13 – модель верхнего питателя, подводящего металл в верхнюю часть отливки и к прибилицам

из формы, определяет повышенную точность получаемых отливок, возможность изготовления их с минимальными припусками на механическую обработку. При изготовлении форм по газифицируемым моделям можно во многих случаях получать сложные отливки без применения стержней, что повышает экономическую эффективность способа.

5.4.8. Изготовление форм для художественного литья

Художественное литье применяют для отливки скульптур, барельефов, решеток и других изделий со сложными контурами. Одним из наиболее распространенных способов формовки художественных отливок является способ кусковой формовки.

При формовке барельефа (рис. 5.23) с использованием фальшивой опоки изготавливают верхнюю полуформу II (рис. 5.23, а), затем на модель в сложных углублениях укладывают специально сделанные по этой модели из формовочной смеси куски 1, 2, 3 таким образом, чтобы каждый из них в отдельности последовательно свободно снимался с модели, а внешние контуры давали возможность после перекантровки свободно снять нижнюю полуформу I (рис. 5.23, б). После того как куски уложены на модель и припылены, изготавливают полуформу I, а затем снимают ее с модели. Куски, оставшиеся на модели (рис. 5.23, в),

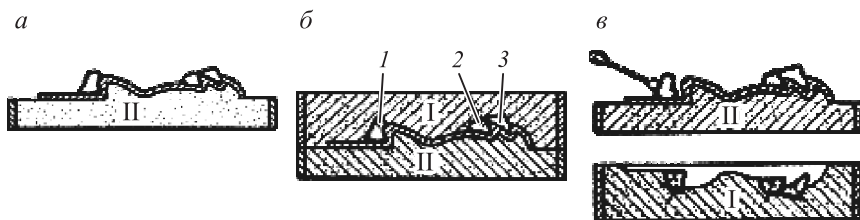


Рис. 5.23. Технология ручного изготовления формы для отливки барельефа: а – изготовление кусков по модели; б – изготовление нижней полуформы; в – снятие кусков с модели и укрепление их в форме; 1–3 – куски; I – нижняя полуформа; II – верхняя полуформа

снимают щипцами, переносят в полуформу I и закрепляют их шпильками. Затем извлекают из полуформы II модель, отделяют, сушат и собирают форму.

Формы для больших и сложных отливок обычно собирают из кусков, изготовленных из жирной глинистой массы или из холоднотвердеющих смесей.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите особенности ручной формовки и перечислите ее разновидности.
2. Опишите технологию изготовления форм по неразъемной модели.
3. Каковы отличительные особенности формовки по разъемной модели?
4. Опишите методику укрепления выступающих частей в сырых и подсушиваемых формах при формовке с песчаным болваном.
5. Каким способом можно изготовить деталь сложной конфигурации, не имеющей горизонтальной плоскости, необходимой для укладки ее на модельную плиту? Опишите технологию.
6. Каким способом можно снизить трудоемкость процесса формовки с подрезкой?
7. Опишите характерные особенности и технологию формовки с фальшивой опокой, с отъемными частями, в трех опоках, с применением стержня-лепешки, по газифицируемым моделям.
8. Назовите условия применения почвенной формовки, опишите технологию формовки по мягкой постели.
9. Какими параметрами характеризуется формовка в кессоне и чем она отличается от формовки по твердой постели?
10. Дайте характеристику и опишите способы формовки по шаблону. Какой из способов применяется при изготовлении формы для отливки колена трубы?
11. Приведите рациональный способ формовки для получения отливок, имеющих сложную конфигурацию наружных и внутренних поверхностей.
12. Опишите технологию изготовления форм для художественного литья.

Глава 6. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ

Основной вид оборудования литейных цехов – формовочные машины – позволяют механизировать наиболее трудоемкие операции по изготовлению литейных форм. Машинную формовку широко применяют в условиях серийного и массового производства самых разнообразных отливок. Она имеет ряд преимуществ по сравнению с ручной: снижает трудоемкость, повышает производительность труда, позволяет получать отливки с более точными и стабильными размерами, уменьшает брак отливок за счет более равномерного уплотнения смесей в форме и замены ручного расталкивания моделей вибрацией при их извлечении из формы. Кроме того, машинная формовка обеспечивает рациональное использование площадей цеха, улучшает организацию труда формовщиков, что приводит к повышению качества отливок и экономических показателей работы литейного цеха.

6.1. Особенности процессов машинной формовки

Большинство формовочных машин механизмируют две основные операции по изготовлению литейных форм:

- уплотнение формовочной смеси;
- извлечение модели из полуформы.

На отдельных типах машин производятся дополнительные операции по механизированному перевороту на 180° полуформ и сталкивание их на приемный или сборочный рольганг.

Классификация формовочных машин осуществляется по *трем основным признакам*.

1. Тип привода (вид энергии для приведения механизмов машины в действие). С учетом типа привода формовочные машины подразделяют на пневматические (работающие под действием сжатого до 600 КПа воздуха), гидравлические (работающие под действием давления воды или масла, достигающего 5 МПа и больше), пневмогидравлические, электромагнитные и электромеханические – пескометы.

2. Способ уплотнения смеси в форме. Формовочные машины делят на прессовые, вибропрессовые, встряхивающие, встряхивающе-прессовые и пескометы. Более широкое применение находят встряхивающие и встряхивающе-прессовые машины, позволяющие изготавливать формы в опоках с размерами в свету от 500×400 до 3000×2500 мм.

3. Способ извлечения модели из полуформы. Формовочные машины подразделяют на машины со штифтовым или рамочным подъемным механизмом, с протяжкой модели, с поворотом плиты (подъемного стола) или колонны машины на 180°, с перекидным столом.

Применительно к современным высокомеханизированным и автоматизированным литейным цехам приведенная выше классификация формовочных машин включает *дополнительные признаки*:

- **конструктивная компоновка** частей и механизмов с учетом *способов перемещения* опок и полуформ. Принимая во внимание этот признак, формовочные машины подразделяют на однопозиционные проходного типа, двухпозиционные челночного типа, многопозиционные проходного типа, многопозиционные карусельного типа;

- **метод управления (степень механизации)**. Формовочные машины подразделяют на автоматы, полуавтоматы и машины с ручным управлением. *Автомат* – формовочная машина, на которой без непосредственного участия человека выполняется комплекс операций по изготовлению полуформ: нанесение на модельные плиты разделительного состава; ввод опок в рабочую зону машины и фиксация на модельной плите; дозирование смеси и ее уплотнение; извлечение модели из полуформы; кантовка и удаление полуформы с машины. При этом цикл изготовления полуформ повторяется непрерывно без участия человека. *Полуавтомат* – формовочная машина, на которой повторение цикла изготовления полуформ проходит с участием человека;

- **условия эксплуатации**. Различают машины, работающие как самостоятельный агрегат, и формовочные автоматы, работающие в составе автоматических формовочных и литейных линий.

6.2. Способы уплотнения смеси в форме

В современных формовочных машинах процессы уплотнения смеси в опоках осуществляются механизмами прессования, вибропрессования, встряхивания, встряхивания с допрессовкой, пескометами, механизмами пескодувного и пескострельного действия. Такое разнообразие механизмов и, соответственно, методов формовки обусловлено различными возможностями оборудования в обеспечении требуемой степени и равномерности уплотнения смеси в форме. Именно эти параметры основным образом влияют на прочностные и газопроводящие свойства литейных форм, а также на качество отливок и их предрасположенность к образованию дефектов.

6.2.1. Понятие о степени уплотнения смеси при формовке и методах ее контроля

Степень уплотнения смеси в форме характеризуется плотностью укладки ее частей в определенном объеме. Ее принято обозначать буквой σ (дельта) и выражать в граммах на кубический сантиметр (г/см^3). Качество литейных форм и отливок в значительной степени определяется прочностными свойствами литейной формы. Для песчано-глинистых форм данные свойства формируются в результате уплотнения формовочной смеси. При этом важнейшими показателями качества уплотнения являются уровень значения и характер распределения плотности смеси по объему формы (полуформы). Именно эти показатели определяют прочностные, а также газопроводящие свойства литейной формы.

Известно, что многие поверхностные дефекты – следствие недостаточной или чрезмерно высокой плотности набивки формы или ее отдельных участков. Поэтому современное формовочное оборудование должно обеспечивать оптимальный уровень прочности и равномерно плотную набивку по всему объему формы. Последняя задача усложняется по мере роста геометрической и рельефной сложности моделей. Общеизвестные данные о плотности набивки форм различными способами уплотнения приведены на рис. 6.1. Следует указать, что это усредненные данные, которые не учитывают множества важных параметров, таких, как высота опок, размеры и конфигурация моделей, и не дают сведений о равномерности распределения плотности набивки в горизонтальной плоскости.

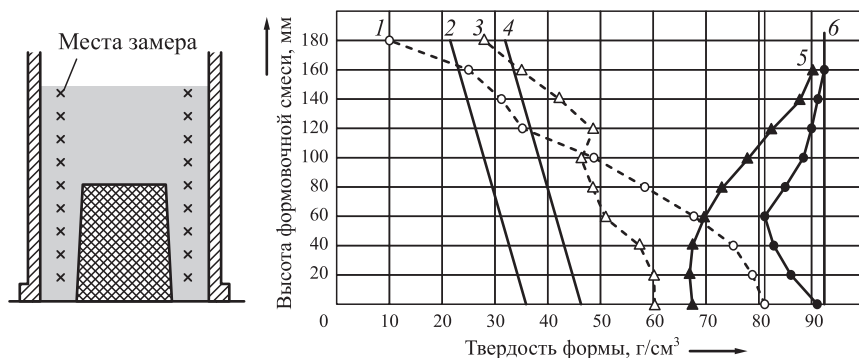


Рис. 6.1. Технологически необходимая степень уплотнения смеси в различных местах литейной формы различными способами:

1 – воздушным потоком; 2 – пескодунным способом; 3 – встряхиванием; 4 – пескометным способом; 5 – встряхиванием с допрессовкой; 6 – воздушным потоком с прессованием («Seiatsu-процесс»)

Из графика следует, что наибольшая разноплотность форм получается при использовании одностадийных способов уплотнения встряхиванием и прессованием. При *уплотнении встряхиванием* на контрладе формовочная смесь даже разуплотняется, и возникает необходимость допрессовки верхних слоев. Этот метод уплотнения применим лишь для простейших моделей небольшой высоты. В то же время вибрация используется в качестве способа предварительного уплотнения.

При *уплотнении прессованием* относительно высокие участки литейных моделей сдерживают возможность уплотнения нижних слоев формы. Данный способ подходит для формовки простых, но более высоких моделей.

Как видно на графике, совмещение способов встряхивания и прессования обеспечивает относительно равномерную и плотную набивку по всему объему формы. Но представленная эпюра уплотнения не отражает возможность уплотнения смеси в узких частях моделей со сложным рельефом и в карманах. Определяющим фактором для плотности набивки таких участков является соотношение высоты модели и опоки. Использование высоких моделей приводит к различным дефектам вследствие низкой плотности формовочной смеси в карманах модели. Эти проблемы решаются применением пескодувного и пескометного способов. Самую низкую, но достаточно равномерную плотность набивки, дает *пескодувный способ уплотнения*, поэтому формовочная смесь, применяющаяся при изготовлении форм пескодувными машинами, должна иметь высокую прочность, что обеспечивается дорогостоящими связующими, прежде всего синтетическими смолами. Очевидно, что стоимость связующих не позволяет изготавливать пескодувным способом объемные опочные формы. Применение этого способа уплотнения ограничивается изготовлением стержней и оболочковых форм или использованием совместно с другими способами уплотнения. Для предотвращения пригара, из-за низкой плотности набивки, полученные пескодувным способом формы необходимо окрашивать противопопригарными красками.

Пескометный способ уплотнения обеспечивает равномерную, несколько большую, чем пескодувный, плотность набивки. Пескомет – единственный тип формовочного оборудования, не связанный с оснасткой. Несмотря на значительный перерасход формовочной смеси, пескомет не заменим при заполнении кессонов и крупных форм. Кроме того, при уплотнении пескометом не возникает значительных нагрузок на стенки опоки, что позволяет использовать дешевую сварную оснастку вместо дорогостоящей литой.

Высокий уровень плотности при равномерном ее распределении по высоте и площади опок, в том числе на рельефных участках и в карманах моделей, могут обеспечить комбинированные способы уплотнения с обязательным использованием стадии уплотнения энергией сжатого воздуха. Наиболее прогрессивные способы формообразования – *пескодутьно-прессовый, уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием, уплотнение воздушным импульсом и допрессовкой* и другие – положены в основу работы современных формовочных машин, автоматов и автоматических линий и обеспечивают наивысшее качество литейных форм даже на самых сложных модельных комплектах.

Таким образом, выбор способа уплотнения для изготовления литейных форм обусловлен габаритами и сложностью моделей, необходимой производительностью, высотой опок, требованиями к качеству форм. При этом прочность формы будет определяться уровнем плотности смеси при уплотнении и связующими свойствами бентонита.

Контроль плотности набивки – поверхностной твердости форм – осуществляют с помощью специальных приборов – твердомеров (рис. 6.2). При определении поверхностной твердости сырой формы опорную поверхность 1 шарикового твердомера (рис. 6.2, а) прижимают к поверхности формы, чтобы определить сопротивление уплотненной смеси вдавливанию шарика 2 под нагрузкой 0,2–1 кгс. Показания поверхностной твердости фиксируются стрелкой прибора, которая вращается под действием усилия, передаваемого ей от шарика. При контроле поверхностной твердости химически твердеющих форм, когда требуется знать прочность поверхностного слоя глубиной не менее 20 мм, шариковые твердомеры непригодны. Учитывая это, был

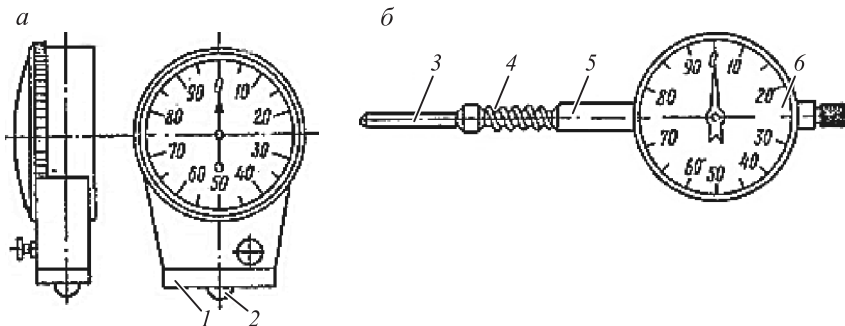


Рис. 6.2. Твердомеры:

а – шариковый, для сырых форм; б – игольчатый, для химически твердеющих форм; 1 – опорная поверхность; 2 – шарик; 3 – стальная игла; 4 – пружина; 5 – неподвижный шток; 6 – индикатор

сконструирован игольчатый твердомер (рис. 6.2, б), которым можно проверить поверхностную прочность форм в процессе химического твердения, после него и перед сборкой формы. Для продавливания рабочей поверхности формы служит стальная игла 3 диаметром 1,8 мм и длиной 20 мм, которая навинчивается на неподвижный шток 5 с надетой на него стальной пружины 4. Чтобы осуществить контроль прочности, твердомер устанавливают иглой перпендикулярно к поверхности формы и нажимают рукой на корпус индикатора б. Для удобства пользования прибор вставляют в оправку с площадкой для нажима рукой.

Форма или стержень считаются достаточно затвердевшими, если большая стрелка сделает 3,5 оборота и при этом игла не продавит поверхность формы. Если игла погрузится в облицовочный слой раньше, чем большая стрелка сделает 3,5 оборота, значит, форма или стержень недостаточно затвердели. Для выяснения причины дефекта разрезают облицовочный слой. При подготовке формы к заливке раскрытое место заделывают смесью и подсушивают принятым в цехе методом.

Все машинные способы уплотнения смеси по характеру воздействия на смесь подразделяют на статические, динамические и комбинированные.

6.2.2. Статические способы уплотнения смеси

Статические способы уплотнения, в зависимости от конструкции машин и способа приложения первичных сил к смеси, подразделяются на верхнее прессование, нижнее прессование, двустороннее прессование, прессование многоплунжерной головкой, прессование гибкой диафрагмой, прессование с одновременным вакуумированием, прессование роторной головкой, прессование лопастной головкой.

Верхнее прессование (рис. 6.3) осуществляется после загрузки формовочной смеси 3 через тракт подачи формовочной смеси в опоку 5 с дополнительной рамкой 6 прессовой плитой 7 при подаче сжатого воздуха в цилиндры 9, которые, опускаясь, уплотняют смесь.

Уплотнение смеси прессованием отличается бесшумностью и высокой производительностью. Однако при верхнем прессовании наибольшее уплотнение смеси получается в верхних частях полуформы, у прессовой плиты, а пониженное – у модели 2, в слоях смеси, образующих полость формы, что может привести к искажению конфигурации отливки, так как при заливке формы они в большей степени подвергаются воздействию расплава. Особенно неравномерной плотность уплотнения смеси будет при использовании моделей с неодинаковой

высотой отдельных мест: чрезмерно большой на высоких частях и недостаточной – на малых. Чтобы обеспечить равномерное уплотнение смеси в опоке, увеличивают удельное давление прессования. Вместо обычного давления прессования (0,3–0,7 МПа) применяют повышенное (0,7–2,0 МПа) или высокое (2–6 МПа) давление прессования. Это способствует получению плотных литейных форм с гладкой и малоподатливой рабочей поверхностью, а следовательно, отливок с точными геометрическими размерами и низкой шероховатостью.

Нижнее прессование отличается тем, что наибольшая плотность смеси получается в слоях, расположенных у модели. Принцип нижнего прессования смеси обеспечивает точность контуров отливки. Он использовался в широко применяемых ранее машинах моделей ПФ-3, ПФ-4.

Двустороннее прессование осуществляют одновременно или последовательно, добиваясь при этом более равномерного распределения плотности по высоте формы. Применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить плотность смеси, одинаковую с обеих сторон формы (обе стороны рабочие).

Повышенное и более равномерное давление прессования смеси в современных формовочных машинах достигается применением **многоплунжерных головок** (рис. 6.4), которые уплотняют смесь несколькими прессующими плунжерами,

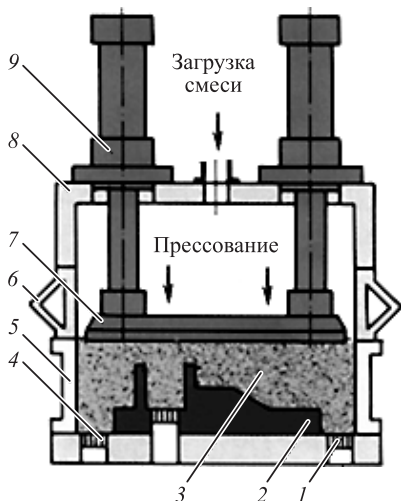


Рис. 6.3. Технологический процесс верхнего прессования:

1, 4 – венты; 2 – модель с модельной плитой; 3 – формовочная смесь; 5 – опока; 6 – наполнительная рамка; 7 – прессовая плита; 8 – корпус прессовой машины; 9 – цилиндр прессового механизма

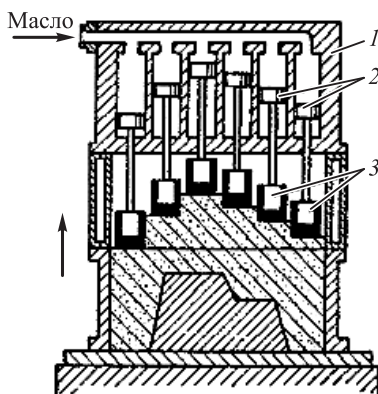


Рис. 6.4. Технологический процесс верхнего прессования смеси многоплунжерной головкой:

1 – корпус головки; 2 – поршни; 3 – прессующие плунжеры

снабженными поршневыми гидравлическими приводами. При этом каждый плунжер 3 под действием масла на поршень 2 прессует находящийся под ним участок формы независимо от соседних. Многоплунжерное прессование успешно используют при формовке блоков автомобильных цилиндров и изготовлении форм с размерами $2,9 \times 1,1 \times (0,4-0,6)$ м.

Прессование гибкой диафрагмой (рис. 6.5) обеспечивает получение форм с равномерным распределением плотности. Диафрагменные прессовые головки состоят из эластичной диафрагмы 2, закрепленной в корпусе 1, и рабочего тела (обычно сжатого воздуха), находящегося в герметичной полости корпуса 1 за диафрагмой. Равномерность уплотнения смеси достигается тем, что диафрагма под действием сжатого воздуха, впускаемого в головку, давит на формовочную смесь в опоке 4, обжимает и уплотняет ее со всех сторон модели 3.

При этом после уплотнения профиль контрлада повторяет профиль модели 3. Рабочая поверхность диафрагмы обычно больше площади опоки на 30–40%. Стойкость резиновой диафрагмы толщиной 6 мм составляет 60 тыс. формовок. Диафрагменные головки используют при верхнем прессовании (т.е. головка выполняет функцию прессового механизма) для получения средних и крупных форм размером до $2000 \times 865 \times 255$ мм.

Прессование с одновременным вакуумированием (рис. 6.6) обеспечивает равномерное распределение плотности смеси по всему объему формы. Подмодельная плита 6 с опоккой 7 и наполнительной рамкой 8,

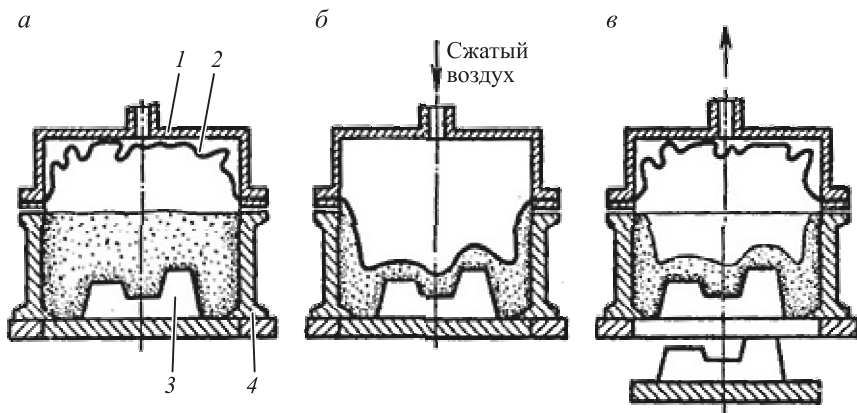


Рис. 6.5. Последовательность выполнения технологических операций прессования формовочной смеси гибкой диафрагмой:

а – перед прессованием; *б* – прессование; *в* – выхлоп, подъем диафрагмы и вытяжка модели; 1 – корпус; 2 – эластичная диафрагма; 3 – модель; 4 – опока

установленные на станине 5 с прессующим поршнем 4, перемещаются в герметичную вакуумную камеру 2. Пассивная многоплунжерная головка 3 расположена в крайнем правом положении таким образом, чтобы смесь при открытии шибера из дозатора 1 смогла заполнить опоку 7 и наполнительную рамку 8. Перед началом прессования шибер закрывается и головка 3 перемещается влево в рабочее положение, а из вакуумной камеры откачивается воздух. Модельная плита 6 и глубокие карманы моделей имеют вентры, которые сообщены с вакуумной камерой 2, разрежение в которой постоянно поддерживается через ресивер Р вакуумным насосом Н. Прессование движением поршня 4 вверх ведется при одновременном вакуумировании смеси.

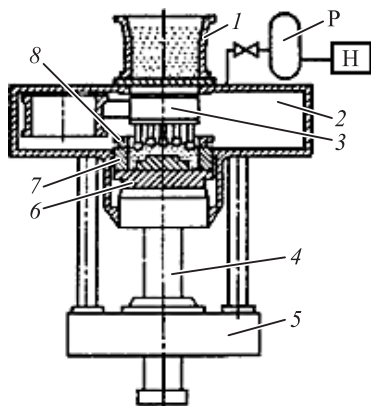


Рис. 6.6. Технологический процесс уплотнения смеси на вакуумно-прессовой формовочной машине:

1 – дозатор; 2 – вакуумная камера; 3 – многоплунжерная головка; 4 – поршень; 5 – станина; 6 – модельная плита; 7 – опока; 8 – наполнительная рамка

Прессование роторной головкой состоит в том, что опока, установленная на подмодельную плиту с моделью, заполняется формовочной смесью выше уровня контрлада, затем перемещается под прессовой роторной головкой из нескольких прессующих валков, которые прижимаются к смеси. При этом каждый валок уплотняет смесь таким образом, чтобы из-под последнего валка полуформа вышла полностью уплотненной.

Прессование лопастной головкой, т.е. изготовление форм с помощью лопастных органов (винта, шнека), совмещает операции заполнения и уплотнения и состоит в том, что подача смеси в опоку с подмодельной плитой осуществляется лопастями с винтовой поверхностью, захватывающими формовочную смесь и перемещающими ее в опоку. подача смеси продолжается после полного заполнения опоки, одновременно происходит уплотнение формы. Прессование лопастной головкой позволяет получать формы с равномерным распределением плотности и твердости в объеме заформованной опоки.

6.2.3. Динамические способы уплотнения смеси

Динамические способы уплотнения, в зависимости от способа приложения первичных сил к смеси, подразделяются на три группы:

1) *инерционные* – уплотнение встряхиванием, гравитационное уплотнение;

2) *газодинамические* – импульсное, пескодувное, пескострельное уплотнение;

3) *прессово-динамические* – скоростное (ударное), вибропрессовое уплотнение.

Уплотнение встряхиванием (рис. 6.7) ведут подачей сжатого воздуха в нижнюю полость цилиндра 1, при этом встряхивающий поршень 2 поднимается вверх, боковая поверхность поршня перекрывает впускное отверстие, а нижняя его кромка открывает выхлопное окно 8 для выхода воздуха в атмосферу. Так как давление под поршнем снижается после выпуска воздуха, то стол 3 под действием силы тяжести падает, ударяясь о торец 7 цилиндра. В этот момент канал 9 встряхивающего поршня оказывается против впускного канала 10 встряхиваемого цилиндра, что обеспечивает повторный впуск сжатого воздуха в полость встряхиваемого цилиндра, а это влечет за собой подъем встряхиваемого стола и удар его о торец цилиндра и т.д.

Встряхивающий стол совершает 120–220 ударов в минуту (30–50 ударов на форму), а высота его подъема составляет 25–80 мм. Плотность набивки смеси в опоке при встряхивании зависит от числа ударов. При уплотнении смеси на встряхивающих машинах наибольшая плотность набивки всегда получается около модели и на плоскости разъема формы, в то время как верхние слои уплотняются недостаточно и поэтому требуют дополнительного уплотнения. Дополнительное

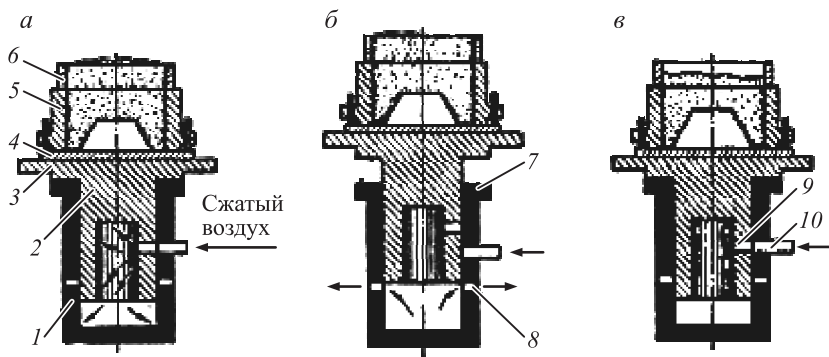


Рис. 6.7. Последовательность выполнения технологических операций уплотнения смеси на встряхивающей формовочной машине:

а – насыпка смеси в опоку; *б* – верхнее положение стола при встряхивании; *в* – нижнее положение стола при встряхивании; 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – стол; 4 – модельная плита; 5 – опока; 6 – наполнительная рамка; 7 – торец цилиндра; 8 – выхлопное окно; 9 – канал впуска сжатого воздуха в стенке поршня; 10 – канал впуска сжатого воздуха в стенке цилиндра

уплотнение осуществляется допрессовкой или набивкой верхних слоев смеси ручными пневматическими трамбовками. Уплотнение смеси встряхиванием менее производительно по сравнению с прессованием и сопровождается шумом, однако дает возможность осуществлять формовку в больших по площади и высоте опоках. Кроме того, этим способом можно изготовить формы для очень сложных деталей с высокими ребрами и глубокими впадинами.

Гравитационное уплотнение (рис. 6.8) основано на использовании кинетической энергии падающего с высоты h пакета формовочной смеси, соответствующего объему опоки и массе смеси в ней. Во время формовки к опоке 8 с модельной плитой и моделью 9 с помощью цилиндра 6 прижимается наполнительная рамка 7. Затем смесь подается в бункер 1, откуда после открытия шиберного затвора 2 попадает в дозатор 3, выход из которого закрыт шиберным затвором 4. После включения быстродействующего пневмоцилиндра 10 шиберный затвор 4 открывается и порция смеси, проходя шахту 5, под действием сил гравитации с большой скоростью падает на модельную плиту 9 в опоке 8. При резкой остановке под воздействием сил инерции смесь уплотняется.

Установки гравитационного уплотнения имеют большую высоту – 2,5–3,0 м, что затрудняет их эксплуатацию, поэтому данный метод используется только для изготовления высоких форм в сочетании с другими методами (прессование, вибрация и др.).

Газоимпульсное и пневмоимпульсное уплотнение (рис. 6.9) заключается в том, что газ или воздух, накапливаемый в постоянном объеме под давлением 5,0–9,0 МПа, мгновенно выпускается и равномерным потоком направляется на поверхность смеси в опоке для ее уплотнения. Основным рабочим элементом является импульсная головка 6 с пусковым клапаном 10 и рассекателем воздуха 5, представляющим собой решетку с большим числом отверстий диаметром 5–8 мм. После

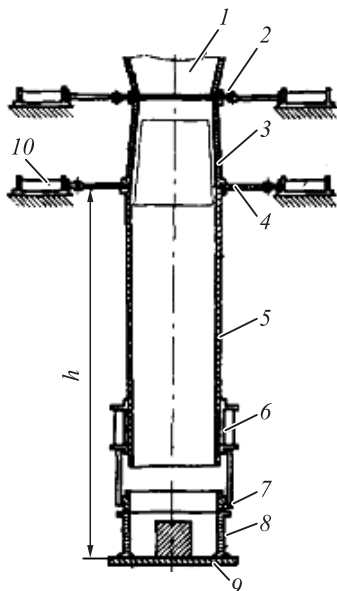


Рис. 6.8. Технологический процесс гравитационного уплотнения формы:
1 – бункер; 2, 4 – шиберный затвор; 3 – дозатор; 5 – шахта; 6 – цилиндр; 7 – наполнительная рамка; 8 – опока; 9 – модельная плита с моделью; 10 – пневмоцилиндр

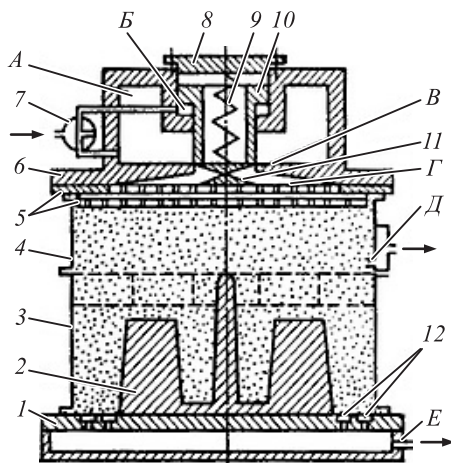


Рис. 6.9. Технологический процесс газо- и пневмоимпульсного уплотнения формовочной смеси:

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

заполнения опоки 3 и наполнительной рамки 4 формовочной смесью импульсную головку плотно прижимают к оснастке специальным механизмом.

Когда давление сжатого воздуха в полости А импульсной головки достигает заданной величины, пусковой клапан открывается и сжатый воздух, проходя через отверстия рассекателя, равномерным потоком направляется на смесь. Смесь под действием расширяющегося воздуха с большим ускорением перемещается из наполнительной рамки в опоку и уплотняется. Отработанный воздух из полости наполнительной рамки удаляется через специальные отверстия Д, расположенные у нижнего фланца рамки, а также через венты 12 модельной плиты 1 и отверстие Е.

При газо- и пневмоимпульсном способе формовки обеспечивается высокая равномерность уплотнения смеси, не зависящая от конфигурации модели, твердость формы со стороны модели составляет 90–95 ед, а контрлада – 70–80 ед. Данный способ отличается высокой производительностью (длительность процесса уплотнения составляет менее 1 с), экономичностью, так как расход воздуха снижается в 2–4 раза по срав-

нению с прессованием и пескодувным уплотнением. Способ импульсного уплотнения все шире применяют для изготовления средних и крупных форм в серийном производстве чугунных и стальных отливок. Для обеспечения высокой степени уплотнения смеси используют импульсную формовку в сочетании с подпрессовкой.

Недостатками являются значительный шум, необходимость применения специальных компрессора и ресивера высокого давления.

Пескодувное уплотнение (рис. 6.10) осуществляется путем воздействия на смесь силы песчано-воздушной струи при заполнении опоки или стержневого ящика и фильтрации воздушного потока через смесь от вдувных отверстий к вентам технологической оснастки, продолжающейся после ее заполнения смесью.

При уплотнении смеси пескодувным способом с *нижней вентиляцией* (рис. 6.10, а) сжатый воздух поступает в пескодувную головку 4, давит на находящуюся в ней формовочную или стержневую смесь, фильтруется через ее поры и своим потоком захватывает частицы смеси. Вылетая из пескодувной головки через вдувные отверстия 3, частицы смеси заполняют полость опоки или стержневого ящика 2, уплотняясь силой воздушного потока, а также вследствие удара о поверхность ящика или опоки, модели или ранее остановленных слоев смеси. Отработанный воздух удаляется из полости опоки или стержневого

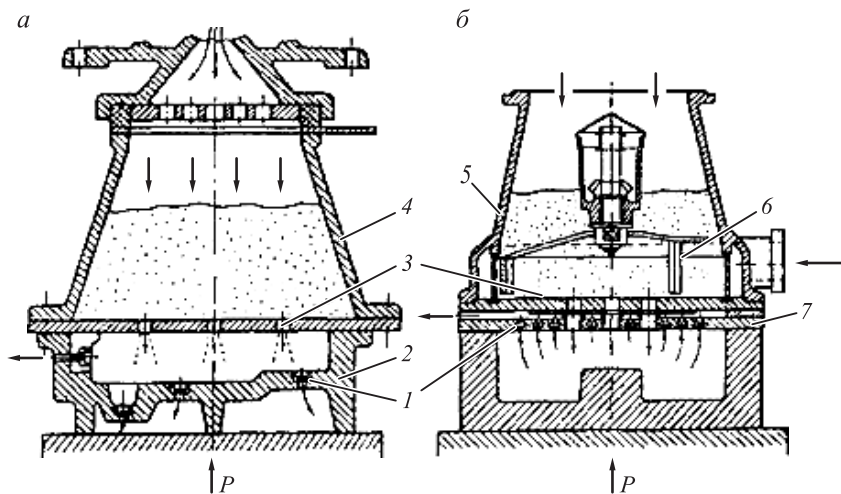


Рис. 6.10. Технологический процесс пескодувного уплотнения смеси: а – с нижней вентиляцией; б – с верхней вентиляцией; 1 – вентиляционные втулки – венты; 2 – опока или стержневой ящик; 3 – вдувные отверстия; 4, 5 – пескодувные головки; 6 – механическая мешалка; 7 – надувная плита

ящика через вентиляционные втулки – венты 1, установленные в модельной или стержневой оснастке.

При уплотнении смеси пескодувным способом с *верхней вентиляцией* (рис. 6.10, б) воздушно-песчаная смесь вдувается в опоку или полость стержневого ящика через отверстия 3, а отработанный воздух удаляется через венты 1, расположенные в надувной плите 7 пескодувной головки 5. Учитывая то, что в пескодувном процессе используются смеси, обладающие высокой текучестью, а также для предотвращения предварительного уплотнения и разрыхления смеси, в пескодувных головках применяют механическую мешалку 6.

К разновидностям пескодувного процесса относится уплотнение форм *методом ствольного надува*, при котором смесь разгоняется сжатым воздухом и уплотняется за счет кинетической энергии, приобретенной при разгоне.

Пескострельное уплотнение (рис. 6.11) форм и стержней является разновидностью пескодувного. Время рабочего процесса при пескострельном методе в 9–10 раз меньше, чем при пескодувном, и составляет 0,1–0,2 с.

Смесь из бункера 5, поступает в пескострельную головку 3 при открытом шибере 4. Сжатый воздух из ресивера 8 через вдувной быстродействующий клапан 7, горизонтальные 6 и вертикальные 1 прорезы входит во внутреннюю полость гильзы 2, отделяя от нее смесь.

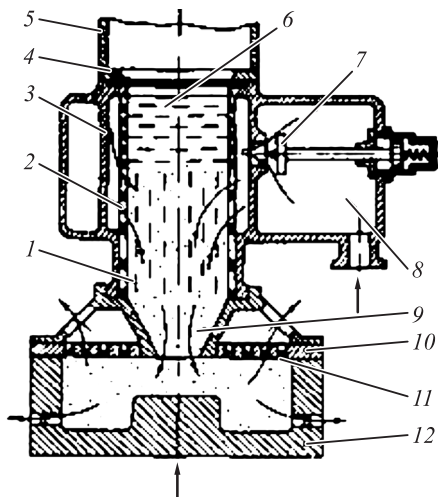


Рис. 6.11. Технологический процесс пескострельного уплотнения смеси:

1 – вертикальные прорезы; 2 – гильза; 3 – пескострельная головка; 4 – шибер; 5 – бункер; 6 – горизонтальные прорезы; 7 – быстродействующий клапан; 8 – ресивер; 9 – коническая насадка; 10 – вдувная плита; 11 – вентиляционные отверстия; 12 – опока или стержневой ящик

Подача смеси из резервуара в опоку или стержневой ящик 12 происходит почти мгновенно, подобно выстрелу. При этом шибер 4 должен быть закрыт, предотвращая выброс смеси вверх, в бункер 5. Вдувная плита 10 имеет отверстия для надува смеси через коническую насадку 9 и вентиляционные отверстия 11 для отвода отработанного воздуха.

Скоростное (ударное) уплотнение заключается в том, что слоям смеси и отдельным частицам сообщается высокая скорость движения (6–8 м/с). В результате удара слои смеси и прессовая колодка под действием сил инерции движутся с большой скоростью в направлении модельной плиты, что способствует более равномерному распределению плотности в объеме смеси, чем при статическом прессовании.

Вибропрессовое уплотнение (рис. 6.12) представляет собой сочетание двух процессов уплотнения смеси в опоке – *верхнего прессования* и *вибрации*, которые протекают одновременно. Неравномерность уплотнения смеси в форме при верхнем прессовании вызвана низкой ее текучестью, обусловленной давлением прессовой колодки. Чтобы повысить текучесть формовочной смеси во время прессования, этот процесс уплотнения сочетают с работой мощного вибратора. При вибрации резко уменьшается работа внешнего и внутреннего трения, происходит как бы разжижение формовочной смеси, что способствует выравниванию и повышению степени ее уплотнения по всему периметру формы. Принцип вибропрессования смеси использован в машинах моделей 226.

Вибропрессовое уплотнение литейных форм повышает эффективность прессовой формовки и производится по двум схемам. При *вибропрессовании* (рис. 6.12, а) опока 3 со смесью на рабочем столе 4 под воздействием вибраторов 6 совершает интенсивные колебания,

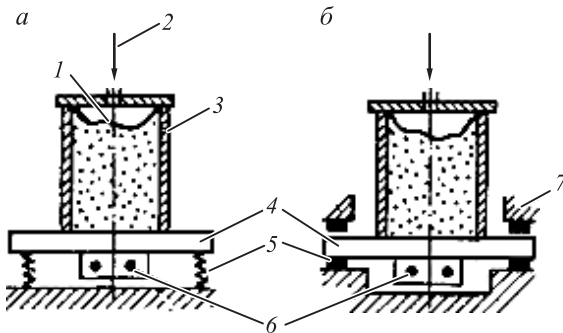


Рис. 6.12. Технологические процессы вибропрессового уплотнения смеси: а – вибропрессование; б – виброударное прессование; 1 – гибкая диафрагма; 2 – подача сжатого воздуха (давление прессования); 3 – опока; 4 – стол; 5 – амортизаторы; 6 – вибраторы; 7 – ограничители

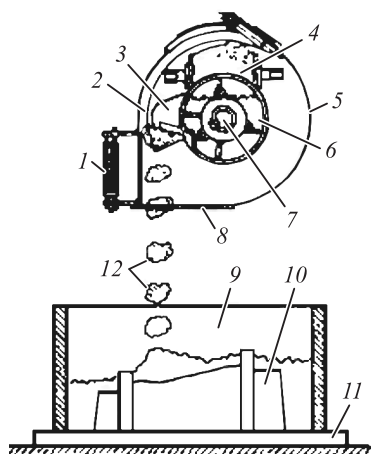


Рис. 6.13. Схема пескометного уплотнения смеси в опоке:

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

непрерывным потоком по ленточному транспортеру 4 через окно в задней стенке стального кожуха 5. При быстром (1000–1500 об/мин) вращении ковша формовочная смесь собирается в пакеты 12, а затем центробежной силой выбрасывается через выходное отверстие 8 в опоку 9. Попадая на модель 10 и модельную плиту 11, смесь уплотняется. При непрерывном перемещении головки пескомета по площади опоки обеспечивается равномерное уплотнение смеси, не зависящее от высоты полуформы.

6.2.4. Комбинированные способы уплотнения смеси

Комбинированные способы уплотнения смеси позволяют осуществлять последовательное уплотнение формы двумя (или несколькими) методами с целью достижения требуемой плотности во всех частях формы. Как правило, комбинированные методы представляют собой сочетание последовательного использования одного из динамических методов уплотнения с прессованием.

Уплотнение встряхиванием с допрессовкой (рис. 6.14) является наиболее распространенным из комбинированных методов. Осуществляется

параллельно с прессованием уплотняющая смесь, а при *виброударном прессовании* (рис. 6.12, б) появляются еще дополнительные уплотняющие нагрузки на смесь из-за ударов рабочего стола с опокой по ограничителям 7. Вибропрессование позволяет увеличить плотность смеси и равномерность распределения плотности по сечениям формы. В качестве прессующих элементов могут использоваться не только гибкие диафрагмы, но и другие механизмы прессования.

Пескометное уплотнение (рис. 6.13) осуществляется рабочим органом пескомета – метательной головкой, выбрасывающей пакеты смеси на рабочую поверхность модели.

Во время работы пескомета в стальном кожухе 5 головки вращается закрепленный на валу электродвигателя 7 ротор 6 с ковшем 3. Формовочная смесь подается в головку

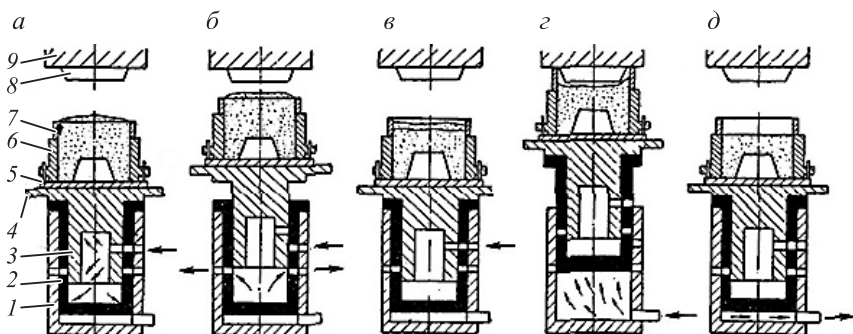


Рис. 6.14. Последовательность выполнения технологических операций уплотнения смеси встряхиванием с допрессовкой:

а, б, в – встряхивание; *г* – допрессовка; *д* – возврат стола в исходное положение; 1 – прессовый цилиндр; 2 – встряхивающий цилиндр; 3 – встряхивающий поршень; 4 – стол; 5 – модельная плита; 6 – опока; 7 – наполнительная рамка; 8 – прессовая колодка; 9 – траверса

с использованием двух механизмов – встряхивающего и прессового, последовательная работа которых обеспечивает требуемую плотность смеси в форме.

Встряхивание с допрессовкой производят на встряхивающей машине (рис. 6.14, *а*), имеющей два цилиндра – прессовый 1 и встряхивающий 2, причем встряхивающий цилиндр служит поршнем для прессового цилиндра.

Внутри цилиндра 2 помещен встряхивающий поршень 3, соединенный со столом 4 машины. В верхней части машина имеет траверсу 9 с закрепленной на ней прессовой колодкой 8. После наполнения опоки 6 и рамки 7 смесью сжатый воздух подают в полость встряхивающего цилиндра, в результате чего начинается процесс встряхивания (рис. 6.14, *б, в*). После окончания встряхивания сжатый воздух впускают в полость прессового цилиндра (рис. 6.14, *г*), вследствие чего прессовая колодка входит внутрь наполнительной рамки и уплотняет верхний слой смеси в опоке. Процесс уплотнения смеси в опоке заканчивается выпуском воздуха из прессового цилиндра и опусканием стола машины (рис. 6.14, *д*), после чего производят извлечение модели из полуформы.

Пескодувно-прессовое уплотнение (рис. 6.15) используется, например, при безопочной формовке в горизонтальную стопку в формовочных машинах «DISAMATIC».

Процесс изготовления безопочных кассетных форм начинается с надувки смеси из резервуара 1 воздушным потоком 2 через узел надува 3 в объем, ограниченный боковыми модельными плитами 5 и 6 (рис. 6.15, *а, б*). После допрессовки со стороны модельной плиты 5

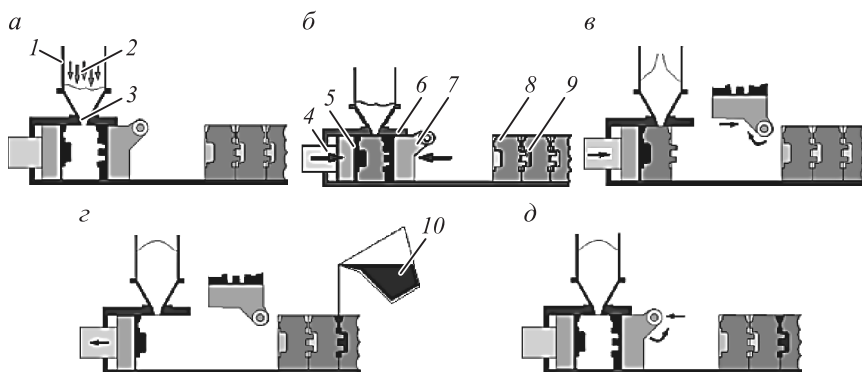


Рис. 6.15. Последовательность выполнения технологических операций изготовления и сборки безопочных кассетных форм:

а – нагнетание смеси; *б* – допрессовка смеси подвижной прессовой и поворотной прессовой плитой; *в* – отвод поворотной плиты из зоны прессования, протяжка готовой полуформы прессовым механизмом и сборка безопочных форм в горизонтальную стопку; *г* – возврат подвижной плиты, заливка форм; *д* – возврат поворотной плиты; 1 – резервуар со смесью; 2 – воздушный поток; 3 – узел надува смеси; 4 – шток подвижной прессовой плиты; 5, 6 – модельные плиты; 7 – поворотная плита; 8 – кассета форм; 9 – полость собранной формы; 10 – ковш с расплавом

(рис. 6.15, б) поворотная плита 7 откидывается, а готовая полуформа передвигается подвижной прессовой плитой и плотно прижимается к ранее изготовленным полуформам (рис. 6.15, в), образуя кассету 8 форм. После отвода плиты 5 и заливки полости формы 9 расплавом из ковша 10 (рис. 6.15, г) модельная плита 6 возвращается в рабочее положение, что является импульсом для начала нового цикла формовки (рис. 6.15, д).

Пескодувно-импульсное уплотнение (рис. 6.16) заключается в том, что смесь вдвигается в опоку 2, стоящую на подмодельной плите 1, через вдвунное отверстие 6, расположенное в наполнительной рамке 3. В конце пескодувного процесса в пространство над смесью через отверстия 5 в прессовой плите 4 подается сжатый воздух, давление которого резко увеличивается, в результате чего смесь доуплотняется: плотность в зоне модели возрастает с 1350 до 1750 кг/м³.

Уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием («*Seiatsu-процесс*») (рис. 6.17) происходит следующим образом. На начальном этапе опока 2 с наполнительной рамкой 3 через узел загрузки смеси 5 заполняется формовочной смесью 6, затем ведется ее продувка и уплотнение воздушным потоком из ресивера 4. С помощью прессовой плиты производится окончательное уплотнение смеси и последующая протяжка моделей (рис. 6.17, а).

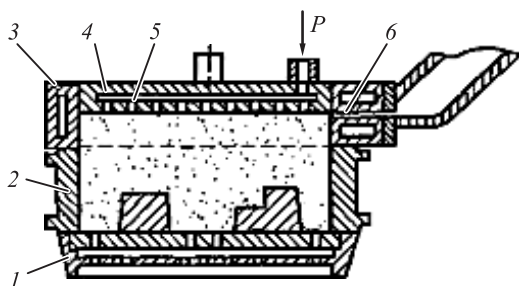


Рис. 6.16. Технологический процесс пескоструйно-импульсного уплотнения формы:
 1 – подмодельная плита; 2 – опока; 3 – наполнительная рамка; 4 – прессовая плита; 5 – отверстия;
 6 – вдвое отверстие

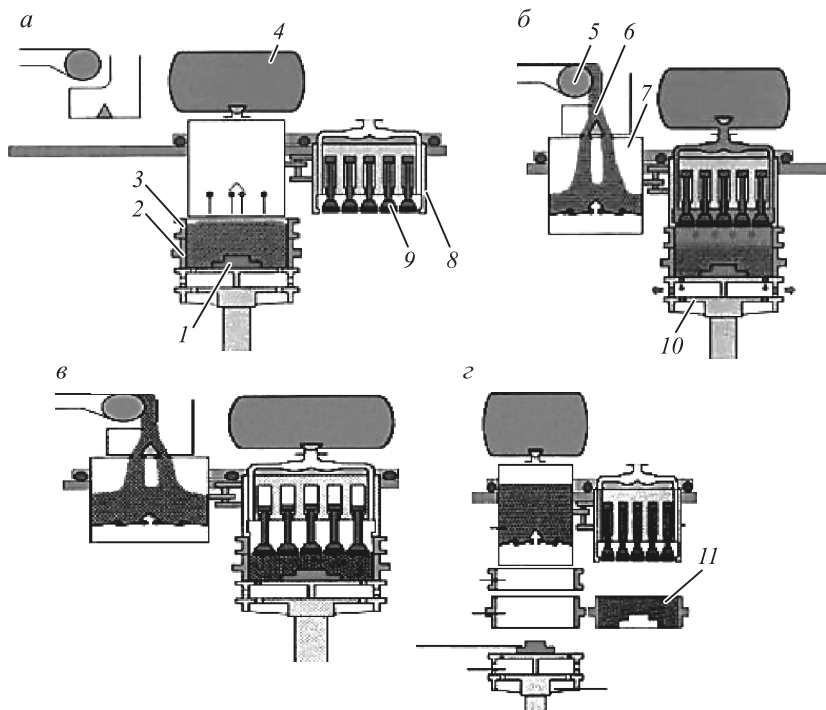


Рис. 6.17. Последовательность выполнения технологических операций уплотнения смеси
 воздушным потоком с последующим прессованием (а–г):

1 – модельная плита с моделями и вентилями; 2 – опока; 3 – наполнительная рамка; 4 – ресивер; 5 – узел загрузки смеси; 6 – смесь; 7 – дозатор смеси; 8 – многоплунжерная головка; 9 – плунжер; 10 – прессовая плита; 11 – полуформа

Модельные плиты оснащаются вентилями для равномерного удаления из объема опоки продуваемого через смесь воздуха. Эксплуатация «Seiatsu-процесса» показала возможность приготовления форм с равномерной плотностью смеси по высоте опоки, высокой газопроницаемостью, которая появляется в результате продувки смеси воздушным потоком. Образующиеся после этого дополнительные каналы в смеси обеспечивают интенсивный отвод газов из формы в процессе ее заливки расплавом, что значительно снижает брак отливок по газовым дефектам.

Далее через узел загрузки смеси 5 производится дополнение опоки 2 с наполнительной рамкой 3 формовочной смесью 6 из дозатора 7 формовочной машины, подъем рабочего стола с прессовой плитой 10 (рис. 6.17, б). Затем осуществляется окончательное уплотнение формовочной смеси многоплунжерной головкой 8 пассивного типа (рис. 6.17, в). Завершающая операция – протяжка модели, съем готовой полуформы 11 с формовочной машины (рис. 6.17, з).

Импульсно-нижнепрессовое уплотнение (ИНП-процесс) (рис. 6.18) и технологический процесс изготовления форм рассматривают как наиболее совершенный и эффективный из известных в настоящее время процессов формообразования.

При формовке ИНП-процессом формовочная смесь уплотняется в две стадии – воздействия воздушного импульса и последующего нижнего прессования, которые осуществляются практически без перехода одна в другую.

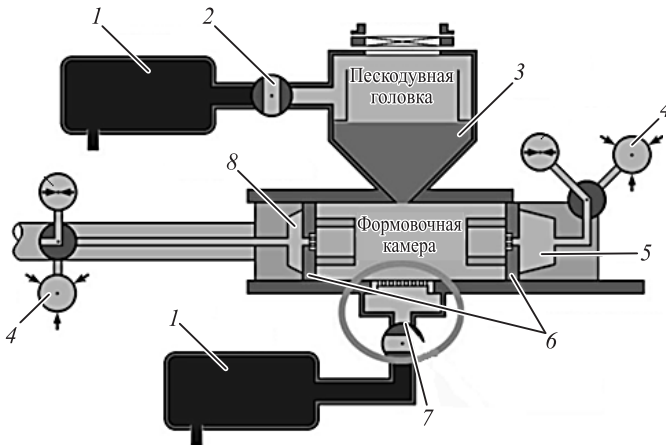


Рис. 6.18. Технологический процесс импульсно-нижнепрессового уплотнения формовочной смеси:

1 – ресивер; 2 – воздушный клапан; 3 – формовочная смесь; 4 – сжатый воздух; 5 – плита противодавления; 6 – модельные плиты; 7 – импульсный клапан; 8 – прессовая плита

Формовочная смесь 3 подается в формовочную камеру через пескодувную головку давлением воздуха из ресивера 1 через клапан 2. Смесь уплотняется воздействием воздушного импульса через импульсный клапан 7. Затем прессовой плитой 8 с помощью сжатого воздуха 4 производится доуплотнение смеси в формовочной камере, ограниченной плитой прогибодавления 5 и модельными плитами 6.

К достоинствам ИНП-процесса можно отнести эффективное и регулируемое уплотнение форм самой высокой сложности и исключение участков как с недостаточным, так и с избыточным уплотнением смеси при применении моделей практически любой конфигурации; оптимальное распределение уплотнения смеси по форме: максимум у стенок и в углах опоки, у модельной плиты и моделей с интенсивным убыванием по направлению к контрладу полуформ; возможность во многих случаях замены стержней песчаными болванами; повышение точности и уменьшение массы отливок.

6.2.5. Специальные способы уплотнения литейных форм

В современном литейном производстве находят применение оригинальные способы уплотнения и упрочнения литейных форм, которые имеют ряд достоинств и широкие перспективы. К ним можно отнести вакуумно-пленочную формовку (*V*-процесс), магнитную формовку и получение форм замораживанием.

Вакуумно-пленочная формовка (*V*-процесс) (рис. 6.19) заключается в использовании синтетических полимерных покрытий (пленок)

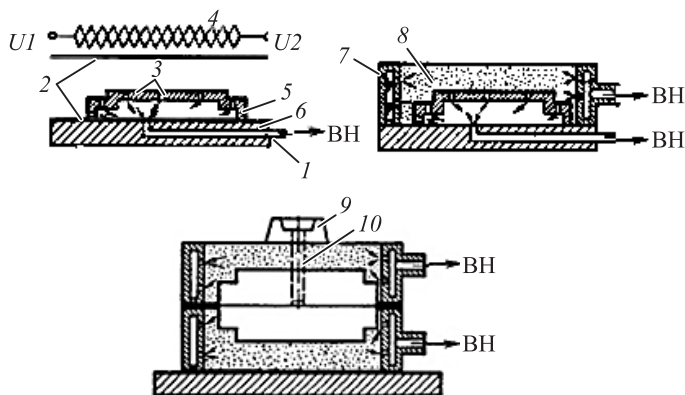


Рис. 6.19. Технологический процесс изготовления форм вакуумно-пленочным методом: 1 – канал; 2 – полимерная пленка; 3 – венты; 4 – нагревательная спираль; 5 – модель; 6 – подопочная плита; 7 – опока; 8 – песчаная полуформа; 9 – литниковая чаша; 10 – стояк

и вакуума для получения сухих литейных форм без связующего материала.

Пустотелую модель 5 закрепляют на подпочной плите 6, в которой имеется канал 1, соединенный с вакуумным насосом ВН. Тонкая полимерная пленка 2 нагревается спиралью 4 и накладывается на модель. Затем включают насос ВН, вакуумирующий полость модели. Через вентили 3 воздух из зазора между пленкой и моделью, а также из пространства между моделью и подпочной плитой отсасывается, и эластичная, хорошо растягивающаяся пленка плотно облегает поверхность модели и плиты. На модельную плиту устанавливают опоку 7 с герметичными полыми стенками, на внутренней поверхности которых тоже имеются вентили. Подготовленную оснастку заполняют сухим формовочным песком. Сверху опоку также накрывают пленкой 2. Затем из песчаной полуформы 8 через опоку 7 отсасывается воздух и находящийся в вакуумированной полости формы песок, герметизированный с двух сторон пленками, а с остальных четырех – стенками опоки, приобретает свойства прочного тела, полностью сохраняющего очертания модели после снятия готовой полуформы с модельной плиты.

Таким же образом изготавливают верхнюю полуформу. Затем форму собирают, устанавливают литниковую чашу 9 и через стояк 10 заливают расплавом. После охлаждения отливки в вакуумные полости верхней и нижней опок подается воздух, и отливка легко удаляется из сухого песка.

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

Магнитная формовка является разновидностью способа производства отливок по газифицируемым моделям. Обычно при использовании газифицируемых моделей в качестве формовочной смеси применяется сухой кварцевый песок без связующего, что упрощает технологию формовки и выбивки отливок из форм. Однако при производстве сложных и крупных отливок в формах с таким наполнителем возникают трудности, связанные с тем, что при заполнении формы расплавом возможны обвалы и образование в отливке земляных раковин. Для устранения этого недостатка формовку газифицируемых моделей осуществляют в ферромагнитные сыпучие материалы (стальная или чугунная дробь) с упрочнением формы в магнитном поле.

В контейнер-опоку 1 (рис. 6.20) помещают модель 2 из пенополистирола, выполненную вместе с литниковой системой, и засыпают ее ферромагнитным формовочным материалом – дробью 3. Далее контейнер 1 помещают в магнитное поле электромагнита 4, под действием которого металлические дробинки намагничиваются и прочно сцепляются между собой, в результате чего форма приобретает объемную прочность. После заливки формы расплавом, кристаллизации и охлаждения отливки магнитное поле снимают, и дробь, размагничиваясь, свободно высыпается из контейнера. Затем дробь охлаждается и снова поступает на формовку.

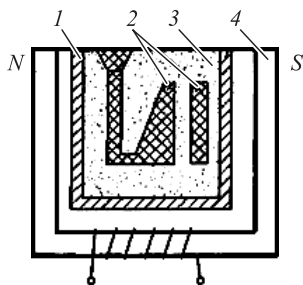


Рис. 6.20. Устройство магнитной формы:
1 – контейнер-опока; 2 – модель из пенополистирола; 3 – дробь; 4 – электромагнит

Достоинствами этого метода являются возможность получения отливок с высокой размерной точностью; малый объем очистных работ; отсутствие газовых раковин в отливках; сокращение цикла формовки и периода охлаждения отливки; существенное снижение энергозатрат на изготовление форм по сравнению с прессованием или встряхиванием.

Изготовление форм замораживанием обеспечивает получение бездефектных отливок в формах, изготовленных из смесей, основным связующим которых является вода. Для приобретения формовочной смесью необходимой прочности проводят быстрое замораживание форм, изготовленных по специальной технологии. Газопроницаемость замороженных форм на 20–30% выше, чем сырых, поэтому появляется возможность применения более мелкозернистых песков, что улучшает чистоту поверхности отливок. Качество поверхности и точность отливок, полученных в замороженных формах, выше, чем отливок, полученных в сырых песчано-глинистых формах. Области и масштабы применения метода изготовления форм замораживанием ограничивают высокая энергоемкость, сложность оснастки и оборудования, а также дефицитность хладагента.

6.3. Способы извлечения моделей из полуформ

Применяемые в формовочных машинах механизмы для извлечения моделей из полуформ подразделяют на две группы:

1) *без поворота полуформы перед извлечением модели* – штифтовой, штифтовой с применением протяжной плиты и рамочный;

2) с поворотом полуформы перед извлечением модели – поворотной плитой машины, поворотной колонной машины, перекидным столом машины.

6.3.1. Извлечение модели без поворота полуформы

Штифтовой съём полуформы (рис. 6.21) осуществляется четырьмя движущимися вверх штифтами 3, которые, проходя через отверстия или вырезы в модельной плите 2, поднимают полуформу 1. При этом стол машины 5 с закрепленной на нем модельной плитой с моделью 4 остается неподвижным. Штифты, закрепленные на общей раме, выдвигаются пневматическим или пневмогидравлическим приводом.

Чтобы избежать обвалов смеси во время съема полуформы, все штифты устанавливают строго на одном уровне. Штифтовой съём полуформ применяют на машинах и на полуавтоматах при изготовлении форм с использованием простых по конфигурации и невысоких моделей. Такая рекомендация обусловлена тем, что края полости 6 верхней полуформы при извлечении моделей находятся на весу и могут разрушиться и обвалиться.

Штифтовой съём полуформы протяжной плитой (рис. 6.22) применяется при производстве отливок сложной конфигурации и с небольшими уклонами вертикальных стенок (зубчатые колеса с литым зубом, корпус радиаторов и др.).

Протяжные плиты имеют одно или несколько специально вырезанных отверстий, точно соответствующих наружному контуру модели. При извлечении модели 1 из полуформы 2 штифты 6, проходя через отверстия модельной плиты 4, поднимают протяжную плиту 3, а вместе с ней полуформу 2.

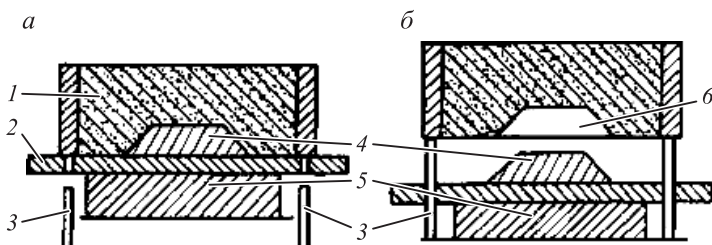


Рис. 6.21. Последовательность технологических операций извлечения модели из полуформы штифтами:

а – после уплотнения смеси; б – после съема полуформы; 1 – полуформа; 2 – модельная плита; 3 – штифты; 4 – модель; 5 – стол машины; б – полость верхней полуформы

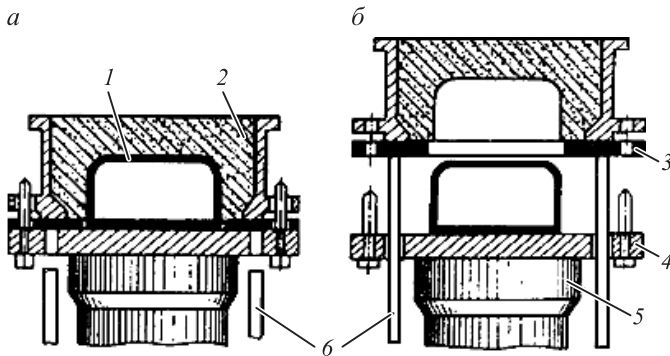


Рис. 6.22. Последовательность технологических операций извлечения модели протяжной плитой:

а – после уплотнения смеси; *б* – после съема полуформы; 1 – модель; 2 – полуформа; 3 – протяжная плита; 4 – модельная плита; 5 – стол машины; 6 – штифты

При этом стол машины 5 остается неподвижным. В таком случае поломка формы исключена, так как вся нижняя поверхность полуформы целиком опирается на протяжную плиту.

Рамочный съем полуформы (рис. 6.23) аналогичен штифтовому, за исключением того, что, учитывая невысокую жесткость штифтов, на более мощных машинах и полуавтоматах их заменяют рамкой 4, охватывающей контуры модельной плиты 2.

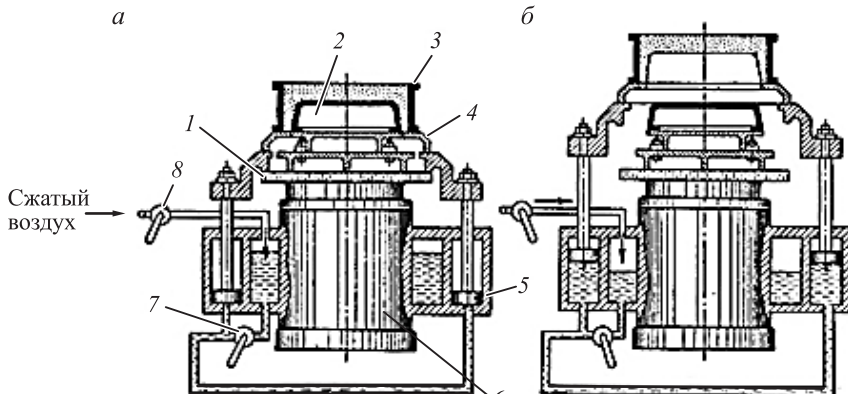


Рис. 6.23. Последовательность технологических операций извлечения модели из полуформы подъемом рамки пневмогидравлическим приводом:

а – после уплотнения смеси в опоке; *б* – после съема полуформы; 1 – стол машины; 2 – модельная плита; 3 – полуформа; 4 – рамка съема полуформы; 5 – поршни пневмогидравлического привода; 6 – бак с маслом; 7 – дроссель; 8 – воздухораспределительный клапан

Машины со штифтовым и рамочным съемом полуформы применяются при изготовлении верхних полуформ, так как в этом случае исключается операция кантовки полуформ при сборке.

6.3.2. Извлечение модели с поворотом полуформы

Извлечение модели поворотной плитой (рис. 6.24) осуществляется на машинах, которые обычно изготавливают нижние полуформы. После уплотнения смеси в опоке встряхиванием (рис. 6.24, а) поворотная плита 3 с закрепленными на ней модельной плитой 4 и полуформой 2 кантуется для установки над приемным столом 5 (рис. 6.24, б). После того как будут сняты зажимы, скрепляющие опоку с поворотной плитой 3, модель 1 извлекается из полуформы при подъеме и последующем опускании приемного стола 5 вместе с полуформой.

Извлечение модели поворотной колонной (рис. 6.25) осуществляется в некоторых конструкциях современных формовочных машин. После уплотнения смеси в опоке (рис. 6.25, а) полуформа 2 вместе с модельной плитой, встряхивающе-прессовым механизмом 1 и прессовой колодкой 3 поворачивается в цапфе 4 на 180° (рис. 6.25, б). После освобождения полуформы от пневмозажимов она на прессовой колодке 3 опускается вниз, что обеспечивает плавное извлечение модели. Готовая полуформа транспортируется на сборку, а встряхивающе-прессовый механизм возвращается в исходное положение.

Извлечение модели перекидным столом (рис. 6.26) осуществляется на формовочных машинах моделей 232–236, применяемых при

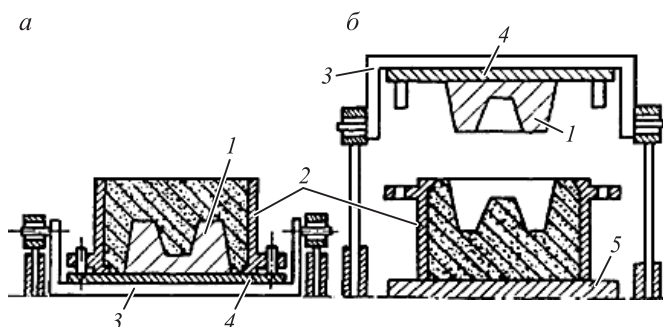


Рис. 6.24. Последовательность технологических операций извлечения модели на машине с поворотной плитой:

а – после уплотнения смеси; б – после съема полуформы; 1 – модель; 2 – полуформа; 3 – поворотная плита; 4 – модельная плита; 5 – приемный стол

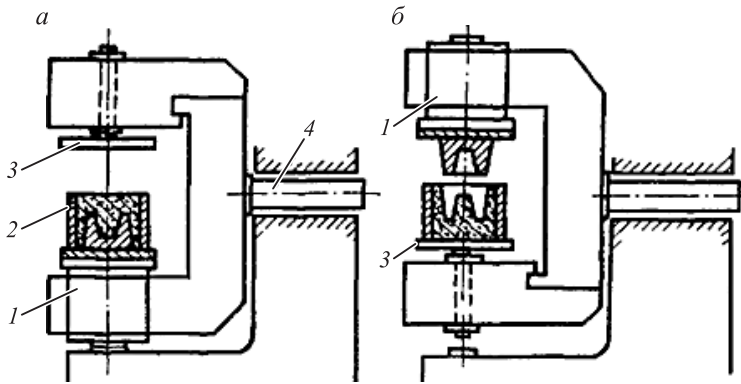


Рис. 6.25. Последовательность технологических операций извлечения модели на машине с поворотной колонной:

а – после уплотнения смеси; *б* – после съема полуформы; 1 – встряхивающе-прессовый механизм; 2 – полуформа; 3 – прессовая колодка; 4 – цапфа

изготовлении нижних полуформ. Способ обеспечивает выдачу полуформ разъемом вверх, т.е. в положение, удобное для установки стержней и сборки форм. Кроме того, эти машины (так же, как и машины с поворотной плитой и поворотной колонной) применяют при формовке моделей со сложной конфигурацией, когда в нижней полуформе имеются массивные и высокие сырые выступающие части формы, а также при использовании подсушиваемых, химически твердеющих и самотвердеющих смесей.

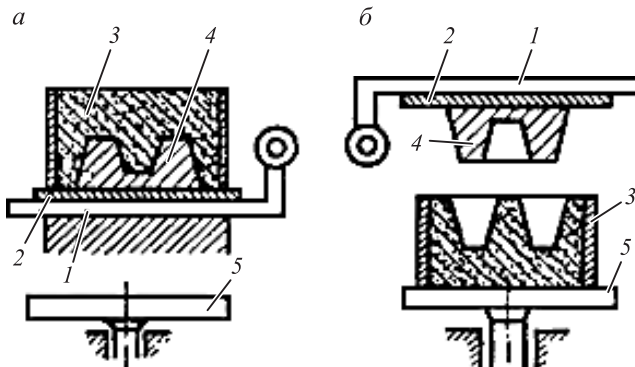


Рис. 6.26. Последовательность технологических операций извлечения модели на машине с перекидным столом:

а – после уплотнения смеси; *б* – после съема полуформы; 1 – перекидной стол; 2 – модельная плита; 3 – полуформа; 4 – модель; 5 – приемный стол

После уплотнения смеси в опоке (рис. 6.26, *а*) перекидной стол 1 машины с закрепленной модельной плитой 2 и полуформой 3 перекидывается на вынесенный в сторону приемный стол 5 (рис. 6.26, *б*), который для этой цели поднимается вверх. После отсоединения опоки от модельной плиты 2 приемный стол 5 с полуформой 3 опускается вниз, способствуя тем самым извлечению из нее модели 4.

При использовании машинной формовки для облегчения извлечения модели из полуформы применяют пневматические, турбоинерционные или электрические вибраторы, обеспечивающие вибрацию модельной плиты и улучшающие отделение модели от смеси. Машины с поворотной плитой, поворотной колонной и перекидным столом менее производительны, чем машины со штифтовым и рамочным съемом, из-за дополнительной операции поворота плиты и колонны или перекидывания стола. С учетом этого на практике применяют систему организации производства, при которой нижние полуформы изготавливают на машинах с механизмами переворота полуформ на 180°, а верхние – на машинах без таких механизмов.

6.4. Изготовление форм на автоматических формовочных линиях

Появление автоматических формовочных линий (АФЛ) в литейном производстве обусловлено ростом потребности в отливках, отличающихся *высокой стабильностью качества в рамках выпускаемых партий*. Это может быть обеспечено при полной автоматизации условий и производственно-технологических параметров процесса производства отливок. Все формовочные линии сконструированы по принципу классического поточного конвейера, который позволяет разделить выполнение технологических операций по месту и времени. Современные формовочные линии работают в автоматическом режиме и наделены возможностью гибкой автоматической переналадки на выпуск изменяющейся номенклатуры. Количество операций, выполняемых на АФЛ вручную, сведено к минимуму. Управление работой линии ведется посредством запуска программ на центральном управляющем процессоре.

Термин «формовочная линия» не совсем корректен, поскольку на формовочных линиях выполняются не только операции по изготовлению (формовке) полуформ, но и операции сборки, простановки стержней, заливки и выбивки. Современные формовочные системы являются эталоном автоматизации и наряду с изготовлением отливок решают задачи смесеприготовления, обрубки и очистки литья.

Основным признаком различия АФЛ является *характеристика базовой технологии формообразования*, в зависимости от которой формовочные линии разделяют на *классические* для формовки в песчано-глинистых смесях (ПГС) и формовки в *химически твердеющих смесях* (ХТС), а также АФЛ для *специальных видов литья* (вакуумной формовки, по изготовлению отливок в керамические, оболочковые формы и др.).

6.4.1. Автоматические формовочные линии для изготовления отливок в формах из сырых песчано-глинистых смесей

Автоматические формовочные линии формовки в *сырых песчано-глинистых смесях* применяют множество технологических вариантов изготовления форм. В первую очередь такие АФЛ, как и формовочные машины, ориентированы на использование определенной технологической оснастки и соответственно разделяются на две категории: *безопочные* и *опочные*. Такое разделение в полной мере относится и к формовочному оборудованию, работающему с химически твердеющими смесями.

Кроме того, основными *классификационными характеристиками* АФЛ песчано-глинистой формовки являются: способ формообразования; область назначения по виду сплава и массе отливок; вид и характеристика базовой транспортной системы (включая охлаждающие ветви); характеристика компоновочной схемы линии.

Автоматические формовочные линии безопочной формовки ориентированы на выпуск мелких отливок развеса из черных и цветных сплавов и отличаются высокой производительностью (до 400 форм в час), обусловленной применением двусторонней модельной оснастки. Основными недостатками безопочных формовочных линий являются несколько ограниченный по геометрической сложности ассортимент отливок, а также регламентирование металлоемкости литейных форм.

В области опочной формовки традиционные встряхивающие формовочные машины с подпрессовкой в современных АФЛ заменяются машинами, использующими *комбинированные способы* уплотнения с обязательной стадией уплотнения энергией сжатого воздуха. Такая стадия позволяет осуществлять качественную формовку мелких, рельефных элементов модели, а также проформовывать труднодоступные для других способов места модельно-опочного пространства.

Все существующие типы **АФЛ безопочной формовки** в песчано-глинистых смесях реализуют пескодувно-прессовый способ формообразования с последующим горизонтальным или вертикальным

расположением плоскости разъема форм. По этому признаку линии данного типа разделяют на линии вертикальной и горизонтальной формовки.

В автоматических линиях **вертикальной формовки** изготовление, транспортирование, заливка и охлаждение форм ведутся при горизонтальном расположении плоскости разъема формы и транспортировании форм сплошной неразрывной колонной. Литниковая система в таких формах полностью располагается в плоскости разъема. Такое общее расположение в сочетании с конструктивными особенностями транспортной системы и отсутствием жакетной оснастки ограничивает общую металлоемкость форм на данных АФЛ уровнем порядка 60–70 кг при литье черных сплавов. Вместе с тем эти же особенности позволяют обеспечить на линиях с вертикальной плоскостью разъема наиболее высокую среди всех АФЛ производительность.

Структурно автоматическая формовочная линия вертикальной формовки (рис. 6.27) базируется на транспортной системе из прецизионного

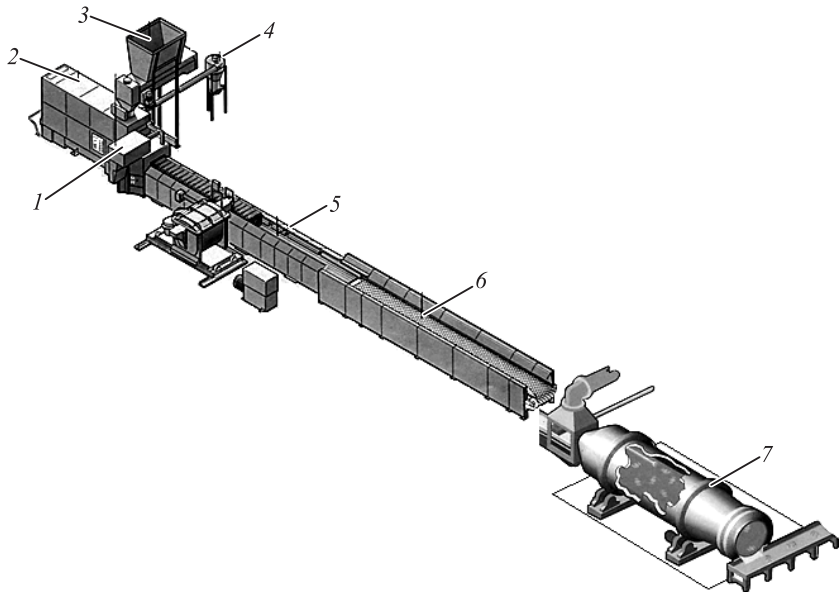


Рис. 6.27. Устройство автоматической формовочной линии вертикальной формовки «DISAMATIC»:

1 – стержнеукладчик; 2 – формовочная машина; 3 – установка подачи смеси; 4 – циклон; 5 – синхронизированный ленточный конвейер; 6 – прецизионный конвейер форм; 7 – охлаждающий выбивной барабан «ДИСАКУЛЬ»

конвейера форм 6, синхронизированного ленточного конвейера 5 и состоит из формовочной машины 2, оснащенной комбиукладчиком для простановки стержней, модулем автоматической смены модельной оснастки и установкой автоматического дозирования и подачи формовочной смеси 3, охлаждающего выбивного барабана «ДИСАКУЛ» 7, автоматизированной системы управления. Достаточно часто данные линии комплектуются автоматическими заливочными устройствами.

Формовочная машина «DISAMATIC» предназначена для изготовления форм с высоким уровнем плотности и равномерной твердостью методом пескодувно-прессовой формовки.

Прецизионный конвейер форм (рис. 6.28, а, б) – независимый от формовочной машины модуль, предназначен для перемещения колонны форм в фиксированном состоянии, устраняет возможность смещения полуформ по разъему, что является принципиально важным при проведении заливки и транспортировании форм до полной кристаллизации отливков.

Синхронизированный ленточный конвейер (рис. 6.28, б) предназначен для перемещения цепочки форм в зону охлаждения. Длина зависит от времени, необходимого для охлаждения отливок в формах.

Комбиукладчик (рис. 6.29) – робот, предназначенный для автоматической укладки стержней, а также для автоматической замены модельных плит и стержневых ящиков.

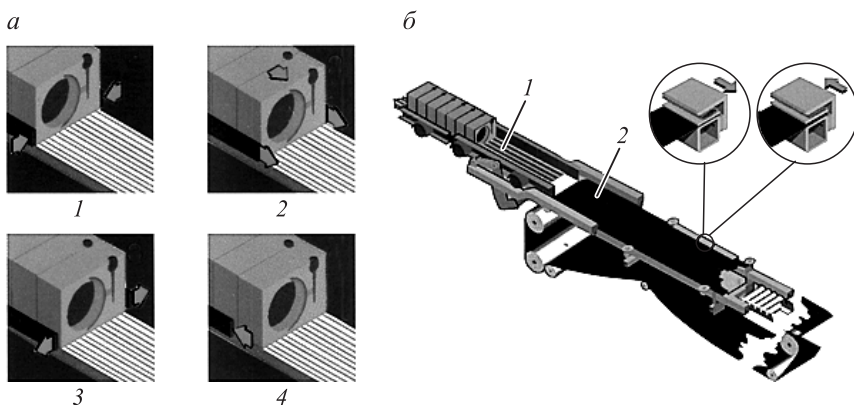


Рис. 6.28. Последовательность технологических операций транспортной системы линии безопасной формовки:

а – работа шагового прецизионного конвейера: 1 – скрепление полуформ боковыми шинами; 2 – подъем и перемещение форм в скрепленном состоянии; 3 – раскрепление форм; 4 – возврат транспортирующего конвейера в исходное положение; б – общий вид транспортной системы: 1 – прецизионный шаговый конвейер форм; 2 – синхронизированный ленточный конвейер

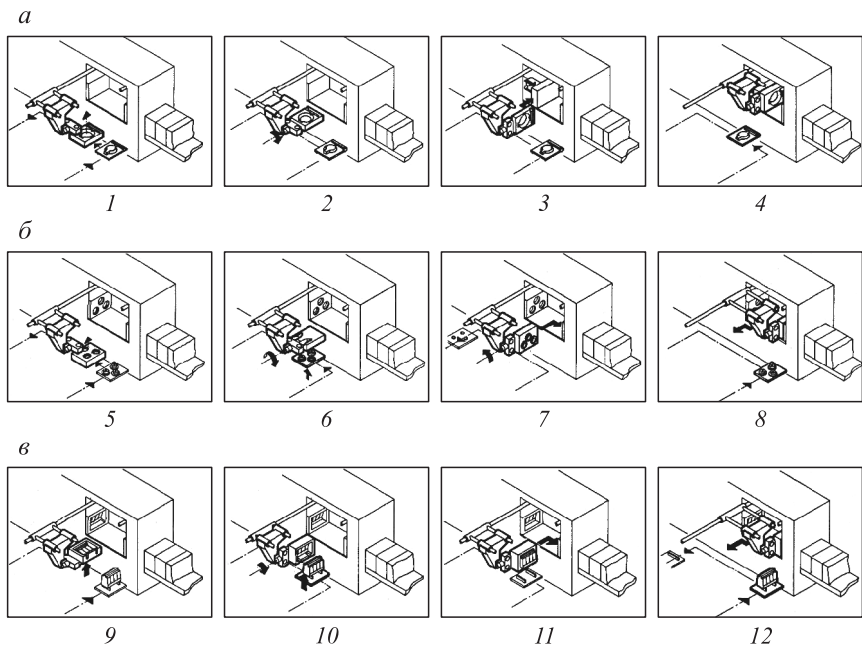


Рис. 6.29. Последовательность технологических операций, выполняемых комбиукладчиком:

а – замена модельных плит: 1 – модельная плита для пресс-плиты подается горизонтально с транспортной системы; 2 – комбиукладчик берет модельную плиту в горизонтальном положении, поворачивает ее на 90° ; 3 – комбиукладчик пододвигает модельную плиту вплотную к пресс-плите; 4 – модельная плита для поворота пресс-плиты занимает свое положение на транспортной системе, а комбиукладчик возвращается в исходное положение; *б* – простановка стержней, подаваемых горизонтально: 5 – стержневая маска подается горизонтально, комбиукладчик берет ее. Поддон с горизонтально поданными стержнями занимает свое положение; 6 – поддон со стержнями перемещается вверх, в положение, из которого стержни забираются стержневой маской; 7 – комбиукладчик поворачивается на 90° и перемещается в положение для простановки стержней в полость формы пресс-плиты; 8 – вакуум, удерживающий стержни, сбрасывается, и стержни проставляются в форму. Комбиукладчик отходит за новым комплектом; *в* – простановка стержней, подаваемых вертикально: 9 – комбиукладчик берет стержневую маску с транспортной системы; 10 – поддон с вертикально расположенными стержнями занимает положение, из которого стержни забираются маской комбиукладчика; 11 – комбиукладчик перемещается вплотную к полости формы пресс-плиты. Стержни можно также проставить в форму поворотом пресс-плиты; 12 – стержневая маска/комбиукладчик отводится, оставив стержни в полости формы после сброса вакуума

Чтобы обеспечить возможность изготовления небольших партий отливок и быстрой (в пределах 60 с) автоматической замены модельных плит, используется автоматический модуль в одном блоке с комбиукладчиком.

Выбивной барабан «ДИСАКУЛ» (рис. 6.30) выполняет несколько операций по выбивке, предварительной обработке смеси и отливкам:

- отливки отделяются от формовочной и стержневой смеси;
- смесь и отливки охлаждаются во время непрерывного процесса очистки внутри барабана; процессу способствует управляемое добавление воды;
- отливки отделяются от литниковых систем;
- комья смеси разминаются и разбиваются, и она готова к повторному дроблению;
- пыль и дым удаляются из определенного участка внутри барабана;
- обеспечивается низкий уровень шума.

Установка автоматической подачи формовочной смеси в формовочную машину обеспечивает необходимую дозировку смеси при надуве формы, а также изменение дозировки при переходе на выпуск новой номенклатуры.

Автоматизированная система управления включает микрокомпьютер. Обеспечивает автоматизированное управление формовочной машиной, диагностику, соблюдение технологического режима, регулирование времени охлаждения отливок в формах, управление процессами

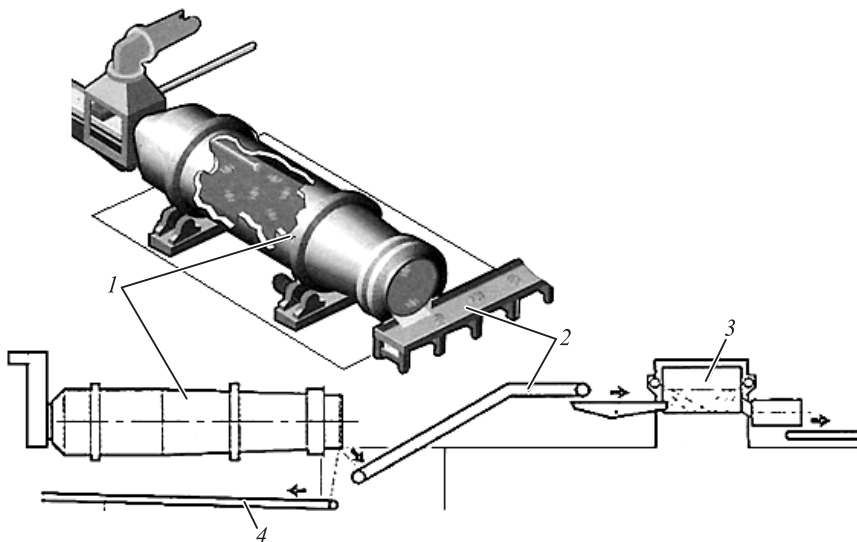


Рис. 6.30. Устройство установки выбивки литья в АФЛ вертикальной формовки «DISAMATIC»:

- 1 – выбивной барабан «ДИСАКУЛ»; 2 – транспортеры передачи литья; 3 – дробемерная камера; 4 – транспортер передачи выбитой горелой смеси

подготовки и подачи формовочной смеси, плавки и заливки металла в формы, а также сбор и обработку необходимой информации.

Автоматические линии *горизонтальной формовки* реализуют классическую компоновку литейной формы с горизонтальным расположением плоскости разъема при заливке и стандартным типом расположения литниково-питающей системы. Это, а также применение скрепляющих жакетов и пригрузов позволяет увеличить габариты и соответственно металлоемкость литейных форм на подобных АФЛ до 120–140 кг.

Структурно АФЛ с горизонтальной плоскостью разъема (рис. 6.31) базируются на транспортных системах из параллельных ветвей тележечных или палетных конвейеров с гидроприводом и замыкающими передаточными тележками.

В состав автоматической линии входят формовочный автомат 2, оснащенный модулем автоматической смены модельной оснастки и установкой автоматического дозирования и подачи формовочной смеси, система механизмов наложения и снятия жакетов и пригрузов 1, две параллельные транспортные ветви для заливки 8 и охлаждения форм в жакетах 6, ленточный конвейер охлаждения отливок в коме смеси 5, установка выбивки отливок, автоматическая система управления работой линии.

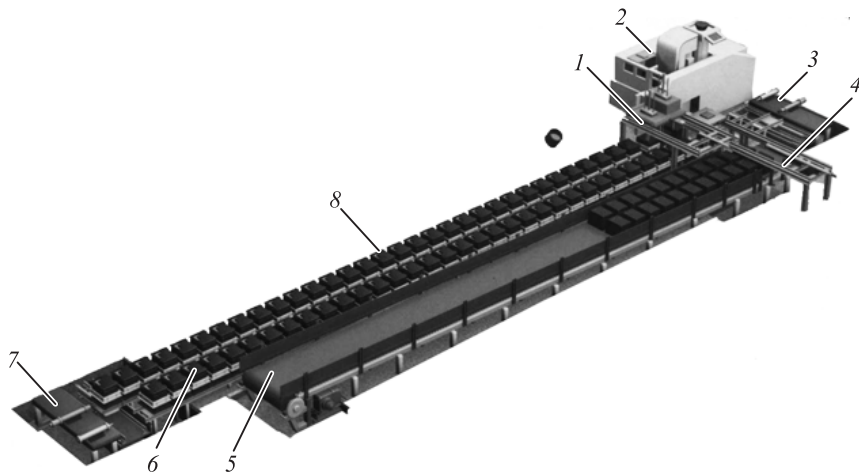


Рис. 6.31. Устройство автоматической формовочной линии с горизонтальной плоскостью разъема:

1 – устройство скрепления полуформ жакетами; 2 – формовочный автомат с автоматическими системами смены моделей и протановки стержней; 3 – механизм возврата тележек; 4 – устройство для снятия жакетов; 5 – ленточный конвейер для охлаждения отливок в коме смеси; 6 – ветвь охлаждения в жакетах; 7 – передаточная тележка; 8 – заливочная ветвь

Формовочные машины линий безопасной формовки с горизонтальной плоскостью разъема представлены двумя типами формовочных автоматов, технологически и конструктивно реализующих пескодувно-прессовый способ уплотнения смеси. В формовочных автоматах первого типа – FBO (рис. 6.32, а) вторая стадия уплотнения осуществляется боковым прессованием, а в автоматах второго типа – FBM (рис. 6.32, б) – верхним и нижним прессованием. При этом формовочная машина FBO снабжена механизмом вдува, расположенным сверху, в то время как вдувной механизм формовочной машины FBM располагается сверху и снизу. В машинах FBO модельная плита зажимается между съемными опоками, поворачивается на 90° и устанавливается под клапаном вдува. Формовочная смесь вдувается в полость сверху по направлению плоскости модельной плиты, одновременно заполняя опоку вокруг моделей. В машине FBM смесь вдувается одновременно сверху и снизу в направлении, перпендикулярном плоскости модельной плиты.

Выбор той или иной машины зависит от вида отливки, которую требуется произвести. Наиболее эффективными и, соответственно, распространенными являются формовочные автоматы FBO. Под эффективностью в данном случае понимается сочетание таких показателей, как технологические возможности формовки моделей различной сложности, качество литейных форм, энергоэффективность работы, компактность и технологичность конструкции.

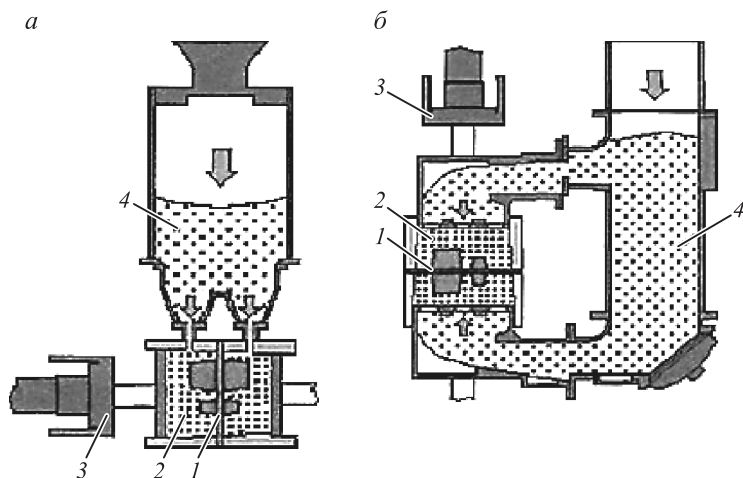


Рис. 6.32. Устройство безопасных формовочных машин:

а – FBO с верхним вдувом смеси; б – FBM с верхним и нижним вдувом смеси; 1 – модельная плита с моделями; 2 – формовочная камера со съемными опоками; 3 – прессовые плиты; 4 – узел надува смеси с клапанами вдува

В современных *АФЛ опочной формовки* используются проходные формовочные автоматы двух типов:

- *однопозиционные*, на которых изготавливается только одна полуформа (либо верхняя, либо нижняя), следовательно, такие формовочные линии имеют два формовочных автомата;

- *двухпозиционные*, на которых благодаря челночной или карусельной смене оснастки последовательно изготавливают верхнюю и нижнюю полуформы. Такие линии нашли большее распространение благодаря наличию одного формовочного автомата и, соответственно, более низкой стоимости. Однако следует отметить, что в сравнении с АФЛ на базе однопозиционных автоматов эти линии имеют более низкую производительность.

На всех опочных автоматических линиях рабочие операции при изготовлении форм осуществляются в одной и той же последовательности: выдавливание кома смеси с отливкой и выбивка форм, распаривание и очистка опок, изготовление новых полуформ, их подготовка, комплектация и сборка, заливка форм металлом, охлаждение в ходе транспортирования к месту выбивки.

Указанные технологические операции в процессе изготовления отливок выполняются отдельными машинами и механизмами по *поточному принципу* посредством передачи модельно-опочной оснастки и материалов специальными *автоматическими транспортными системами*. Основу транспортной части современных опочных АФЛ составляют ветви неприводных рольганговых или тележечных конвейеров с системой плавного гидропривода. Несущим элементом транспортных систем АФЛ служат либо специальные подопочные плиты (палеты), либо тележки.

Транспортная часть типовой опочной АФЛ фирмы HWS (рис. 6.33) включает пять параллельных транспортных ветвей, отличающихся функциональным назначением: формовочную 6, подготовительно-заливочную 5 и три охладительные 15. На каждой из ветвей установлено соответствующее функциональному назначению оборудование. Передача форм, полуформ и опок между различными транспортными ветвями осуществляется с помощью специальных передаточных тележек 14 или перестановочных механизмов 2.

Процесс изготовления отливки на линии начинается с выбивки и высвобождения опок. Для выбивки охлажденная форма передается с транспортировочной тележки (палеты) на вибрационную выбивную решетку 13.

Форму приподнимают на несколько сантиметров и передают на лоток перед выбивной решеткой 13. Ком смеси с отливкой прошивной плитой выбивается из опок. Перед такой выбивкой боковая стенка лотка

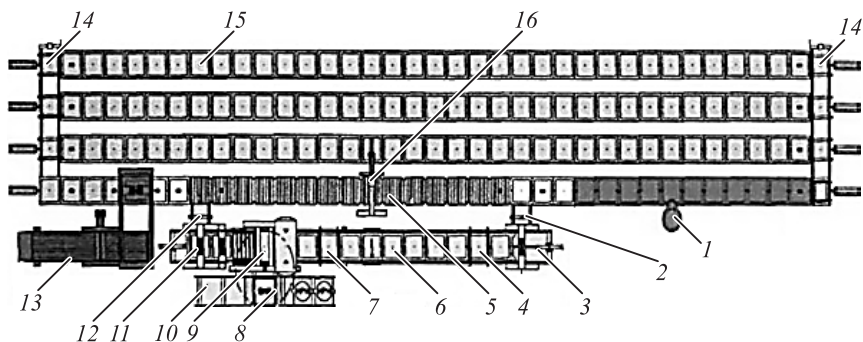


Рис. 6.33. Устройство автоматической формовочной линии фирмы HWS:

1 – заливочное устройство; 2 – механизм перестановки форм; 3 – механизм сборки форм; 4 – кантователь обратный; 5 – подготовительно-заливочная ветвь; 6 – формовочная ветвь; 7 – кантователь прямой; 8 – устройство замены моделей; 9 – формовочный автомат; 10 – участок замены оснастки; 11 – распаровщик опок; 12 – механизм перестановки; 13 – выбивная решетка; 14 – передаточные тележки с гидروприводом; 15 – охлаждающая ветвь; 16 – устройство очистки подопочных плит

откидывается вниз и образует мостик между тележкой и дном лотка, по которому высвобожденный из опок ком сдвигается скребком на выбивную решетку. На выбивной решетке ком распадается и освобождает отливку, которую забирают из смеси с помощью манипулятора. При этом оператор манипулятора может останавливать работу выбивной решетки. После выбивки опока возвращается обратно на транспортную тележку (палету) и на ней подается на участок распаровывания (разделения). Распаровщик 11 вначале освобождает механические замки скрепления обеих полуформ и поднимает верхнюю опоку на высоту роляганга формовочной линии, а после ее отвода толкающим цилиндром формовочной линии забирает нижнюю опоку. В результате шаговой подачи опоки попадают на участок очистки и контроля, где их внутренние стенки, лад опоки и прилегающие поверхности очищаются от остатков смеси. Приставшие брызги металла регистрируются контрольным устройством и могут приводить к остановке линии. Затем опоки попадают в формовочный автомат 9, где они собираются в опочно-модельный комплект, заполняются формовочной смесью и уплотняются.

Преобладающее большинство современных формовочных автоматов изготавливают полуформы контрладом вверх. Для визуального осмотра изготовления литниковой воронки и вент каналов полуформы необходимо кантовать. *Кантователи*, выпускаемые большинством производителей, представляют собой поворотный (в вертикальной плоскости) барабан. Полуформа удерживается в кантователе рамкой, на которой

по ладу и контрладу установлены ролики. Расстояние между роликами регулируется в зависимости от высоты опоки. Для кантовки полуформа выезжает по роликам лада в кантователь, а после кантовки выезжает из кантователя по роликам контрлада.

После того как формы выйдут из машины и кантователь повернет их на 180° контрладом вверх, расположенный под рольгангом неподвижный нож срезает при движении ряда опок избыток смеси на задней стороне формы. На последующем участке фреза с управлением от компьютера изготавливает на обратной стороне верхней полуформы одну или несколько литниковых воронок и вентиляционные каналы. Затем обе половины формы опускаются на участок простановки стержней. Нижняя опока устанавливается на транспортировочную тележку, которая на участке накопления заводится на участок простановки стержней. Верхняя опока находится на рольганге, устроенном таким образом, что по участку простановки стержней попеременно следуют одна верхняя опока и одна тележка.

На линиях опочной формовки стержни обычно проставляются вручную. Использование роботизированных комплексов в настоящее время сдерживается невозможностью обеспечения быстрого и высокоточного позиционирования стержней относительно положения стержневых гнезд в полуформе.

Сборка укомплектованных форм на формовочных линиях с двухпозиционными формовочными автоматами, как правило, производится последовательным проведением следующих операций, выполняемых на *универсальном спаривателе*:

- кантовка верхней полуформы кантователем;
- подъем верхней полуформы подъемником;
- подвод нижней полуформы под верхнюю толкающим устройством;
- подъем нижней полуформы до спаривания с верхней и совместное опускание на уровень линии подъемником.

На формовочных линиях с двумя однопозиционными формовочными машинами возможна установка конвейера верхних полуформ на более высокий уровень, что позволяет отказаться от операции подъема верхней полуформы. После сборки полуформы скрепляются механическими замками, предусмотренными конструкцией опок.

Перестановщиком форма перемещается на предварительно очищенную тележку (палету) подготовительно-заливочной транспортной ветви и подается на позицию заливки. Для заливки форм на линиях применяются различные устройства – как ручные поворотные ковши различных типов, так и автоматические заливочные устройства.

Залитая форма поступает на охладительные ветви формовочной линии. Минимальная длина и количество ветвей определяется максимальным временем охлаждения выпускаемых отливок и производительностью формовочного автомата. Каждая из охладительных ветвей может использоваться как накопительный участок и отключаться для более длительного выдерживания отливок, для которых требуется продолжительный период охлаждения.

Для большей компактности охладительные ветви формовочной линии часто располагаются по вертикали (эстакада). Формы между охладительными ветвями транспортируются соответственно толкателями или подъемниками.

Для отвода выбитых отработавших смесей и просыпей на формовке нужен один ленточный конвейер и, соответственно, только один тоннельный канал для уборочного конвейера под формовочной линией.

Формовочная линия имеет электронное управление и контролируется автоматизированной системой управления, которая позволяет быстро диагностировать появившиеся неисправности, вести регистрацию производственных параметров, причин неисправностей и времени простоев и тем самым постоянно контролировать работу линии.

6.4.2. Автоматические формовочные линии для изготовления отливок в формах из химически твердеющих смесей

Автоматические формовочные линии для изготовления отливок в формах из ХТС в большинстве случаев предназначены для безопасной формовки, поскольку прочность таких смесей достаточна для получения отливок даже средней и крупной массы. В этом случае технологический принцип способа позволяет максимально приблизить размер формы к конфигурации и размерам отливки, что, в свою очередь, обеспечивает минимальный расход относительно дорогостоящих формовочных и стержневых смесей. Кроме того, применение на данных АФЛ невентилируемой модельно-жакетной оснастки из полимерных материалов и древесины, а также отсутствие необходимости унификации оснастки создают уникальную возможность применения линий в условиях гибкого многономенклатурного производства.

Все АФЛ для изготовления отливок в формах из ХТС разделяют на два типа, отличающихся конструктивным принципом организации формовочного участка:

- линии с формовочным участком на базе двух параллельных палетных или тележечных ветвей с передаточной тележкой;
- линии с формовочным участком на базе карусельной установки.

Во всех случаях базовый принцип формовки предполагает применение спутниковой оснастки, когда модельно-жакетный комплект сопро-

вождает форму до ее полного затвердевания, а на участке формовки линии одновременно находится в работе несколько модельно-жакетных комплектов.

Примером АФЛ с формовочным участком на базе параллельных транспортных ветвей являются линии «Fast Loop» итальянской компании IMF (рис. 6.34).

Формовочные линии выпускаются в широком ассортименте, начиная от систем, управляемых вручную или полуавтоматически, до полностью автоматизированных линий. Степень автоматизации как линии в целом, так и отдельных ее компонентов может меняться в зависимости от требований производства. Все оборудование имеет надежную систему управления, которая осуществляет автоматический контроль за всеми производственными процессами с помощью персонального компьютера (ПК). Дополнительная установка диагностического оборудования позволяет осуществлять постоянный контроль за функционированием отдельных узлов системы.

Структурно линия разделяется на несколько блоков оборудования по функциональному назначению.

Формовочный блок АФЛ включает в себя три основных участка: участок подготовки форм, участок формовки и участок протяжки форм. Эти участки связаны транспортной системой, каждый отрезок которой

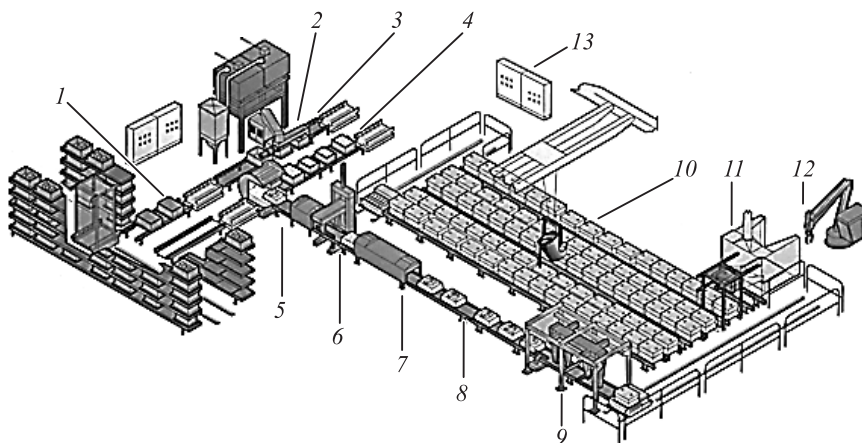


Рис. 6.34. Компонновка литейного участка с использованием оборудования «Fast Loop»: 1 – склад моделей; 2 – наполнение жакета модели ХТС, уплотнение; 3 – счистка излишков ХТС; 4 – выдержка для отверждения ХТС; 5 – удаление модели; 6 – окраска формы; 7 – подсушка окрашенных форм в проходных камерах инфракрасного нагрева; 8 – простановка стержней; 9 – покрытие полуформой верха; 10 – участок заливки форм металлом; 11 – выбивка форм; 12 – манипулятор для удаления отливок от выбивки; 13 – щиты электроуправления

действует самостоятельно, перемещая формы на свободный участок для следующей операции. Система имеет возможность одновременно проводить операции с 6–8 формами различных конфигураций.

Блок подготовки и комплектации форм снабжен дополнительным оборудованием для окраски, сушки, комплектации и сборки форм.

Блок оборудования заливки, охлаждения и выбивки форм представлен тремя конвейерами для заливки и охлаждения с передаточными тележками, а также установкой выбивки. В состав АФЛ также входит комплекс оборудования для регенерации отработанной смеси.

Безопочное формовочное оборудование АФЛ «Fast Loop» (рис. 6.34) сконструировано для форм размерами от 800×800×100/100 мм до 1800×3400×680/680 мм. В зависимости от размеров формы, а также от типов используемого технологического оборудования производительность формовочных комплексов составляет от 8 до 30 безопочных форм в час. Изготовление форм ведется в технологической последовательности, представленной далее.

1. *Смена модели.* Участок, на котором происходят смена моделей и подготовка модельно-жакетной оснастки к формовке, как правило, подключен к автоматическому складу моделей 1. Операция по смене модели происходит в течение одного тактового цикла, управляемого с помощью ПК.

2. *Заполнение формы.* Производительность шнековых смесителей, применяемых для заполнения формы, составляет, как правило, от 6 до 60 т/ч. Они снабжены одним или двумя рукавами, которые приводятся в движение с помощью серводвигателей, заполнение формы осуществляется на участке 2.

3. *Уплотнение смеси и удаление излишков.* После заполнения формы песчано-смоляной формовочной смесью происходит уплотнение смеси на работающем вибрационном столе, совмещающем функцию роликового транспортера. Излишки смеси удаляются автоматически с помощью специального устройства – ножа – на участке 3.

4. *Отверждение смеси.* Зона отверждения формовочной смеси 4 состоит из нескольких участков роликового транспортера, приводящихся в действие по отдельности индивидуальными приводами и варьирующихся в зависимости от производительности и применяемых процессов. Благодаря наличию ускорителей и замедлителей, установленных на каждом участке роликового транспортера, транспортировка происходит плавно и мягко.

5. *Отделение формы от модели.* Барабанный кантователь удерживает заполненную смесь модельно-жакетную оснастку между фиксиру-

ющим жакет столом и прижимным ленточным транспортером на участке 5. После поворота на 180° при воздействии вибрации производится протяжка полуформы, и половина отвердевшей литейной формы оказывается на ленточном транспортере, с помощью которого она направляется на участок окрашивания противопригарной краской 6. Модельно-жакетная оснастка после повторного поворота на 180° возвращается на участок заполнения либо в зону смены моделей.

6. *Окрашивание полуформ.* Полуформы окрашиваются с помощью манипуляторов. Они устанавливают форму в оптимальное положение для конкретного процесса ее окраски (либо обливом, либо краскопультом) с учетом эргономики.

7. *Подсушка окрашенных частей формы.* Поверхностная сушка форм производится, как правило, в проходных камерах инфракрасного нагрева 7. При необходимости возможна установка сушильного устройства для предварительного подогрева поверхности форм перед окраской, что обеспечивает ускоренное затвердевание формы.

8. *Сборка форм* производится в полуавтоматическом и автоматическом режимах. В первом случае используются манипуляторы, закрепленные на сервисном кране, во втором – неподвижные манипуляционные станции. Если время цикла позволяет, то формы с уже вложенными стержнями собираются с помощью полностью автоматизированных устройств. Оборудование самостоятельно выполняет все необходимые операции без вмешательства оператора независимо от типа формы.

9. *Заливка форм.* Установленные на разливочной платформе формы транспортируются с помощью специальных транспортных устройств в зону заливки их металлом 10. Заливка может производиться заливочными ковшами всех типов, а также автоматическими заливочными устройствами.

10. *Выбивка остывших форм.* После охлаждения формы с отливками попадают на вибрационную установку, оснащенную выбивной решеткой или проходным охладительным барабаном. После отделения от отливки песок направляется на участок регенерации, а затем используется повторно.

Автоматические формовочные линии с формовочным участком на базе карусельной установки (рис. 6.35, 6.36) комплектуются аналогичными узлами и механизмами.

В их структуре также выделяют пять функциональных блоков оборудования: *формовочного, подготовительно-сборочного, заливочно-охладительного, выбивного и оборудования для регенерации.* Работа

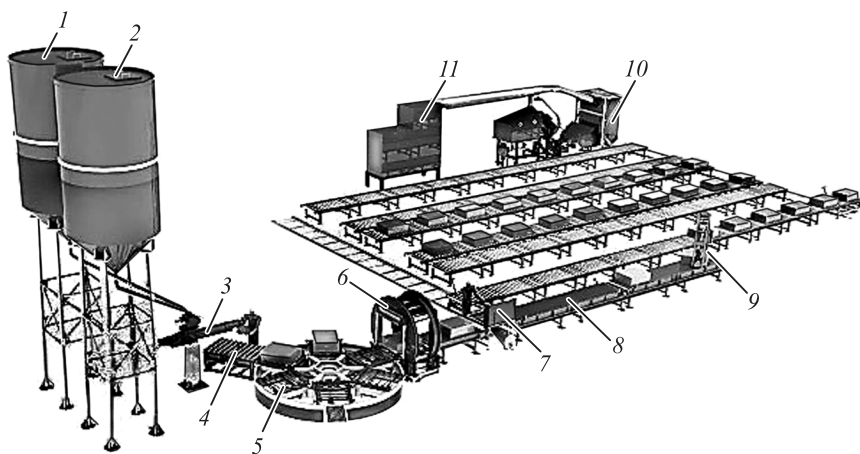


Рис. 6.35. Автоматическая линия по изготовлению форм из ХТС компании «ОМЕГА»: 1 – бункер регенерированного песка; 2 – бункер свежего песка; 3 – смеситель лопастный; 4 – вибростол; 5 – карусельная установка; 6 – кантователь с функцией протяжки; 7 – сборщик форм; 8 – транспортирующая ветвь; 9 – манипулятор-перестановщик; 10 – установка выбивки и механизированной регенерации песка; 11 – установка обеспыливания и охлаждения регенерированного песка

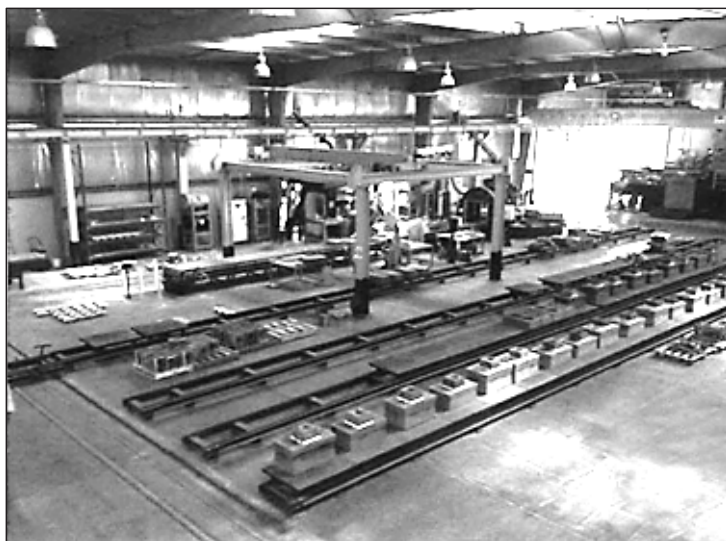


Рис. 6.36. Общий вид автоматической формовочной линии по изготовлению форм из ХТС компании «ОМЕГА»

оборудования осуществляется по тому же принципу, что и на АФЛ «Fast Loop». Основным конструктивным отличием подобных линий является организация автоматической формовки на установке карусельного типа. В ней модельно – жакетная оснастка с помощью системы толкателей поочередно подается на заполнение, виброуплотнение, а после упрочнения – на протяжку и подготовку для повторного использования.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите особенности процессов машинной формовки.
2. Дайте характеристику степени уплотнения смеси при формовке и приведите методы ее контроля.
3. Опишите прессовые методы уплотнения смеси: верхнее, нижнее, двустороннее прессование смеси, прессование многоплунжерными головками, гибкой диафрагмой.
4. Перечислите динамические методы уплотнения литейных форм.
5. Какие технологические операции выполняют при уплотнении смеси встряхиванием?
6. Каковы преимущества газоимпульсного способа уплотнения литейных форм?
7. Перечислите условия применения пескодувного и пескострельного способов уплотнения литейных форм и стержней.
8. Опишите технологию комбинированных методов уплотнения смеси.
9. Перечислите способы извлечения моделей без поворота полуформ.
10. Опишите технологию штифтового съема полуформ протяжной плитой.
11. В чем состоит особенность извлечения моделей поворотной плитой, поворотной колонной?
12. Приведите основные классификационные характеристики АФЛ.
13. Опишите устройство и технологию изготовления форм на автоматической формовочной линии вертикальной формовки «DISAMATIC».
14. Приведите очередность операций по выбивке, предварительной обработке смеси и отливок на выбивном барабане «ДИСАКУЛ».
15. Каковы особенность и технология работы безопасных формовочных машин: FBO с верхним вдвухом смеси; FBM с верхним и нижним вдвухом смеси?
16. Приведите технологию изготовления отливок на типовой опочной АФЛ фирмы HWS.
17. Назовите характерные особенности АФЛ: с формовочным участком на базе двух параллельных палетных или тележечных ветвей с передаточной тележкой; с формовочным участком на базе карусельной установки.

Глава 7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Современные технологические процессы изготовления литейных стержней по области назначения следует разделять на технологии, предназначенные для разового, единичного и многономенклатурного производства в условиях мелких серий отливок, а также технологии, ориентированные на серийное, крупносерийное и массовое производство отливок. В первом случае используются стержневые смеси с относительно длительным циклом отверждения, а технологии изготовления стержней характеризуются умеренной производительностью. При этом применяются ручные или механизированные способы производства. Во втором случае используются быстро отверждаемые стержневые смеси, предназначенные для высокопроизводительных стержневых автоматов и комплексов.

7.1. Особенности процессов изготовления литейных стержней

Среди применяемых в литейных цехах технологий изготовления стержней по способам отверждения выделяют четыре вида процессов, которые реализуются при использовании холодной («Cold-Box») или горячей («Hot-Box») стержневой оснастки:

- процессы на основе связующих композиций без применения катализаторов;
- процессы на основе связующих композиций без применения катализаторов с использованием тепловой сушки стержней;
- процессы на основе связующих композиций с применением катализаторов за счет тепла нагреваемой оснастки («Hot-Box»);
- процессы на основе связующих композиций с применением газобразных катализаторов.

Первый и второй виды процессов ориентированы на производство стержней и отливок ручным и механизированным способом и не используют возможности каталитического ускорения отверждения смеси, третий и четвертый – применяются для высокопроизводительного автоматического оборудования и основаны на принципах термического или химического каталитического отверждения. Следует отметить, что процесс изготовления стержней с использованием тепловой сушки имеет ограниченное применение, поскольку не отвечает современным техническим требованиям, предъявляемым к качеству и точности отливок, не обеспечивает стабильного качества стержней, отличается высокой

трудоемкостью, энергоемкостью и тяжелыми условиями труда рабочих. Кроме того, процессы получения стержней в нагреваемой оснастке весьма интенсивно вытесняются более современными процессами холодного отверждения с использованием газообразных катализаторов (см. табл. 2.12).

7.2. Ручное изготовление стержней

Ручное изготовление стержней используют в условиях единичного и мелкосерийного производства. Особенности процесса изготовления стержня во многом определяются конструкцией стержневого ящика, которая зависит прежде всего от конфигурации и размеров стержня, а также от числа изготавливаемых отливок. Стержни изготавливают *по неразъемным и разъемным стержневым ящикам, по вытряхному ящику с отъемными стенками, по неподвижному и протяжному шаблонам.*

Все способы ручного изготовления стержней имеют *общие основные технологические операции.*

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.

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.

Обеспечение газопроницаемости стержня. В процессе изготовления стержня стремятся обеспечить надежный вывод газов из всех отдаленных участков и выступающих частей с помощью газопроводящих вентиляционных каналов через знаки. При этом горячие газы стремятся вверх и лучше удаляются через верхние знаки.

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.

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 сушильных печах.

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.

Подготовка стержней к сборке. Готовые стержни проверяют по внешнему виду. При сборке форм не допускается использование стержней с дефектами поверхности, трещинами, сколами, недостаточно просушенных и окрашенных. При изготовлении отливок с большим числом стержней производят комплектовку, подбирают все необходимые для сборки формы стержни на одну плиту (этажерку), и направляют на участок сборки. Мелкие и сложные по форме стержни укладывают в специальные ящики, исключая повреждение при транспортировании. Особенности технологических процессов производства стержней обуславливаются типом стержневого ящика.

7.2.1. Изготовление стержней по неразъемному стержневому ящику

В неразъемных вытряхных ящиках изготавливают простые по конфигурации массивные стержни (рис. 7.1). После очистки стержневой ящик 1 покрывают разделительным составом, заполняют стержневой смесью 4, устанавливают каркасы 2, уплотняют смесь ручными или пневматическими трамбовками, затем счищают излишек смеси, делают вентиляционные каналы 3 (рис. 7.1, а) и накладывают сушильную плиту 5 (рис. 7.1, б).

После этого ящик с плитой поворачивают на 180° (рис. 7.1, в), обстукивают его деревянной киянкой для отделения стержня б от стенок и снимают (рис. 7.1, г). Остающийся на плите готовый стержень направляют в сушильную печь.

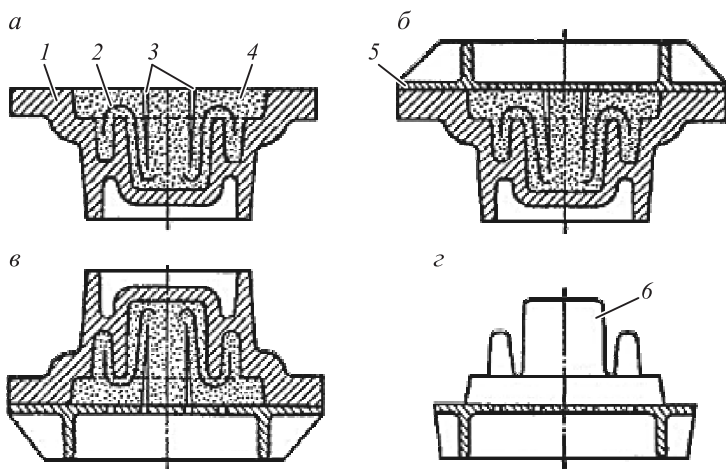


Рис. 7.1. Последовательность выполнения технологических операций изготовления стержня по неразъемному вытряхному ящику:
а – уплотнение смеси и выполнение вентиляционных каналов; *б* – установка сушильной плиты;
в – поворот ящика с плитой на 180°; *г* – сьем стержневого ящика; 1 – стержневой ящик; 2 – каркас;
 3 – вентиляционные каналы; 4 – стержневая смесь; 5 – сушильная плита; 6 – стержень

Более сложные по конфигурации стержни могут быть изготовлены в вытряхных ящиках с вкладышами.

7.2.2. Изготовление стержней по разъемному стержневому ящику

При изготовлении по разъемному ящику (рис. 7.2) стержень либо набивают в собранном ящике через открытую знаковую часть, либо отдельно формуют половинки ящика и, засыпая в них стержневую смесь 2 и уплотняя ее трамбовкой 1 (рис. 7.2, *а*). При формовке в стержень устанавливают каркас 3 (рис. 7.2, *б*) и в обеих половинках стержня прорезают вентиляционные каналы 4 (рис. 7.2, *в*). Поверхности разъема стержня смазывают клеем и обе половинки ящика соединяют (рис. 7.2, *г*). Затем ящик обстукивают и снимают верхнюю половинку ящика 5 (рис. 7.2, *д*). На стержень 7 накладывают фасонную сушильную плиту (драйер) 8 и вместе с ней поворачивают на 180°, после чего снимают нижнюю половинку ящика 6. Готовый стержень вместе с плитой направляют в сушильную печь (рис. 7.2, *е*).

Соединение половинок стержня выполняют и без склеивания, путем подачи в одну из половинок ящика избыточного количества смеси

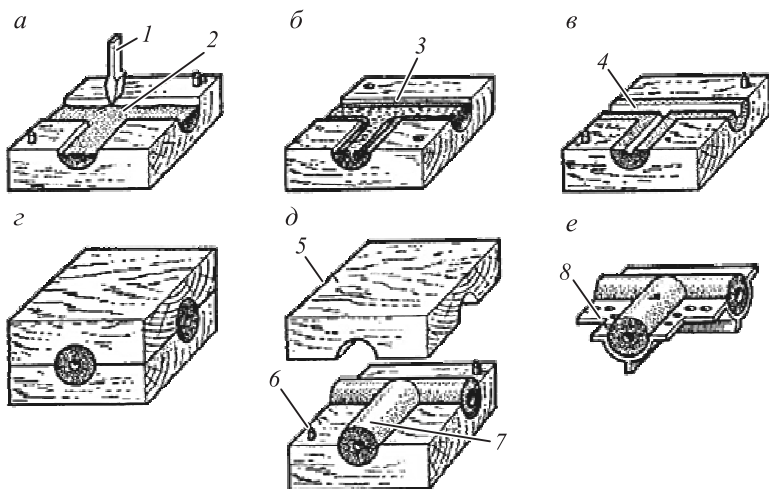


Рис. 7.2. Последовательность выполнения технологических операций изготовления стержня по разъемному ящику:

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

и уплотнения ее при соединении заполненных смесью половинок ящика. В ряде случаев склеивание производят после сушки половинок стержня.

7.2.3. Изготовление стержней по вытряхному ящику с отъемными стенками

Процесс формовки стержня по вытряхному ящику с отъемными стенками (рис. 7.3) выполняют в такой последовательности. Стержневой ящик *1* частично заполняют стержневой смесью, которую уплотняют, размещают в частях стержня стальные крючки и вдавливают в смесь торцы каркаса *2* (рис. 7.3, *a*). Устанавливают в ящик модель *3* для оформления полости под пористый наполнитель, а оставшееся пространство между стенками ящика и моделью засыпают стержневой смесью, которую уплотняют (рис. 7.3, *б*). Удаляют из средней части стержня модель *3*, а со стороны образовавшейся полости душником накалывают вентиляционные каналы *5*. Середину стержня засыпают пористым наполнителем *4* и выполняют все последующие технологические

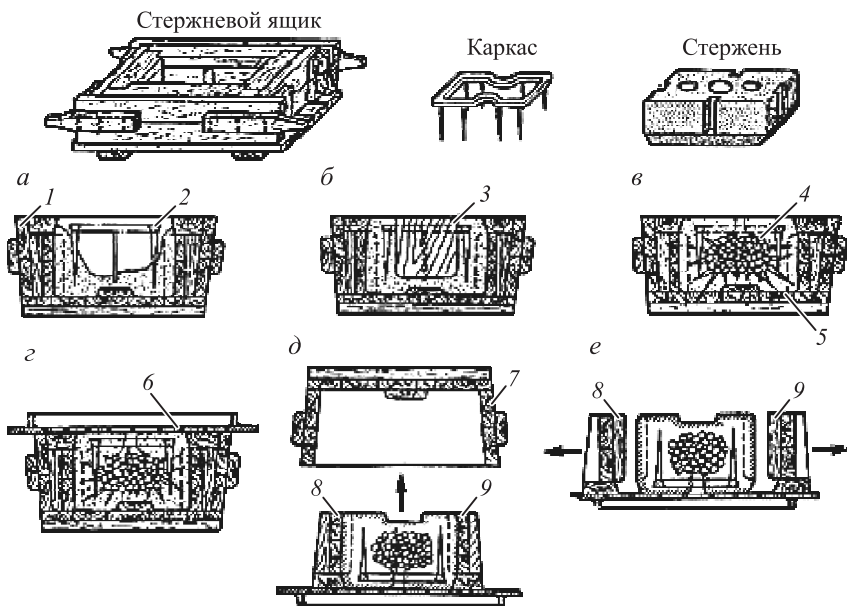


Рис. 7.3. Последовательность выполнения технологических операций изготовления стержня по встряхному ящику с отъемными стенками (а-е):
 1 – стержневой ящик; 2 – каркас; 3 – модель; 4 – пористый наполнитель; 5 – вентиляционные каналы; 6 – сушильная плита; 7 – корпус стержневого ящика; 8, 9 – стенки ящика

операции по формовке верхней части (рис. 7.3, в). На ящик со стержнем накладывают сушильную плиту 6 (рис. 7.3, з), перекаптовывают ящик вместе с сушильной плитой на 180° и поднимают вверх корпус стержневого ящика 7 (рис. 7.3, д). Обстукивают стенки ящика, затем отнимают от стержня стенку 9 вправо, стенку 8 влево (рис. 7.3, е). Последующие операции отделки и сушки стержня выполняют по установленной технологии.

7.2.4. Изготовление стержней по шаблонам

В индивидуальном производстве крупных стержней, имеющих форму тел вращения или большую длину с постоянным поперечным сечением, для их изготовления применяют способ формовки по неподвижному шаблону или по протяжному шаблону.

Изготовление стержня по неподвижному шаблону (рис. 7.4, а) начинают с подготовки каркаса в виде трубы с отверстиями и крестовинами с торцов, через которые проходит ось вращения. Ось опирается на стойки устройства и вместе с каркасом вращается с помощью

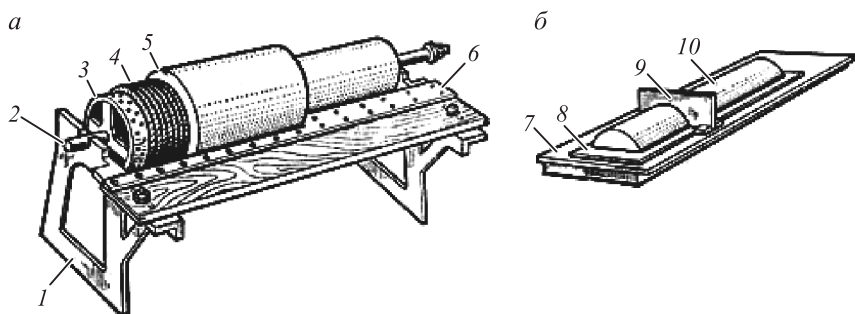


Рис. 7.4. Последовательность выполнения технологических операций изготовления стержней:

а – по неподвижному шаблону; б – по протяжному шаблону; 1 – стойки; 2 – оси; 3 – каркас; 4 – жгут; 5 – смесь; 6 – неподвижный шаблон; 7 – сушильная плита; 8 – рамка; 9 – протяжной шаблон; 10 – стержень

рукоятки, одеваемой на ось. На трубу каркаса наматывают жгут (веревку) из органических материалов, наносят слой пластичной глины толщиной 10–15 мм, выравнивают фасонным резцом, выполняют вентиляционные отверстия. Далее слоями по 20–30 мм наносят смесь и придают стержню необходимую форму шаблоном или резцом при вращении каркаса. Используя оси, стержень перемещают в сушило, после сушки окончательно обтачивают шаблоном, отделывают, окрашивают, сушат и отправляют на сборку.

Изготовление стержня по протяжному шаблону (рис. 7.4, б) ведут в такой последовательности. На сушильную плиту укладывают контурную рамку, внутренняя прорезь которой соответствует размеру стержня. По центру рамки насыпают слой стержневой смеси толщиной 20–40 мм, уплотняют его, укладывают на него каркас и слой пористого наполнителя. Затем постепенно насыпают и уплотняют следующие слои смеси, придавая им форму, близкую к конфигурации стержня. Окончательно форму стержню придают шаблоном, перемещая его вдоль рамки. Далее стержень заглаживают, снимают с него рамку и отправляют на сушильной плите для просушивания. После сушки и окраски стержень склеивают.

7.3. Изготовление стержней на стержневых машинах и автоматах

Стержневые машины и автоматы применяются главным образом в литейных цехах с массовым и крупносерийным характером производства. В основе работы подобного оборудования лежит принцип изго-

товления стержней с отверждением непосредственно в оснастке. Для сокращения времени цикла изготовления стержней и обеспечения высокой производительности оборудования при отверждении стержней применяют способы термического или химического ускорения упрочняющих реакций. С этой целью используют нагрев оснастки («Hot-Vox»-процессы), а также введение жидких или газообразных катализаторов («Cold-Vox»-процессы). Сравнительные характеристики наиболее распространенных процессов приготовления стержневых смесей для серийного, крупносерийного и массового производства были рассмотрены в главе 2.

Машинное изготовление стержней имеет следующие преимущества:

- получение более точных, прочных и стабильных по свойствам стержней;
- повышение производительности труда при изготовлении стержней;
- снижение трудоемкости.

В современном производстве для изготовления разовых стержней применяют различные конструкции машин, которые механизуют уплотнение смеси в ящике, кантовку ящика и извлечение стержня.

7.3.1. Изготовление стержней по технологии «Cold-Vox»

При изготовлении стержней на современных стержневых машинах и автоматах по технологическим процессам «Cold-Vox» используется оборудование преимущественно с пескодувным и пескострельным способами уплотнения смеси. Широко распространены также встряхивающие, прессовые, пескометные и мундштучные машины.

Изготовление стержней на встряхивающих и прессовых машинах. На *встряхивающих машинах* изготавливают средние и крупные стержни в неразъемных ящиках. При этом применяют металлические, деревянные и пластмассовые стержневые ящики. Наибольшее распространение получили встряхивающие стержневые машины с перекидным и поворотным столом. По конструкции машины с перекидным столом (рис. 7.5) состоят из встряхивающего механизма 1 с плитой 2, на которой лежит перекидной стол 3. После уплотнения стержня в стержневом ящике перекидной стол поворачивается на 180° рычагами 4 и тягами 5, приводимыми в движение гидравлическим приводом 7, и устанавливается на приемный рольганг 6. Подъем и опускание приемного рольганга 6 осуществляется гидравлическим приводом 8. Стержневой ящик жестко крепится к перекидному столу. Строго вертикальная установка ящика в момент извлечения из него стержня

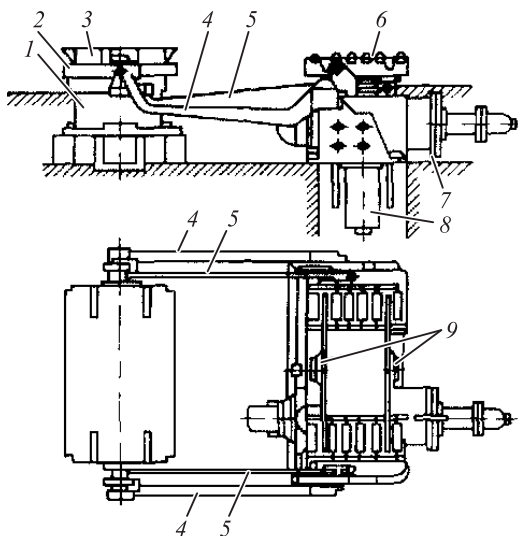


Рис. 7.5. Устройство встряхивающей машины с перекидным столом:

1 – встряхивающий механизм; 2 – плита; 3 – перекидной стол; 4 – рычаги; 5 – тяги; 6 – приемный рольганг; 7, 8 – гидравлические приводы; 9 – нивелировочные брусья

на приемный рольганг достигается нивелировочными брусьями 9 с пневмоприводом. Крепление сушильных плит к стержневому ящику перед его поворотом осуществляют вручную или специальными пневматическими устройствами.

На встряхивающих машинах применяется быстросменная оснастка из прочной алюминиевой или деревянной обоймы, в которую устанавливают 1–4 ящика для изготовления стержней различных размеров. Изготовление стержней на встряхивающих машинах ведут *по следующей технологии*:

1) стержневой ящик закрепляют на столе машины, засыпают небольшой слой смеси и слегка уплотняют его пневматической трамбовкой, особенно тщательно под выступающими частями и в боковых углублениях ящика;

2) на слой смеси устанавливают каркас, через его окна засыпают пористый наполнитель, смоченный жидкой глиной, и слегка утрамбовывают смесь;

3) ящик с «верхом» заполняют стержневой смесью, которая уплотняется при встряхивании стола машины;

4) верхний слой смеси дополнительно уплотняют пневматической трамбовкой и удаляют излишек;

5) на ящик укладывают сушильную плиту, ее закрепляют с помощью приспособления;

6) стол машины с ящиком и плитой перекапывают на 180° и передают на приемный стол;

7) после освобождения плиты от крепления протяжным устройством приемного стола стержень с вкладышами остается на сушильной плите, а ящик возвращается в исходное положение;

8) удаляют вкладыши;

9) стержень отделяют, окрашивают и направляют на сушку.

На **прессовых машинах** осуществляют получение мелких и средних стержней простой конфигурации с уплотнением стержневой смеси прессованием. Стержневой ящик с предварительно установленной на него наполнительной рамкой заполняют смесью, после чего под действием усилия прессовой колодки уплотняют смесь. Объем наполнительной рамки рассчитывают с учетом получения стержня заданной высоты и необходимой плотности. Характер распределения плотности стержня по высоте показывает, что значение степени уплотнения смеси больше в верхней части стержня и меньше в его нижней части. При этом в горизонтальном направлении она падает значительно больше, чем в вертикальном.

Изготовление стержней на пескометных и мунштучных машинах. На **пескометных машинах** изготовление стержней осуществляется так же, как и пескометное уплотнение форм (см. рис. 6.13). Этот метод используют преимущественно для получения стержней средних и крупных размеров в деревянных и металлических ящиках, в условиях единичного и мелкосерийного производства. Данный способ, как и пескодувный, совмещает операции заполнения и уплотнения смеси. Уплотнение смеси происходит за счет кинетической энергии отдельных пакетов смеси, выбрасываемых ковшами пескометной головки. В начале уплотнения пескометную головку перемещают вдоль стенок и внутренних перегородок стержневых ящиков, а затем в промежутках между ними. Уплотнение смеси производят послойно. При такой последовательности смесь в углублениях и под небольшими выступами на вертикальных стенках ящика доуплотняется боковым давлением, возникающим под ударами отдельных пакетов смеси. После наполнения ящика смесью наносят еще некоторый дополнительный слой смеси, который затем срезают. Данный прием позволяет отказаться от доуплотнения верхнего слоя в ящике ручной или пневматической трамбовкой.

На **мунштучных машинах** (рис. 7.6) изготовление стержней осуществляется в массовом и серийном производстве (например, при изготовлении литых траков), когда требуются стержни постоянного профиля (цилиндрические, овальные, прямоугольные, многогранные).

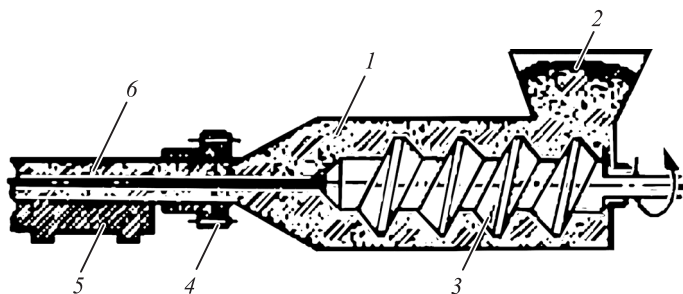


Рис. 7.6. Устройство стержневой мундштучной машины:

1 – смесь; 2 – приемная емкость; 3 – шнек; 4 – сменный мундштук; 5 – сушильная плита; 6 – стержень

Смесь 1 ленточным транспортером либо другим способом подается в приемную емкость 2 и шнеком 3, получающим вращение от электродвигателя или ручного привода, выжимается в сменный мундштук 4, которым осуществляется формообразование стержня. Для выполнения вентиляционного канала на конце шнека укреплен игла. На сушильную плиту 5 выдается стержень 6. По мере заполнения плиты стержень отрезают и направляют на сушку. Производительность машины составляет 10–12 м/ч при ручном приводе и до 30–40 м/ч при электроприводе.

Изготовление стержней на пескострельных и пескодувных машинах. В последнее десятилетие пескострельные и пескодувные машины существенно изменились, причем как конструктивно, так и по своему технологическому назначению. Жесткие требования к качеству поверхности и геометрической точности отливок, а следовательно, форм и стержней привели к созданию новых технологий с использованием пескострельного процесса.

На *пескострельных машинах* изготовление стержней осуществляется путем продувки холодно твердеющих смесей в оснастке специальными газами – катализаторами, что существенно повышает производительность труда и качество стержней, улучшает экологию окружающей среды. Если раньше к пескострельной машине предъявлялись требования по достижению высокой плотности стержня, то с применением ХТС и ГТС на первое место выступают требования равномерности надуваемого стержня по всему объему, а твердость и высокая прочность стержня обеспечиваются тепловой сушкой или химическим отверждением в оснастке. Повышение равномерности и предварительной плотности стержня достигалось увеличением времени процесса и снижением скорости надува песчано-воздушного потока из пескострельной головки путем применения расширяющейся насадки с большой площадью вдувных отверстий и другими конструктивными решениями.

Преимущество пескострельного процесса над другими обусловлено тем, что формовочная (стержневая) смесь в пескострельной машине предварительно аэрируется сжатым воздухом, а затем этим же воздухом подается в полость оснастки, равномерно заполняет ее и уплотняется. Таким образом, совмещение двух технологических операций (заполнение смесью и одновременное уплотнение) – важная особенность пескострельного процесса.

Поскольку процессы отверждения в оснастке стали внедряться не только в массовом, но и в мелкосерийном производстве, появились требования к универсальности стержневых машин по массе изготавливаемого стержня. В одной и той же пескострельной машине стало возможно изготавливать стержни различных габаритных размеров и массы.

Все пескострельные стержневые машины (или блоки из двух-трех машин) снабжаются индивидуальным смесителем и газогенератором, являются универсальными с точки зрения применения смесей (могут удовлетворять любые требования заказчика).

В мировой практике для изготовления стержней применяются следующие процессы:

- CO_2 -процесс на основе жидкого стекла;
- «Cold-Box»-процесс (амин-процесс);
- процесс метиловым формиатом («Betaset»);
- SO_2 -процесс на основе эпоксидных или фурановых смол;
- процесс с формальдегидом («Redset»);
- «Hot-box»-процесс.

Важнейшей тенденцией стало компьютерное обеспечение и полная автоматизация всех операций изготовления стержней, реализованные в современных стержневых автоматах и комплексах. Все основные рабочие операции пескострельной машины, а также смесителя и газогенератора (выбор рецептуры, дозировка, перемешивание, выгрузка готовой смеси и загрузка в машину, параметры настрела готовой смеси, открытие и закрытие рабочей камеры и установка стержневого ящика, раскрытие, протяжка, сталкивание стержня и т.д.) задаются и регулируются посредством интегрированного персонального компьютера. Программное обеспечение, которым снабжен персональный компьютер пескострельной установки, располагает системой распознавания и диагностики ошибок, в силу чего производственный процесс надежно контролируется.

Особое внимание в технологическом процессе изготовления стержней на современных пескострельных автоматах уделяется вопросам экологии. Вся установка обычно помещается в специальную камеру с плотно закрывающимися дверями, из которой загазованный и запыленный воздух отсасывается и в последующем подается на очистку и нейтрализацию.

В *автоматических стержневых комплексах* предусмотрена полная механизация по извлечению, зачистке, окраске, укладке и транспортированию стержней. Конструктивно современные пескострельные стержневые машины и автоматы могут быть оснащены стержневыми ящиками нескольких типоразмеров и иметь вертикальную, горизонтальную или комбинированную (до четырех) плоскости разъема – верхнюю, нижнюю, левую и правую боковые части. Объем стержня при этом может составлять от 5 до 250 л.

Машины с вертикальной плоскостью разъема имеют габаритные размеры стержневых ящиков от 180×350×400 до 900×1300×1300 мм, а машины с горизонтальной плоскостью разъема – от 355×350×450 до 1800×1500×1300 мм. Современные пескострельные стержневые машины и автоматы весьма компактной конструкции характеризуются значительной производительностью (до 120 съемов в час).

Конструкция стержневого пескострельного автомата (рис. 7.7) имеет силовой корпус или раму 1 с расположенными на ней нижним подъемным столом 2 и верхней подвижной траверсой 4. Стол и траверса связаны между собой вертикальными колоннами 7, как правило, четырьмя.

В траверсе вмонтирована пескострельная головка с шибберным устройством 6 и приемным бункером-воронкой. В пескострельной головке смонтирован ресивер для сжатого воздуха. На столе смонтированы правая и левая боковые прижимные плиты 3 и прессовый цилиндр 5. Прижим собранного стержневого ящика 8 происходит как в быстром, так и в медленном режиме. Благодаря последнему отдельные составные части стержневого ящика закрываются мягко и медленно подводятся под пескострельную плиту. Быстрая замена стержневых ящиков обеспечивается системой вакуумного фиксирования боковых частей оснастки и быстрой механической системой крепления нижней и верхней частей стержневого ящика.

Верхняя часть ящика придерживается рамой с переменной

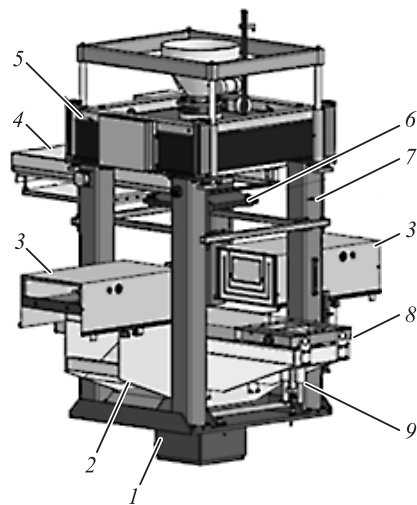


Рис. 7.7. Устройство стержневого пескострельного автомата:

1 – силовой корпус или рама; 2 – нижний подъемный стол; 3 – боковые прижимные плиты; 4 – верхняя подвижная траверса; 5 – гидроцилиндр протяжного стола; 6 – шибберное устройство; 7 – колонны; 8 – стержневой ящик; 9 – протяжные цилиндры

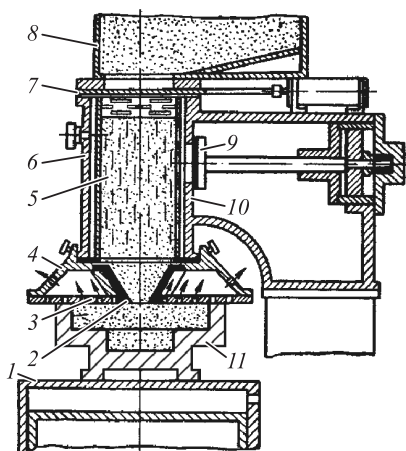


Рис. 7.8. Устройство пескодувной стержневой машины:

1 – стол; 2 – сопло; 3 – вентиляционные отверстия (венты); 4 – пескодувная насадка; 5 – гильза; 6 – рабочий резервуар; 7 – шибер; 8 – бункер; 9 – вдувной клапан; 10 – ресивер; 11 – стержневой ящик

площадью отверстия в свету. Боковые части стержневой оснастки фиксируются вакуумом. Нижняя часть ящика – вытяжная – крепится механически, без соединений. Увеличенное расстояние между боковыми прижимными плитами 3, и колоннами 7 стержневого автомата обеспечивает простановку ящиков разной формы и габаритных размеров.

Оформление полостей стержня обеспечивается автоматически протяжными цилиндрами 9, которые могут нести на себе элементы модельно-стержневой оснастки. Сегменты устанавливаются вручную. Гидроцилиндр 5 протяжного стола имеет значительный ход, что дает возможность осуществить протяжку высоких стержней.

Для того чтобы обеспечить получение стержней с максимально чистой поверхностью и высокой точностью, боковые части ящика подводятся с большой точностью по параллельности, а замыкание их производится с высоким усилием.

На *пескодувных машинах* (рис. 7.8) процесс изготовления стержней происходит в такой последовательности. При открытии быстродействующего вдувного клапана 9 сжатый воздух из ресивера 10 под давлением 0,5–0,7 МПа поступает в гильзу 5 рабочего резервуара 6, предварительно заполненную стержневой смесью из бункера 8 через отверстие в шибере 7. Давление воздуха в рабочем резервуаре 6 мгновенно повышается и через прорези в стенках гильзы воздух проходит к смеси, заключенной в гильзе. Под действием удара сжатого воздуха о смесь она выталкивается через сопло 2 в полость стержневого ящика 11, который установлен на столе 1 и поджат к пескодувной насадке 4 рабочего резервуара. Из стержневого ящика воздух выходит через вентиляционные отверстия (венты) 3, расположенные в плите пескодувной насадки и в стенках стержневого ящика. После закрытия клапана 9 процесс вдувания смеси в ящик прекращается. Продолжительность одного цикла пескодувного уплотнения менее 1 с, что обеспечивает высокую производительность процесса.

Пескодувное уплотнение применяют в основном при изготовлении мелких и средних стержней в условиях массового и крупносерийного производства. Недостатками пескодувного способа изготовления стержней являются большой расход воздуха, сравнительно слабое уплотнение крупных стержней и необходимость применения стержневых смесей с низкой прочностью во влажном состоянии, что создает опасность повреждения стержней при извлечении и транспортировании.

7.3.2. Изготовление стержней по технологии «Hot-Vox»

Особенностью технологического процесса «Hot-Vox» является то, что нагретая до 200–250 °С оснастка заполняется смесью, при этом входящая в состав смеси термореактивная смола вначале размягчается, а при дальнейшем нагреве необратимо затвердевает, скрепляя зерна песка. Это дает возможность, используя нагретые модельные плиты или стержневые ящики, получать за 1–2 мин готовую полуформу или стержень. Процесс имеет две разновидности – получение цельных стержней по нагреваемым ящикам и изготовление оболочковых форм и стержней.

Особенности горячетвердеющих смесей. В состав горячетвердеющих смесей входят кварцевая основа, синтетическая смола и катализатор (например, песок кварцевый – 100%, смола ФФ1С – 2,5%, 10%-й раствор соляной кислоты – 2% от массы смолы).

Под действием кислоты смола затвердевает при температуре 230–250 °С за короткое время – от 30 с до 3 мин. В состав смесей вводят добавки: оксид железа (до 1,5%) – для повышения теплопроводности и улучшения качества поверхности; серебристый графит (до 0,5%) – для повышения теплопроводности и огнеупорности; стеараты цинка или кальция (до 0,1%) – для уменьшения прилипаемости, увеличения текучести и живучести смеси.

Технологический процесс изготовления стержней. Стержни по нагреваемой оснастке изготавливают в металлических стержневых ящиках, нагреваемых газом или встроенными электронагревателями. Для предупреждения прилипаемости на поверхность стержневого ящика наносят пульверизатором разделительный состав. Простановку внутри стержня каркасов не производят, а высокая газопроницаемость стержней исключает необходимость выполнения в них вентиляционных каналов. Заполнение стержневых ящиков и уплотнение смеси ведут, как правило, пескодувным или пескострельным методом. При этом могут использоваться стержневые ящики как с вертикальным, так

и с горизонтальным или комбинированным разъемом. Данная технология позволяет получать как цельные (полностью заполненные), так и оболочковые (пустотелые) стержни.

Изготовление *цельного стержня по нагреваемой оснастке* (рис. 7.9) начинается со сборки нагретого до нужной температуры ящика 1. Распаровывающее устройство 3 ящика и устройство нагрева 2 верхней его части передвигаются вперед. При этом пескострельная головка 4 с позиции загрузки смесью переходит на рабочую позицию (рис. 7.9, а). Затем осуществляются следующие операции: подъем ящика 1, поджим к нему головки 4 и надув смеси (рис. 7.9, б); подъем головки и опускание ящика (рис. 7.9, в); перемещение верхнего нагревательного и распаровывающего устройств на рабочую позицию (рис. 7.9, з); перемещение головки на позицию загрузки смеси, отверждение стержня, раскрытие ящика и выталкивание стержня из верхней половины ящика (рис. 7.9, д); выталкивание стержня из нижней половины ящика (рис. 7.9, е) и удаление готового стержня съемником с последующим транспортированием его на окраску, подсушку, склейку, отделку. Готовые стержни окрашивают противопригарными красками – самовысыхающими или водными с последующей сушкой.

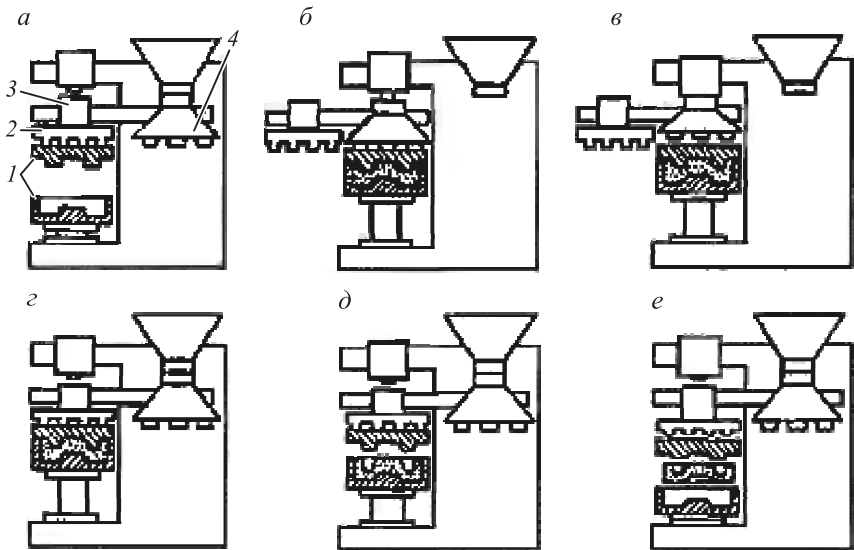


Рис. 7.9. Последовательность выполнения технологических операций изготовления цельного стержня по нагреваемой оснастке с горизонтальным разъемом (а–е):

1 – нагреваемый стержневой ящик; 2 – устройство нагрева ящика; 3 – распаровывающее устройство ящика; 4 – пескострельная головка

Изготовление *оболочковых стержней* из сухих смесей является разновидностью процесса изготовления стержней по нагреваемой оснастке. Достоинствами оболочковых стержней являются их низкая газотворность, высокая прочность, возможность организации направленного газоотвода, зачастую отсутствие необходимости в использовании противопопригарных покрытий. Оболочковые стержни применяют там, где требуется повышенное качество поверхности отливок. Недостатки оболочковых стержней – затрудненная регенерация смесей, высокие затраты на изготовление, обусловленные необходимостью нагрева, сложностью, дороговизной стержневой оснастки, низкие экологические показатели процесса.

Оболочковые стержни изготавливают преимущественно на стержневых автоматах с пескодувным заполнением. Менее распространены образцы оборудования для бункерного и центробежного способов заполнения.

При *пескодувном способе* изготовления оболочковых стержней (рис. 7.10) надув смеси в ящик ведется снизу, для чего к пескодувному резервуару 3, заполненному смесью 2, через водоохлаждаемую плиту 4 прижимают пневмоцилиндром 6 нагретый стержневой ящик 5 и под пористую перегородку 1 резервуара подают сжатый воздух (рис. 7.10, а). Смесь под действием сжатого воздуха поднимается вверх и заполняет полость стержневого ящика (рис. 7.10, б). После окончания процесса

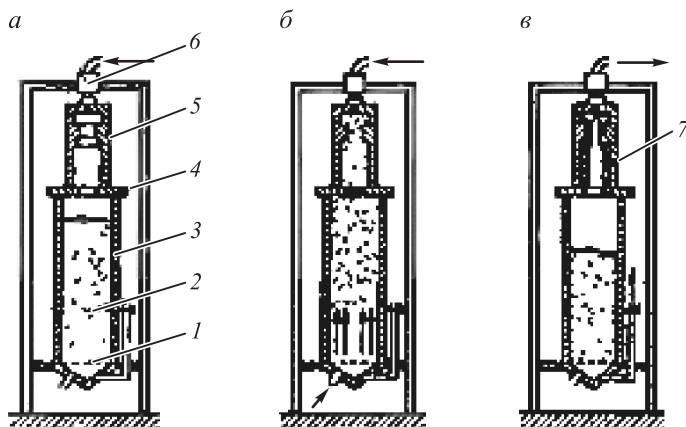


Рис. 7.10. Последовательность выполнения технологических операций пескодувного способа изготовления оболочкового стержня (а–в):

- 1 – пористая перегородка; 2 – смесь; 3 – пескодувный резервуар; 4 – водоохлаждаемая плита;
- 5 – стержневой ящик; 6 – пневмоцилиндр; 7 – оболочка

формирования оболочки 7 необходимой толщины подача сжатого воздуха в резервуар прекращается и избыток смеси попадает в пескоудельный резервуар (рис. 7.10, в). После отверждения стержень извлекается из стержневого ящика.

Центробежный способ применяют для изготовления оболочковых стержней круглого сечения (рис. 7.11). Процесс изготовления стержня начинают с загрузки дозы смеси специальным опрокидывающимся лотком 2 в стержневой ящик 4, находящийся в нагревательной печи 3 (рис. 7.11, а). Для образования внешнего знака стержня на поворотной оси 5 лотка имеется подпружиненный диск 1, закрывающий знаковую часть стержневого ящика во время загрузки его смесью. После поворота лотка на 180° смесь под действием центробежных сил вращающегося ящика равномерно распределяется и уплотняется по его внутренней поверхности, образуя оболочковый стержень 6 (рис. 7.11, б). Затем лоток возвращается в свое исходное положение и после окончания процесса отверждения стержня и остановки вращающегося ящика стержень с помощью толкателя 7 извлекается из ящика (рис. 7.11, в). При массовом производстве цилиндрических оболочковых стержней используются многопозиционные центробежные машины. Стоимость изготовления металлических нагреваемых ящиков очень высокая, поэтому данный процесс применяют только в крупносерийном и массовом производстве, для выпуска сравнительно небольших по размерам стержней.

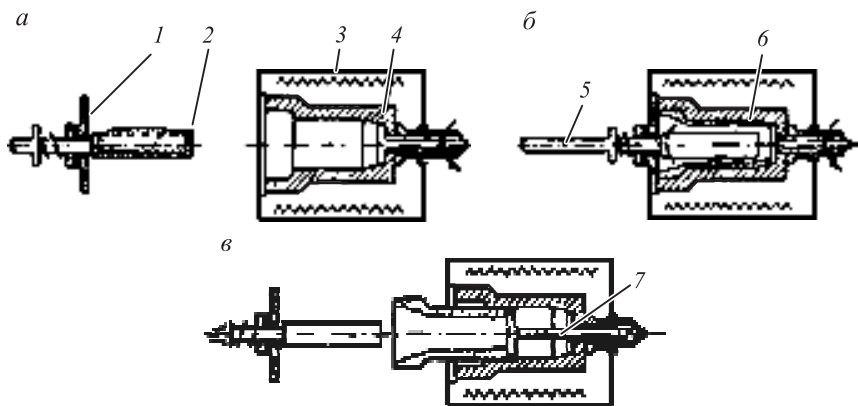


Рис. 7.11. Последовательность выполнения технологических операций центробежного способа изготовления оболочкового стержня:

а – поджим стержневого ящика к бункеру; б – надув смеси в ящик; в – извлечение стержня; 1 – подпружиненный диск; 2 – опрокидывающийся лоток; 3 – нагревательная печь; 4 – стержневой ящик; 5 – поворотная ось лотка; 6 – оболочковый стержень; 7 – толкатель

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику современным технологическим процессам изготовления литейных стержней.
2. Опишите операции типового технологического процесса ручного изготовления стержней.
3. Какова последовательность изготовления стержней по неразъемному стержневому ящику?
4. Приведите технологию изготовления стержней по вытряхному ящику с отъемными стенками, по шаблонам.
5. Какие способы применяются при механизированном изготовлении стержней?
6. Опишите технологию изготовления стержней на встряхивающих и прессовых машинах.
7. Дайте характеристику методике изготовления стержней на пескострельных и пескодувных машинах.
8. Опишите особенности и конструкцию современных автоматических стержневых комплексов.
9. Назовите операции изготовления стержней по технологии «Hot-Box».
10. Охарактеризуйте пескодувный и центробежный способы изготовления оболочковых стержней.

Глава 8. СБОРКА ФОРМ

Сборка является завершающей операцией изготовления форм, при которой производят работы по подготовке их к заливке расплавом. Собранная форма должна обеспечивать получение отливок без литейных дефектов с заданными размерами.

8.1. Требования к процессу сборки форм

Вероятность искажения размеров форм и стержней зависит от способа изготовления, состояния технологической оснастки, условий тепловой сушки или химического упрочнения. Так, при машинном изготовлении форм и стержней вероятность искажения размеров, как правило, меньше, чем при ручном, при использовании металлической оснастки – меньше, чем при применении деревянной.

Процесс химического твердения, осуществляемый до удаления модели или раскрытия стержневого ящика, обеспечивает большую размерную точность, чем процесс тепловой сушки. При транспортировании и тепловой сушке сырых стержней их размеры в плоскости плиты увеличиваются, а по высоте уменьшаются. Связанная с этим вероятность искажения размеров тем больше, чем больше высота стержня и меньше прочность сырой смеси.

Усадка сплава предусматривается при изготовлении модели, однако разница между расчетной и фактической усадкой обуславливает возникновение отклонений порядка 0,1–0,2% от измеряемого размера, что существенно при изготовлении крупных отливок.

Зазоры в знаках стержня и формы также предусмотрены при изготовлении моделей и обеспечивают возможность свободной установки стержней с регламентированными отклонениями от заданных размеров.

Неточности сборки форм существенно влияют на размерную точность отливок. Причинами неточности сборки являются прежде всего искажения размеров форм и стержней и ошибки, допускаемые при сборке. Качество сборки форм зависит от квалификации сборщика, а также от добросовестного выполнения им отдельных операций.

8.2. Подготовка форм к сборке

В подготовительные работы входят: окраска форм и стержней; сушка форм и стержней; подготовка места сборки; контроль качества полуформ; исправление обнаруженных дефектов.

8.2.1. Окраска форм и стержней

Для получения отливок с высоким качеством поверхности и предотвращения пригара стержни перед сушкой окрашивают противопопригарными красками. В настоящее время используют главным образом краски на водной или спиртовой основе. В первом случае для испарения растворителя применяют принудительную поверхностную сушку, во втором – испарение происходит в процессе самовысыхания. Особым видом окрашивания литейных форм и стержней является окрашивание воспламеняемыми (поджигаемыми) красками. В этом случае интенсивное испарение растворителя и подсушка слоя краски происходят одновременно в процессе сгорания растворителя.

Противопригарные покрытия наносят на стержни окунанием, обливом, кистями, пневматическим распылителем, безвоздушным распылением, натиранием.

Окраску окунанием (погружением) выполняют в стационарных ваннах. В зависимости от объемов и габаритных размеров стержней их погружают в ванну вручную, пневмо- и электроподъемниками или подвесными конвейерами с непрерывным или периодическим движением транспортной цепи. При применении непрерывных конвейеров используют *ванны окунания* (рис. 8.1).

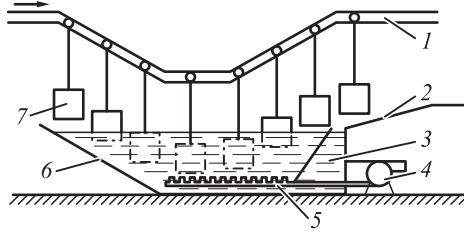


Рис. 8.1. Технологический процесс конвейерной окраски стержней окунаем:
 1 – подвесной конвейер непрерывного действия; 2 – сточный лоток; 3 – отделение забора краски;
 4 – насос; 5 – подача краски; 6 – ванна с краской; 7 – подвески со стержнями

Окраска обливом применяется для стержней и форм из химически твердеющих смесей при механизированном и автоматическом производстве, где используются специальные поворотные устройства – кантователи. С помощью такого устройства стержень или форма поворачиваются для возможности нанесения краски на все участки методом облива из шланга. После нанесения кантователь поворачивает окрашенное изделие таким образом, чтобы излишки краски стекли в специальную ванну, расположенную непосредственно под кантователем. Из этой же ванны краска забирается гидронасосом для окраски следующих форм.

Окраска кистями выполняется лишь в условиях единичного и мелкосерийного производства сложных и особо ответственных отливок, а также в случае необходимости подкраски отдельных дефектных мест стержня или частей стержня, требующих многоразовой окраски.

Пневматическое распыление осуществляют с помощью пульверизатора. Так окрашивают стержни любых размеров и почти любой конфигурации, при этом получают равномерно окрашенные, без потеков поверхности стержня. Данный способ окраски стержней универсален и наиболее широко распространен в литейных цехах. К недостаткам пневматического распыления относят большие потери и высокий удельный расход краски, необходимость применения окрасочных камер, оборудованных специальными вентиляционными устройствами с очисткой удаляемого воздуха, а затем значительные расходы энергии на приточную вентиляцию.

Натираание рабочих поверхностей стержня ведут специальными пастами. Натираанию подвергают стержни, образующие в особо сложных и ответственных отливках необрабатываемые полости и трудно очищаемые от пригара каналы. В состав паст входят серебристый графит, тальк, в качестве связующих – глина, сульфитно-спиртовая барда и т.д. Разводят пасту до необходимой рабочей вязкости водой или дру-

гим растворителем, на стержень наносят вручную, для чего берут ее на плотную ткань и втирают в поверхность стержня до получения однородной и гладкой поверхности.

8.2.2. Сушка форм и стержней

Назначение, процессы и режимы сушки. Разработка современных технологических процессов получения отливок практически исключает операции сушки форм и стержней. Это связано с тем, что сушка является высокоэнергозатратной частью процесса изготовления формы, значительно увеличивающей ее стоимость как изделия. Кроме того, современные виды формовочных и стержневых смесей характеризуются низкой влажностью и не требуют сушки (исключение составляет поверхностная сушка форм и стержней после окраски). Вместе с тем в литейном производстве до настоящего времени продолжают использоваться смеси повышенной влажности, что делает актуальным рассмотрение процессов сушки в рамках данного издания.

Сушка – тепловая обработка форм и стержней, при которой удаляется влага и происходят физико-химические процессы, повышающие прочность и газопроницаемость высушиваемых изделий. Формы и стержни, помещенные в сушильные печи, нагреваются горячими газами, и влага, испаряясь, образует поры в смесях, увеличивая газопроницаемость. При удалении влаги из глины происходит ее упрочнение, смесь, в состав которой входит глина, приобретает большую прочность. Органические составляющие смеси выгорают или уменьшаются в объеме, что также увеличивает газопроницаемость смеси.

В зависимости от способа нагрева и передачи тепла формам и стержням различают контактный, конвекционный и радиационный способы сушки.

При *контактной сушке* нагретая поверхность непосредственно соприкасается с высушиваемой поверхностью и тепло передается за счет теплопроводности. При сушке таким способом тепло стержням передается от нагретой металлической плиты через сушильную плиту. Данный способ сушки стержней применяют очень редко.

При *конвекционном способе* нагрева топочный газ или горячий воздух, обтекая поверхность форм и стержней, быстро нагревает их, в результате чего происходит интенсивное испарение влаги и равномерное высушивание. Этот способ сушки форм и стержней является наиболее предпочтительным, при нем допускается достаточно высокая температура топочных газов, для улучшения теплопередачи в сушиле повышают скорость движения газов.

При *радиационной сушке* тепло формам и стержням передается теплоизлучением. В качестве источников тепла используют электроспирали, электролампы, газовые горелки, керамические панели. При этом способе сушки хорошо прогреваются лишь открытые поверхности форм и стержней. Применяют радиационную сушку в основном для поверхностной подсушки форм и стержней после их отделки и окраски.

Сушка состоит из трех этапов: *нагрева, выдержки при заданной температуре и охлаждения*. Качество сушки зависит от правильного выбора температуры и длительности процесса.

Температуру сушки выбирают в зависимости от свойства применяемых связующих. Так, стержни и формы, содержащие глинистые составляющие, сушат при температуре 300–400 °С, а содержащие бентонитовые глины – при температуре 200–250 °С. Смеси на органических связующих сушат при температуре 200–250 °С, смеси на синтетических связующих – при температуре 180–300 °С.

Длительность сушки зависит от массы стержней (табл. 8.1) и размеров форм (размеров опок в свету) (табл. 8.2): чем эти изделия больше, тем больше времени нужно, чтобы они полностью прогрелись и завершился процесс сушки.

Таблица 8.1

Длительность сушки стержней

Связующие	Температура сушки, °С	Масса стержня, кг					
		До 1,5	1,5–20	20–35	35–75	75–150	>150
		Длительность сушки, ч					
Органические	200–250	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7
Синтетические	180–300	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	4–5
Глинистые	200–400	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13

Таблица 8.2

Режимы сушки форм при опочной формовке

Размеры опок в свету, м	Температура, °С	Длительность сушки, ч
От 0,5×0,6 до 1,2×1,8	400	6–8
От 1,2×1,9 до 3,0×2,0	400	8–12
От 3,5×2,0 до 5,5×3,0	450	16–24
От 5,0×3,5 до 5,5×4,0	450	24–36
Свыше 5,5×4	450	36–48

Температура и длительность сушки связаны между собой: чем выше температура, тем быстрее сушится изделие. Скорость нагрева изделий, подвергающихся сушке, зависит от интенсивности движения печных газов (конвекции). Чем интенсивнее конвекция, тем лучше передается изделиям теплота, выделяемая при горении топлива, быстрее протекает процесс сушки, движущиеся газы увлекают за собой испаряющуюся влагу.

Циркуляция газов внутри сушильной печи облегчается правильной укладкой форм и стержней. Между отдельными формами, стержнями, полками оставляют место для свободной циркуляции газов. Опки на тележках сушильных печей устанавливают, разделяя прокладками высотой 100–150 мм. Более высокие прокладки устанавливают в нижних рядах.

Конвекционный способ сушки. Для работы сушильных печей конвекционного способа используют твердое, жидкое и газообразное топливо, а также электроэнергию. По характеру работы различают печи непрерывного и периодического действия, по конструкции – камерные, проходные и переносные с естественной и принудительной циркуляцией газов. Принудительная циркуляция, осуществляемая вентиляторами, позволяет сократить время сушки на 20–30%.

В *печах непрерывного действия* сушат обычно стержни. Стержни загружают с одной стороны печи на подвижные этажерки, которые, продвигаясь внутри печи, последовательно проходят зоны нагрева, выдержки и охлаждения и разгружаются с другой стороны печи. Таким образом, процесс сушки идет непрерывно, без остановки печи.

В *печах периодического действия* формы и стержни в процессе сушки остаются неподвижными. В литейных цехах широко применяются камерные сушильные печи с выкатными тележками. Тележки выкатывают из печи, устанавливают на них формы или этажерки, загружают стержнями и снова закатывают в печь. Если в сушильной печи загрузку и выгрузку производят через одни двери, печь называют тупиковой. Если загрузку и выгрузку осуществляют через разные двери, расположенные с противоположных сторон, печь называют проходной.

Камерная тупиковая печь с выкатной тележкой для сушки форм и стержней (рис. 8.2) состоит из рабочей камеры 4, выложенной огнеупорным кирпичом топки 2, приточных каналов 3, вытяжного канала 7, дверей 6, рельсового пути 8 и выкатной тележки 5 с формами или стержнями. Печь обслуживают со стороны прямка. Газовое топливо поступает в горелку 1 и сгорает в топке 2. Дополнительно, для полного сгорания газа, подается воздух по каналу 10.

По мере снижения температуры газовоздушная смесь опускается и частично уходит в вытяжной канал и дымовую трубу 9, а частично захватывается потоком поступающих горячих газов, смешивается с ними

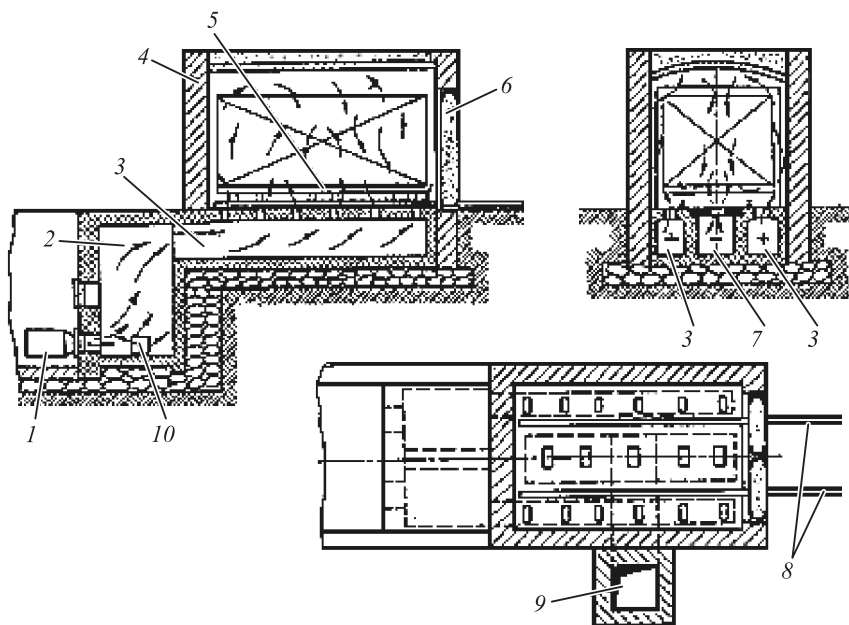


Рис. 8.2. Устройство камерной тупиковой печи с выкатной тележкой:

1 – горелка; 2 – топка; 3 – приточные каналы; 4 – рабочая камера; 5 – выкатная тележка; 6 – двери; 7 – вытяжной канал; 8 – рельсовый путь; 9 – дымовая труба; 10 – канал дополнительной подачи воздуха

и вновь поступает в верхнюю часть камеры. Происходит естественная рециркуляция дымовых газов.

В печах с принудительной рециркуляцией дымовых газов часть отходящих газов захватывается вентилятором, смешивается со свежими продуктами горения и вновь принудительно направляется в печь. В таких печах циркуляция газов лучше, температура распределяется более равномерно и сушка происходит быстрее.

Для сушки крупных опочных и почвенных форм при ручной формовке применяют переносные печи, работающие на электрической энергии (рис. 8.3). На металлической раме смонтированы электрокалорифер, вентилятор, воздухопроводы и щиток управления. Вентилятор направляет воздух через калорифер в распределительные воздухопроводы, через сопла которых горячий воздух с температурой 250–300 °С направляется внутрь формы. Затем воздух поднимается вверх и попадает в сборный воздухопровод, соединенный с всасывающей трубой вентилятора, и может частично вновь направляться в форму. Установка переносится краном и устанавливается на полуформу, подлежащую

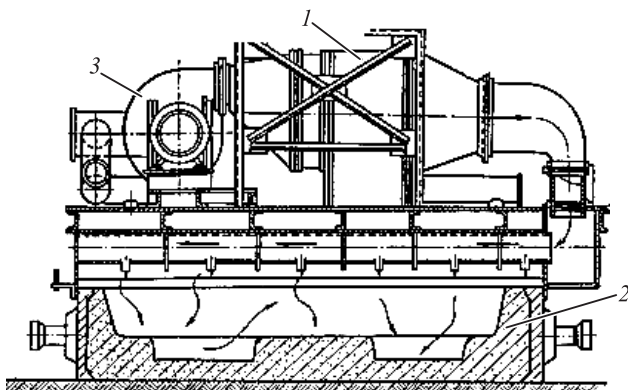


Рис. 8.3. Устройство переносной печи с электрообогревом для поверхностной сушки крупных форм:

1 – электрокалорифер; 2 – форма; 3 – вентилятор

сушке. Так как глубина просушенного слоя зависит от длительности температурного воздействия, эти печи можно применять как для полной, так и для поверхностной сушки.

В массовом производстве для сушки стержней используют *вертикальные* и *горизонтальные* непрерывно действующие печи *конвейерного типа*.

Радиационный способ сушки. Для получения качественной отливки форму достаточно просушить на сравнительно небольшую глубину. Поэтому вместо общей сушки форм, значительно удлиняющей цикл изготовления отливок, применяют поверхностную сушку – *подсушку*. Подсушка наиболее эффективна при использовании облицовочных смесей, в которых формовочная глина частично заменена быстротвердеющими связующими. Толщина подсушиваемого слоя колеблется от 10 до 80 мм.

Сушка инфракрасным излучением применяется для поверхностной сушки в установках, использующих нагреватели инфракрасного излучения.

Инфракрасным называют тепловое излучение от нагретых тел. В установках для поверхностной сушки форм (рис. 8.4) источником инфракрасного излучения служат керамические панели, нагреваемые газом до температуры 800–900 °С.

Панельная установка состоит из металлического корпуса 1, покрытого слоем теплоизоляции из асбестовых плит. Внутри каркаса смонтирована подвижная рама 2 со сквозными гнездами для установки панельных горелок 4. Рама с горелками скреплена с подвижным сводом

печи 3. Печь двухпозиционная, т.е. в ней помещаются одновременно две полуформы. Над каждой позицией размещается по шесть горелок размерами 400×500 мм. Перемещение свода производится от привода 6 через систему блоков. В процессе подсушки полуформы 5 движутся непрерывно от формовочной машины по рольгангу вначале на первую, затем на вторую позицию печи и выходят из нее с противоположной стороны. Отработанные газы удаляются наружу через дымоход.

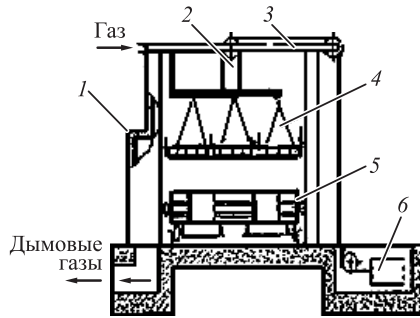


Рис. 8.4. Устройство панельной установки для подсушки полуформ:

1 – корпус со слоем теплоизоляции; 2 – подвижная рама; 3 – подвижный свод; 4 – панельные горелки; 5 – полуформы; 6 – привод перемещения свода

Сушка токами высокой частоты осуществляется за счет тепла переменного электромагнитного поля. На установках ТВЧ (рис. 8.5) стержни или форму помещают между двумя пластинками конденсатора, питаемого током высокой частоты, после чего происходит разогрев формы или стержня. В сушильной камере 2 перемещается транспортер, на котором на диэлектрических сушильных плитах 4 устанавливаются стержни или формы 5. Вентиляционным устройством с вытяжной трубой в камеру подается подогретый до 120–180 °С воздух и удаляются отработанные газы. Проемы

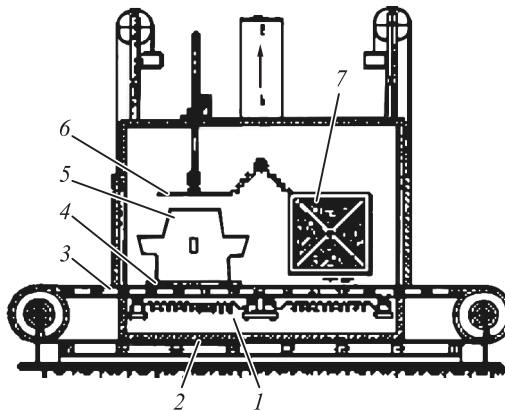


Рис. 8.5. Устройство установки для сушки форм и стержней токами высокой частоты: 1 – электронагреватели; 2 – сушильная камера; 3 – транспортер; 4 – сушильные плиты; 5 – стержни; 6 – горизонтальный электрод; 7 – вертикальный электрод

камеры закрыты дверцами, под транспортером 3 расположены электронагреватели 1. Горизонтальный электрод 6, размещенный в верхней части камеры, перемещается в вертикальном направлении с помощью подъемной штанги, прикрепленной к изолятору. Боковые поверхности стержня или формы обогреваются вертикальным электродом 7.

Высокочастотная сушка по сравнению с газовой имеет следующие преимущества:

- обеспечивается заданный режим сушки;
- прогрев стержней и форм осуществляется равномерно и на всю глубину;
- увеличивается скорость (в 10–12 раз) и сокращается время сушки (время сушки стержней на основе синтетических смол составляет 4–5 мин, а на основе жидкого стекла – 3 мин);
- улучшается качество поверхности форм и стержней (не образуется корок);
- повышается прочность форм и стержней;
- улучшаются санитарно-гигиенические условия в цехе.

Недостатками высокочастотной сушки являются значительные затраты электроэнергии, необходимость применения неметаллических сушильных плит.

8.2.3. Подготовка места сборки

В массовом и крупносерийном производстве отливок формы собирают на *площадках конвейера, рольганговых линиях* или на *участках рольганга*, расположенных между формовочной машиной и литейным конвейером.

Если нижняя поверхность полуформы или площадка конвейера недостаточно ровные, то при установке формы возможно выдавливание смеси и прорыв расплава в местах неплотного прилегания. Для предотвращения этого на площадку конвейера насыпают слой смеси толщиной 20–30 мм и опускают полуформу, притирая ее к поверхности площадки. После опускания полуформы проводят повторную проверку плотности прилегания. В обоих случаях перед окончательной установкой полуформы на поверхности смеси проводят продольные и поперечные борозды с промежутком 150–250 мм для облегчения выхода газов.

Если в цехе нет литейных конвейеров, то формы устанавливают на отведенную для этой цели площадку – *плац*. При этом место сборки должно быть и местом заливки, так как перемещение собранных форм может вызвать выдавливание смеси, смещение стержней и полуформ. Исключение составляют формы, которые кантуют после сборки для вертикальной заливки. На плацу готовят мягкую постель, для чего

вскапывают землю на глубину 40–70 мм, разрыхляют ее и выравнивают. На постель плотно устанавливают полуформы. Для подготовки постоянного места для сборки форм примерно одинакового размера можно установить на уровне пола горизонтально два-три рельса (или балки) на расстоянии, соответствующем длине опоки. Между рельсами насыпают формовочную смесь, слегка уплотняют ее и выравнивают. Установленные на такой стенд формы находятся одновременно на рельсах и мягкой постели.

При установке полуформ для сборки необходимо обеспечивать удобство заливки собранных форм. Литниковые чаши должны быть обращены к проходу или наружной стороне конвейера. Расстояние между рядами форм следует делать таким, чтобы рабочие при заливке расплава могли свободно перемещаться, опускать и поворачивать ковш.

Если в знаковых частях нижней полуформы предусмотрены вентиляционные каналы, то после установки ее на место каналы прочищают. Затем в эти каналы засыпают немного чистого песка или опилок для получения меток. Приподняв полуформу, прорезают по меткам на постели вентиляционные каналы и окончательно устанавливают полуформу на первоначальное место.

8.2.4. Контроль качества полуформ

Поданные на сборку полуформы тщательно проверяются. Контролируют качество и четкость очертаний рабочих поверхностей, равномерность окраски, наличие и чистоту вентиляционных каналов. В сырых формах, изготовленных вручную, допускается исправление небольших повреждений. Их заделывают соответствующим составом, шлифуют, припыливают графитом. В сухих или подсушенных формах контролируют глубину просушенного слоя. Недостаточно просушенные формы подвергают дополнительной сушке. Пересушенные (осыпающиеся) формы к сборке не допускаются.

Небольшие дефекты поверхности исправляют, дефектные места расчищают, смазывают клеем, заделывают соответствующим составом, шлифуют, окрашивают противопожарной краской и подсушивают.

8.2.5. Исправление обнаруженных дефектов

Простые и мелкие стержни после сушки подвергают *отделке*, заключающейся в снятии заусенцев по плоскости разъема стержневого ящика. Заусенцы снимают вручную специальными трехгранными ножами, рифелями (рис. 8.6, а), наждачной бумагой или твердой резиной. Перед зачисткой стержни устанавливают в кондукторы б, имеющие

специальные опорные элементы для точной фиксации стержней. В массовом и крупносерийном производстве стержни зачищают на карусельно-шлифовальных станках (рис. 8.6, б) с помощью абразивного круга 3. При этом в случае автоматизированного процесса применяют специальные роботы-манипуляторы удерживающие стержни в кондукторах или стержневых масках.

После зачистки тонким душником прочищают вентиляционные каналы стержня и заделывают мелкие дефекты пастой. Дефекты в крупных стержнях разделяют гладилкой, смачивают связующим, накладывают на это место стержневую смесь и слегка ее уплотняют, пропиливают и отделяют. Места с исправленными повреждениями подвергают дополнительной покраске и подсушке. После изготовления стержни осматривают и проверяют их размеры, так как качество стержней и их размерная точность определяют качество отливки. Контроль изготовленных стержней ведут в определенной последовательности. Особенно тщательно проверяют стержни, изготовленные по новым ящикам. Вначале проверяют качество поверхности стержня: прочность наружного слоя, отсутствие осыпаемости и трещин, качество просушки, наличие и чистоту вентиляционных каналов.

При проверке геометрических размеров применяют специальный измерительный инструмент: шаблоны, калибры, скобы, линейки, щупы и другие приспособления. Годные стержни укладывают на стеллажи или в специальную тару, негодные – подлежат немедленному разрушению. Стержни, которые можно исправить, возвращают на участок отделки и сборки стержней и ремонтируют.

После окончательной приемки стержни поступают на склад, где их укладывают на транспортные плиты или специальные фасонные деревянные подставки. Мелкие стержни укладывают на плиты, этажерки

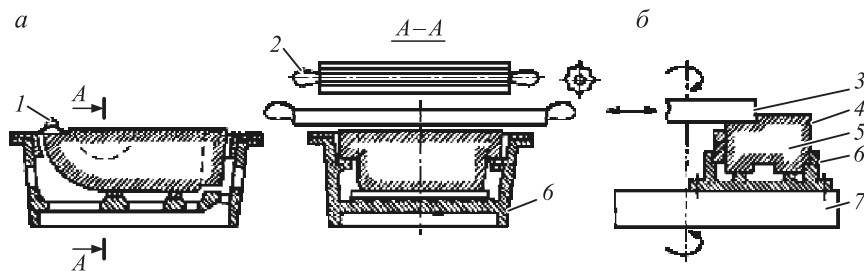


Рис. 8.6. Технологический процесс ручной (а) и механизированной (б) зачистки стержней в кондукторах:

1 – трехгранный нож; 2 – рифель; 3 – абразивный круг; 4 – срезаемая часть стержня; 5 – стержень; 6 – кондуктор; 7 – карусельный стол

или в короба. Стержни допускается выдерживать на складе определенное для каждого вида время, в течение которого они не теряют своих физико-механических и технологических свойств. Срок хранения стержней из жидкостекольных смесей 2–3 дня, стержни из смесей на основе органических связующих, отверждаемые в оснастке, могут храниться более длительный срок. Перед отправкой стержней на сборку форм их комплектуют. Мелкие стержни доставляют по наименованиям на передвижных этажерках, средние и крупные стержни комплектуют на каждую отливку и доставляют на плитах на участок сборки форм.

8.3. Установка стержней в форму

Установка стержней в форме должна обеспечить получение заданных по чертежу размеров отливки. Размеры стержней тщательно проверяются до подачи их на сборку. Запрещается допускать к сборке стержни, у которых имеются дефекты поверхности. Стержни необходимо устанавливать в форму в технологически заданной последовательности, обращая внимание на то, чтобы знаки стержней точно становились в соответствующие отпечатки знаков модели без разрушения кромок литейной формы. Если знак стержня почему-либо не подходит к своему гнезду в форме, то ручная подгонка его опилованием не допускается, так как это искажает размеры стержня, а значит, и размеры отливки, что влечет за собой появление брака.

Мелкие стержни массой до 15 кг устанавливают вручную, следя за тем, чтобы они плотно входили знаковыми частями в соответствующие углубления в форме, стержни массой до 5 кг клеивают в форму с креплением их шпильками или крючками (до или после сушки, подсушки).

Более тяжелые, крупные стержни устанавливают подъемно-транспортными устройствами. Для этой цели применяют строповочные приспособления (рис. 8.7), которые могут иметь на своих ветвях растяжки с левой и правой резьбой для регулирования длины. Это дает возможность придавать стержню строго горизонтальное положение, устанавливать его в форму плавно, без перекосов и смещений.

Крюк строповочного приспособления заводят в проушину подъема, прочность которого должна соответствовать массе стержня, а расположение – обеспечивать горизонтальное положение стержня без перекосов. Стержни необходимо устанавливать в форму плавно, без рывков, толчков и ударов. Большинство стержней устанавливают в форму на знаки, для правильной установки стержня в форму между знаковой

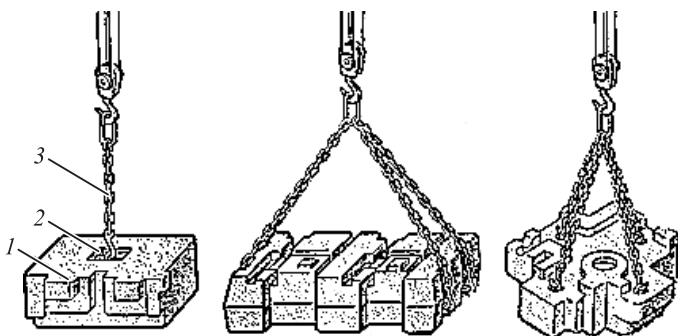


Рис. 8.7. Технологические операции строповки стержней:
1 – стержень; 2 – подъем стержня; 3 – строповочные приспособления

частью формы и стержня предусматривают небольшой зазор. Ручная подгонка стержней нежелательна, она искажает их размеры, а значит, и размеры отливки и может привести к браку.

Если возникают проблемы с правильной установкой стержня в форму, находят причину неточности и устраняют ее. Стержни должны надежно устанавливаться на знаки, не сдвигаться, не перекашиваться, не всплывать при заливке (рис. 8.8).

Знаки в стержне не всегда обеспечивают данные требования, поэтому применяют дополнительные опоры, жерейки или подвешивают стержни.

Установка стержней на горизонтальные знаки. Для установки стержней с одним горизонтальным знаком (рис. 8.9, а), рабочая часть которых выступает консольно внутрь формы, часто необходимо применение

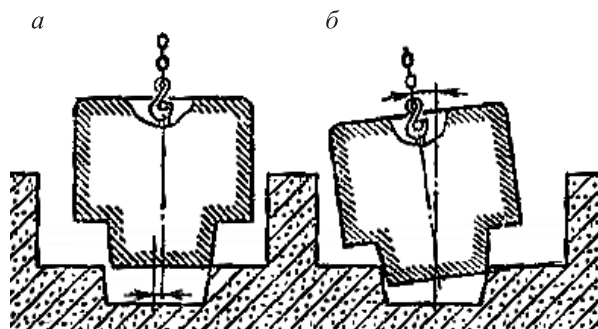


Рис. 8.8. Позиции возможных смещений крупного стержня при установке его в форму:
а – горизонтальное; б – угловое

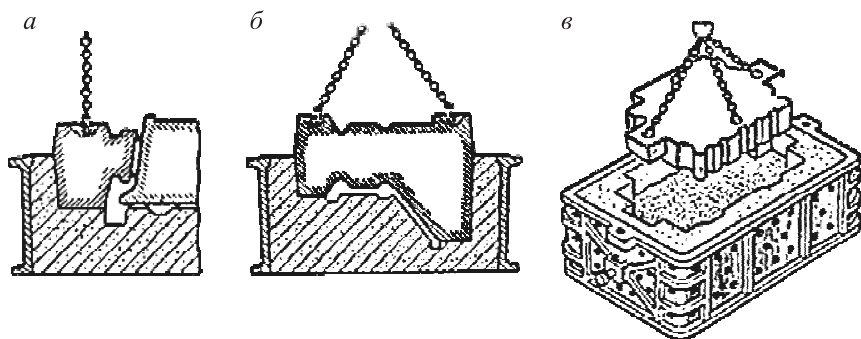


Рис. 8.9. Технологические операции установки стержней на горизонтальные знаки:
а – на один; *б* – на два; *в* – на три

жеробек или увеличение знаков для смещения центра тяжести стержня в опорную часть. При наличии двух и более горизонтальных опорных знаков (рис. 8.9, *б*, *в*) стержень располагается в форме максимально удобно, без дополнительных опор. Знаки формы и стержня открыты и видны сборщику.

В отдельных случаях можно избежать применения жеробек, разместив две отливки в одной опоке с одним общим стержнем, опорная часть которого находится в центре между двумя консолями стержня (рис. 8.9, *б*).

Установка стержней только на один горизонтальный знак ведется с обычным и расширенным знаками (рис. 8.10, *а*), а также с центральным знаком с симметричными консолями (рис. 8.10, *б*).

Установка стержней на вертикальные знаки. Установка стержней с опорой на вертикальные знаки, расположенные в нижней полуформе, также достаточно надежна, но осуществить ее сложнее, так как знаковые части формы и стержня не видны сборщику. Установку

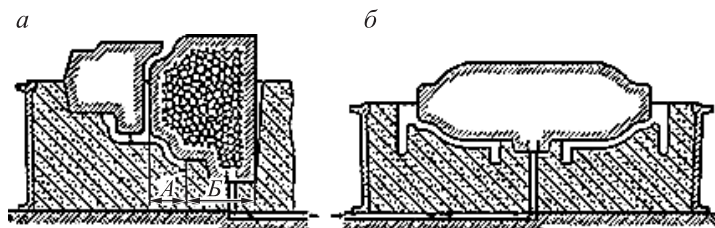


Рис. 8.10. Технологические операции установки стержней на один горизонтальный знак:
а – с обычным и расширенным знаками; *б* – с центральным знаком при симметричных консолях;
А – консольная часть; *Б* – расширенная знаковая часть

стержней необходимо производить осторожно, так как чем больше в нижней форме знаковых частей, тем труднее установить стержень без повреждений. В связи с этим стараются избегать применения стержней, имеющих более двух нижних вертикальных знаков. Невысокие стержни надежно крепят на нижние знаки (рис. 8.11, *а*, *б*, *з*). Высокие стержни, особенно цилиндрические, выполняют с двумя знаками: нижним – для установки, верхним – для надежной фиксации стержня (рис. 8.11, *в*). Стержни, имеющие опору одновременно на нижнем и боковом знаках, крепятся обычно достаточно надежно.

Установка стержней с применением жербеек. При сборке крупных форм, когда центр тяжести стержня смещен относительно опорной поверхности, под неустойчивую часть стержня устанавливают жербейки. Такой способ применяют как при вертикальном (рис. 8.12, *а*), так и при горизонтальном (рис. 8.12, *б*) расположении знаков. Количество жербеек должно быть таким, чтобы давление на их опорную плоскость не превышало допустимого для данного вида формы (сырая, сухая) и не повредило ее. Иногда устанавливают стержни только на жербейки. Размеры жербеек, обеспечивающие правильное положение стержней, определяются по чертежу.

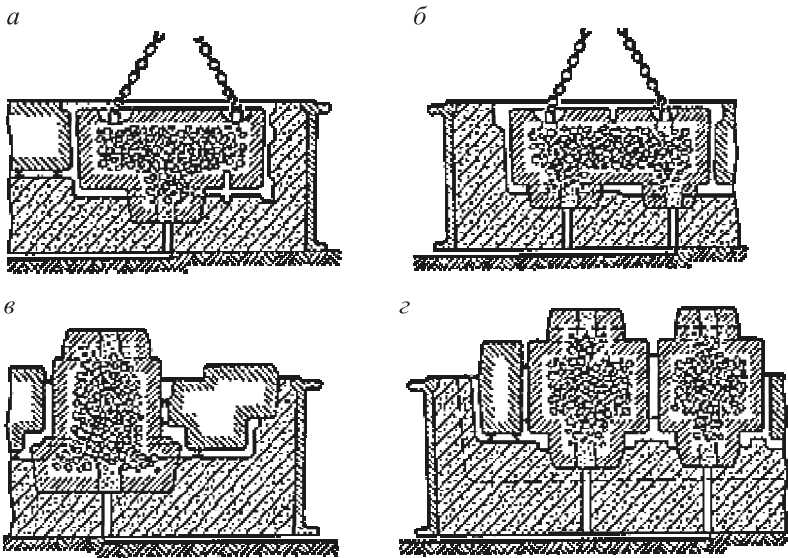


Рис. 8.11. Технологические операции установки стержней на вертикальные знаки: *а* – на один нижний; *б* – на два нижних; *в* – на нижний и верхний; *з* – на два нижних

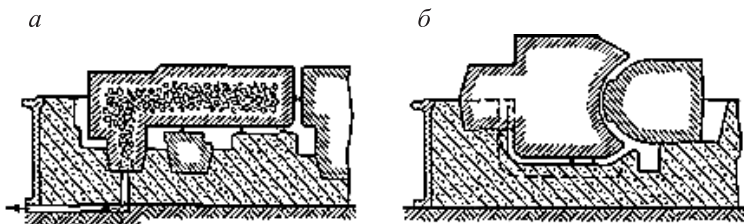


Рис. 8.12. Технологические операции установки стержней на знаки и жеребейки:
a – при вертикальном знаке; *б* – при горизонтальном знаке

Установка стержней с перемещением. В случае, когда при установке стержней один из них мешает другому при любой последовательности установки, устанавливают вначале основной (центральной) стержень, производят установку бокового стержня на расширенный знак формы, а затем сдвигают его внутрь основного стержня и фиксируют в необходимом положении. Образовавшийся зазор между знаком формы и стержнем забивают песком или закрывают стержневой заглушкой, что предотвращает смещение этого стержня при заливке.

При невозможности установить основной стержень *1* для удобства сборки вводят вспомогательный стержень *2* (рис. 8.13, *a*). Для обеспечения прочности стержня избегают тонких перемычек между массивными частями стержней, приводящих к поломкам в тонкой части. В таком случае стержень разделяют на две и более частей, что приводит к упрощению процесса и снижению трудоемкости. Разделение крупного стержня также необходимо, когда габариты стержневого ящика не вписываются в габариты столов стержневых машин, два стержня объединяют в один, когда применение жеребеек для устойчивости стержня нежелательно (рис. 8.13, *б*).

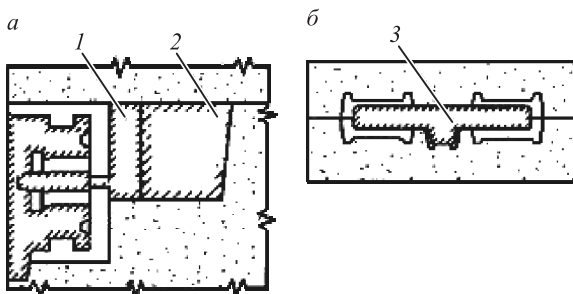


Рис. 8.13. Технологические операции установки стержней в форму:
a – с вспомогательным стержнем; *б* – с общим стержнем на две отливки; *1* – основной стержень;
2 – вспомогательный стержень; *3* – общий стержень на две отливки

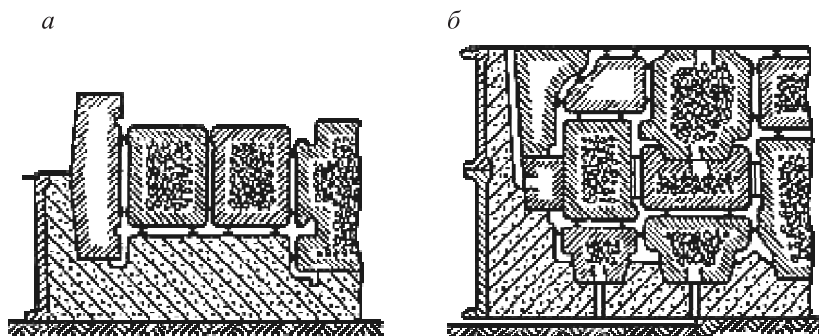


Рис. 8.14. Положения расположения стержней в форме:
a – одноярусное; *б* – трехъярусное

Многоярусная установка стержней. В зависимости от высоты и сложности рабочей полости стержня в форме могут устанавливать в один, два и более ярусов. При одном ярусе (рис. 8.14, *a*) в форме по высоте располагается только один стержень. При двух, трех и более ярусах стержни устанавливают в форме один над другим (рис. 8.14, *б*). Многоярусная сборка сложнее, чем одноярусная. Чем больше ярусов, тем сложнее выполнить вентиляционную систему для отвода газов из средних стержней. Кроме того, затрудняется очистка формы от зазоров, усложняется контроль за правильным положением стержня в форме.

8.4. Последовательность сборки форм

На технологическом чертеже отливки на каждый стержень представляют свой номер, соответствующий порядку сборки. При этом каждый ранее установленный стержень не должен мешать установке последующих. Первыми обычно устанавливают наружные стержни, проверяют их положение и затем ставят последующие в направлении от одной стороны формы к другой, противоположной. При этом заделывают подтемы и все доступные зазоры, полость формы обрабатывают пылесосом. В сухих и подсушенных формах перед установкой стержня в знаковую часть и вокруг вентиляционных каналов укладывают валик из пластичной глины, которая заполняет зазоры и предотвращает проникновение расплава в вентиляционные каналы.

8.4.1. Крепление стержней в форме

После установки стержней в форму их укрепляют для того, чтобы стержни не смещались при повороте формы или не всплывали под действием давления расплава при заливке. Способы крепления зависят от конструкции формы, размеров и расположения стержня.

Крепление стержней в сырых и химически твердеющих формах. Небольшие стержни объемом до 1 дм^3 хорошо держатся в знаках за счет плотной посадки (назначенные зазоры должны быть минимальными). Стержни плотно вставляют в гнезда и слегка обжимают по контуру знака. Более крупные стержни объемом до $2,5 \text{ дм}^3$ крепят шпильками или гвоздями (рис. 8.15, а), предусматривая для них отверстия в стержне. Стержни можно также клеивать жидкой глиной или сульфитным щелоком. Стержни объемом до 5 дм^3 крепят более крупными костылями (рис. 8.15, б). При заливке костыли омываются расплавом и не всегда хорошо сплавляются с ним, поэтому их устанавливают в неответственных частях отливки.

Крепление стержней в сухих формах. Вклеиванием крепят стержни объемом до $1,5 \text{ дм}^3$. Крепление осуществляют смачиванием знаковой части стержня жидкой глиной или сульфитным щелоком, затем стержень устанавливают в гнездо и подсушивают место соединения.

Жеребейками крепят любые стержни при сборке средних и крупных многостержневых форм. Высота жеребеек должна соответствовать толщине стенок отливки. Прибивают жеребейки к поверхности стержней или формы шпильками или ставят враспор. На верхние горизонтальные поверхности стержней между стержнем и стенкой верхней полуформы жеребейки ставят после предварительного (контрольного) накрытия полуформы при сборке. При заливке жеребейки расплавляются. Загрязненные, покрытые ржавчиной жеребейки плохо сплавляются с металлом, образуют пористость и газовые раковины в отливке. Для предотвращения этого жеребейки должны быть чистыми и лужеными, под опорную плоскость жеребеек иногда ставят подставки из белой жести, улучшающие сплавление с металлом отливки.

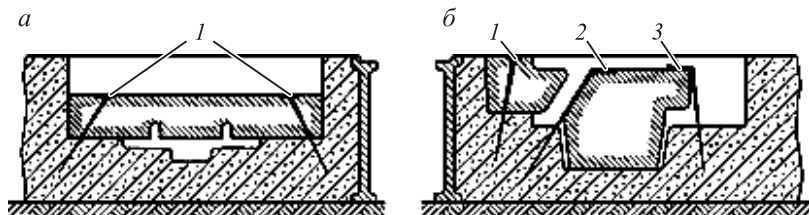


Рис. 8.15. Технологические операции крепления стержней в форме:
а – шпильками или гвоздями; б – костылями; 1 – шпильки, гвозди; 2, 3 – костыли

Подвешиванием крепят обычно крупные стержни к верхней полуформе (рис. 8.16). Для крепления стержня верхнюю полуформу 2 устанавливают поверхностью разъема вверх на специальный стэнд 1. На подъемах стержней 3 (рис. 8.16, а) навешивают крючки 6 и при установке стержня пропускают их через отверстия 4 в знаковых частях полуформы 2. Затем на резьбовые концы крючков 6 надевают планки 8, шайбы 7 и гайки 5 и завинчивают их до обеспечения прочной посадки стержня. Для предотвращения продавливания поверхности полуформы и ослабления крепления стержня планки при затяжке гаек должны опираться на крестовины 9 опоки.

Стержень можно крепить, подвывая его проволокой (рис. 8.16, б). Для этого мягкую отожженную проволоку закрепляют на подъеме 3 и свободный конец ее пропускают через отверстие 4 крепления. Затем проволоку закручивают на деревянном или металлическом бруске 11. Между крестовинами 9 и бруском 11 с одной стороны подкладывают планку 12, а с другой – забивают деревянный клин 10.

Забивкой смеси крепят боковые стержни, имеющие небольшую часть знака в нижней полуформе, а основную часть знака – в верхней. Для этого при уплотнении верхней полуформы у знаковой части модели ставят сбоку стояк. После формовки стояк извлекают, а образовавшийся колодец после сборки заполняют сверху смесью, которая будет препятствовать перемещению стержня при заливке.

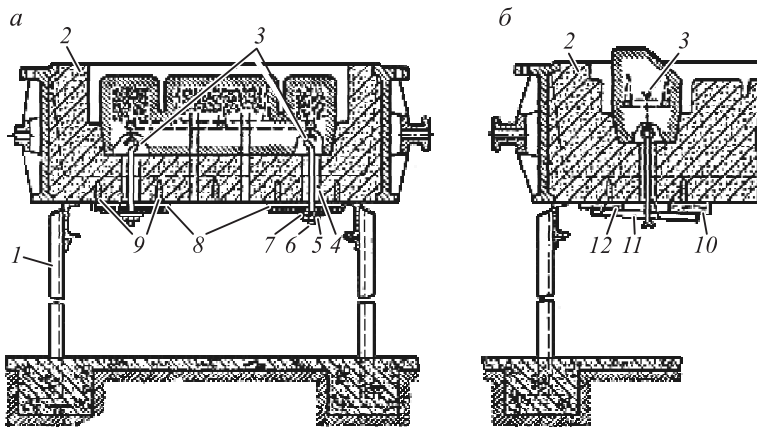


Рис. 8.16. Технологические операции крепления стержней к верхней полуформе: а – крючками; б – проволокой; 1 – стэнд; 2 – полуформа; 3 – подъемы стержней; 4 – отверстия в полуформе; 5 – гайки; 6 – крючки; 7 – шайбы; 8 – планки; 9 – крестовины опоки; 10 – клин; 11 – брусок; 12 – планка

8.4.2. Контроль установки стержней

Контроль установки стержней осуществляют универсальными измерительными инструментами (линейками, угольниками, нутромерами), шаблонами, жеревейками стандартных размеров. Кроме того, стержни устанавливают в форму по специальным сборочным кондукторам.

Сборка несложных форм с небольшим числом стержней, устанавливаемых независимо друг от друга, должна сопровождаться контролем правильности установки каждого из них. При сборке более сложных форм с установкой большого числа взаимосвязанных стержней необходимо контролировать установку каждого из них относительно одной и той же базовой поверхности в соответствии с размерами, указанными на чертеже. При этом базы контроля формы и разметки отливки в механическом цехе должны совпадать. Если же базировать каждый последующий стержень по отношению к предыдущему, то погрешности базирования будут суммироваться. Конечная суммарная ошибка может привести к браку отливки при разметке. При контроле установки отдельных стержней высоту положения стержня от заданной базы определяют жеревейками (рис. 8.17, *а*) или более точно – шаблонами (рис. 8.17, *б*). В этих случаях проверяют не только высоту, но и правильное положение стержня. Неправильная высота установки должна

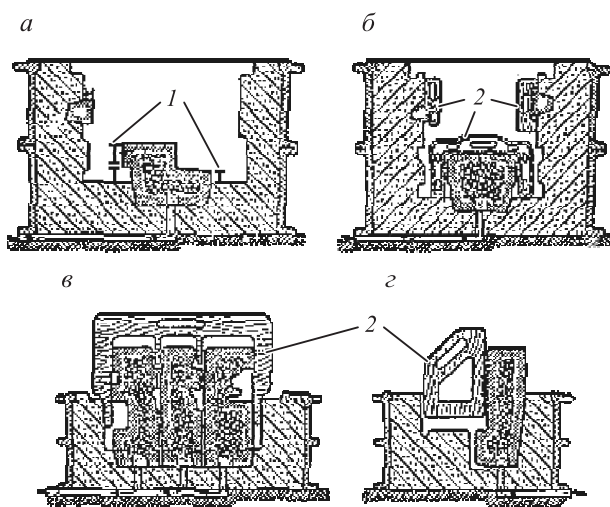


Рис. 8.17. Технологические операции проверки установки стержней в форму: *а* – жеревейками; *б, в, г* – шаблонами; *1* – жеревейки; *2* – шаблоны

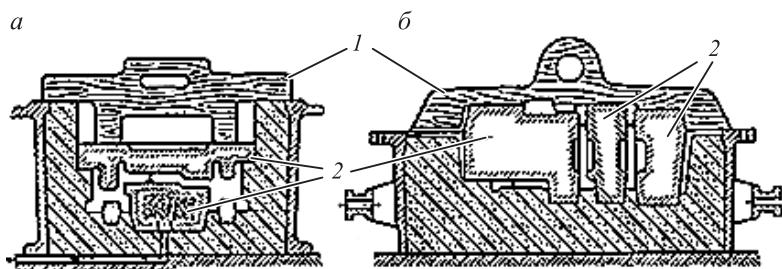


Рис. 8.18. Технологические операции контроля установки стержней шаблонами:
 а – ниже разреза; б – выше разреза; 1 – шаблоны; 2 – стержни

быть исправлена соответственно пригонкой знака или подкладыванием под знак дополнительного валика из пластичного материала. Проверка положения стержней в горизонтальной плоскости по шаблонам показана на рис. 8.17, в, г. Выявленные при контроле ошибки должны быть исправлены.

При проверке положения стержней по высоте шаблонами, базирующимися на плоскости разреза формы (рис. 8.18), шаблоны могут быть выполнены для контроля одного (рис. 8.18, а) или нескольких стержней сразу (рис. 8.18, б).

В массовом и крупносерийном производстве как установку, так и контроль стержней ведут в кондукторах. При этом точность сборки и производительность труда значительно повышаются.

8.5. Устройство искусственного вентилирования форм

При заливке расплава из формы и стержней выделяются пар и газы. Источником их являются испаряющаяся влага, выгорающие органические примеси и воздух, находящийся в полости формы.

Образующийся в форме поток пара и газов должен иметь свободный выход в атмосферу, в противном случае давление потока в форме повышается, газы прорываются сквозь расплав, образуя в нем раковины, а иногда выбросы расплава через каналы литниковой системы.

Газы из формы выходят сквозь толщу формовочной смеси за счет ее газопроницаемости и через открытые каналы выпоров и прибылей. Выход газов из стержней возможен только через знаковые части, нередко ограниченных размеров. Поэтому при формовке и сборке предусматривают систему *искусственных вентиляционных каналов*, обеспечивающих выход газов из знака каждого стержня через формовочную смесь. При этом вентиляционные каналы не должны пересекать литниковую систему, чтобы предотвратить попадание в них расплава.

Выход газов из стержней должен быть направлен преимущественно снизу вверх, что обеспечивает наиболее легкое и полное их удаление. Если такой возможности нет, то газы выводят в боковом направлении или (в последнюю очередь) вниз. Боковой и нижний вывод газов применяют также дополнительно к основному – верхнему.

При устройстве искусственного вентилирования форм (рис. 8.19) необходимо обеспечивать совпадение газоотводящих каналов стержня и формы. Газы из стержня 5 (рис. 8.19, а), установленного в нижней полуформе 6, выходят вверх через каналы 4 и 8 и вниз через стержневой знак по каналам 3 и 2, далее по каналу 1 в постели формовочного плаца. Из стержня 11 газы выходят по каналам 10 и 9 верхнего знака и 3 и 16 нижнего знака. Из стержней 12 и 15 газы выходят сквозь боковую стенку, далее по каналам 13 и 14, образуемым при формовке. Стояк для образования канала 14 может быть выполнен на знаке модели, стояк для образования канала 17 – на знаке модели.

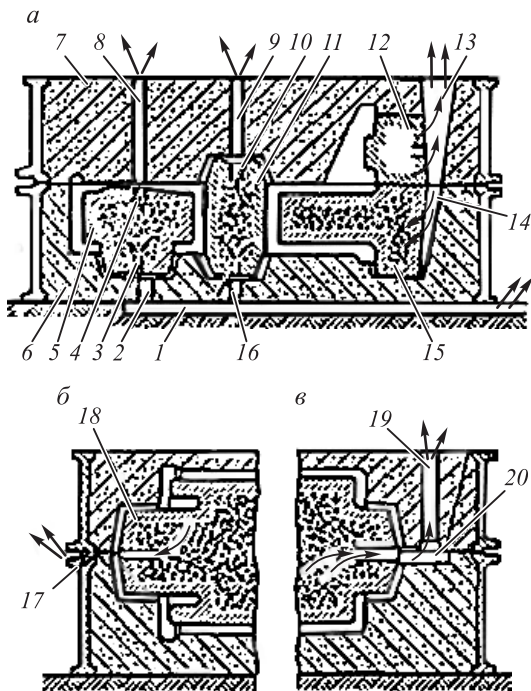


Рис. 8.19. Технологические операции искусственного вентилирования форм:
 а – через наколы, вентиляционные каналы и вытяжные стояки; б – через каналы по разьему формы;
 в – через канал по разьему и стояк; 1 – канал в постели формовочного плаца; 2, 3, 4, 8, 9, 10, 13, 14,
 16, 17, 19, 20 – каналы; 5, 11, 12, 15, 18 – стержни; 6, 7 – полуформы

а стоек канала 13 – вытягиваться вверх при формовке верхней полуформы 7. Из стержня 18 (рис. 8.19, б) газ выходит по каналу 17, прорезанному в плоскости разъема формы до стенки опоки, а также по каналу 20, прорезанному в разъеме формы, далее по вентиляционному стояку 19 (рис. 8.19, в).

Все вентиляционные каналы при сборке (нижние и боковые) или после сборки (верхние) засыпают сухим песком или мелкой гарью, чтобы предотвратить попадание в них расплава. Для более надежного предохранения вентиляционных каналов от расплава применяют вывод газов из стержней по газоотводящим трубкам (рис. 8.20). При таком выводе газов (рис. 8.20, а) после установки стержня 4 в его отверстие вставляют трубку 1 с отверстиями диаметром 2–6 мм на ее концах. При этом трубка должна несколько выступать над верхней полуформой. Зазор между трубкой и верхней частью стержня 5 тщательно замазывают. Вентиляционный колодец 2 верхней полуформы 3 после сборки засыпают сухим песком.

При выводе газов через знак стержня (рис. 8.20, б) устанавливают стержень 7, трубку 1 и верхнюю полуформу, затем в вентиляционный колодец 2 вставляют стержень 6, предварительно положив слой глины, а оставшийся объем колодца засыпают сухим песком.

Для защиты газоотводящих каналов от попадания в них расплава применяют следующие способы:

- в сырых формах гладилкой или ланцетом выполняют *подрезку* верхнего слоя смеси по периметру стержневого знака. Затем на взрыхленный слой смеси устанавливают стержень, что создает необходимое уплотнение вокруг вентиляционного канала;

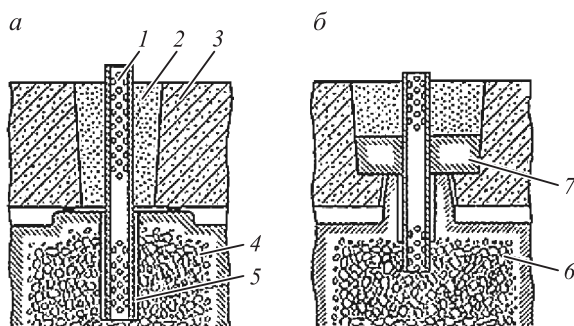


Рис. 8.20. Технологические операции вывода газов из стержней по трубкам: а – с засыпкой вентиляционного колодца; б – с установкой стержня; 1 – трубка с отверстиями; 2 – вентиляционный колодец; 3 – верхняя полуформа; 4, 6, 7 – стержни; 5 – зазор между трубкой и верхней частью стержня

- для получения в форме *песчаного кольца* в моделях на горизонтальных поверхностях знаков по периметру на некотором расстоянии от края выполняют полукруглую канавку радиусом 2–5 мм. При сборке такое кольцо обжимается стержнем и обеспечивает необходимую защиту вентиляционного канала;

- укладывают в сухих, подсушиваемых и химически твердеющих формах по периметру знаков стержней *валик из пластичной глины* или *асбестобитумный шнур*. На пластичный валик или шнур укладывают полоски бумаги, после чего опускают стержень в гнездо и приподнимают его вновь. Места неплотного прилегания стержня покрывают небольшим слоем уплотнительного материала и окончательно устанавливают стержень. При установке стержня в форму валик или шнур деформируется в плоскую ленту и обеспечивает необходимое уплотнение вокруг вентиляционного канала.

8.6. Отделка, соединение полуформ, подготовка форм к заливке

8.6.1. Отделочные работы

Отделочные работы включают заделку зазоров между стержнями, стержнями и формой, а также заделку углублений под подъемы. Эти работы проводят последовательно, по мере окончательной установки стержней.

Заделку зазоров осуществляют у наружных стержней и между отдельными стержнями в местах, к которым имеется свободный доступ сверху и сбоку. Зазоры шириной до 3 мм заделывают тестообразной пастой, которую вдавливают в зазоры на максимальную глубину, после чего их заглаживают. При ширине зазора более 3 мм в зазор вначале проталкивают жгуты из пакли или шнур из асбеста, а затем сверху заделывают пастой. При заделке зазоров необходимо принимать меры во избежание засора рабочей полости формы. В серийном производстве отливок *заделку углублений подъемов* производят специальным стержнем, который клеивают в углубление (рис. 8.21, а). В мелкосерийном производстве отливок углубления подъемов заделывают стержневой или жидкостекольной смесью (рис. 8.21, б). Углубления внутри стержня вначале промазывают глиной или клеем, заполняют смесью и уплотняют.

Заделанное место шлифуют и выполняют вентиляционные каналы, а затем заглаживают. В сырых формах заделанную поверхность натирают серебристым графитом или графитовой пастой, в сухих и подсушенных окрашивают огнеупорной краской и сушат горелками.

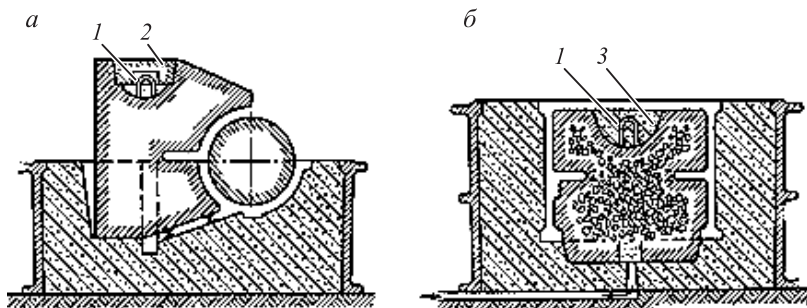


Рис. 8.21. Технологические операции заделки подъемов:
а – стержнем; *б* – формовочной смесью; 1 – вески; 2 – стержень; 3 – смесь

8.6.2. Соединение полуформ

Сырые полуформы соединяют непосредственно после их изготовления и установки стержней, все остальные – после завершения процессов упрочнения. Если полуформы соединяют после сушки или подсушки, их температура должна быть не выше $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, в противном случае возможна конденсация испаряющейся влаги на внутренних поверхностях полуформ и стержней и образование газовых раковин в отливке. Полуформы соединяют обычно два человека, что обеспечивает более качественное центрирование опок по штырям. Перед соединением полуформ необходимо тщательно очистить полость нижней полуформы от попавших туда частиц песка, глины.

Очистку форм производят пылесосами, а также крючками. Полость крупных форм осматривают при хорошем освещении. Для обеспечения плотности стыка полуформ и предотвращения утечки расплава по разьему в сырых формах выполняют подрезку по их контуру. В сухих и подсушенных формах с этой целью по разьему, знакам стержней, границам стояков и выпоров прокладывают валик из пластичной глины или асбестобитумный шнур (рис. 8.22).

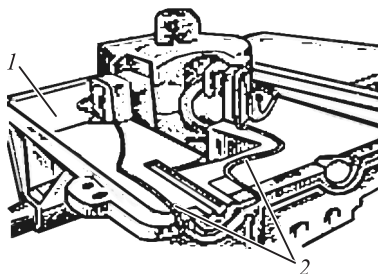


Рис. 8.22. Технологические операции прокладки асбестобитумного шнура при сборке формы:

1 – полуформа; 2 – асбестобитумный шнур

Полуформу для простых отливок собирают в один прием, сложных – в два приема: сначала производят *контрольную сборку*, а затем после проверки и устранения выявленных

недостатков – *окончательную*. Для проверки толщины стенок отливки в контролируемых местах устанавливают конусы из пастообразной глины – «мушки». По «мушкам» можно проверить и отсутствие смещения полуформ, поставив их на край полости формы. После этого полуформы соединяют, а затем вновь поднимают верхнюю. По высоте «мушек» подбирают и устанавливают на их место жеребейки, а по осадке валика глины проверяют плотность прилегания верхней опоки по разьему и в знаках стержней. При соединении полуформ используют *контрольные штыри*, длина которых должна быть несколько больше размеров стержней, выступающих над разъемом формы. При этом необходимо следить, чтобы верхняя полуформа опускалась строго горизонтально, а цилиндрическая часть штырей входила в контрольные отверстия нижней опоки.

8.6.3. Подготовка форм к заливке

Основными операциями по подготовке форм к заливке являются скрепление форм и установка литниковых и выпорных чаш. *Скрепление* форм необходимо потому, что расплав при заполнении собранной формы оказывает большое давление на стенки формы, стержни, стремится поднять верхнюю полуформу. Чем выше столб расплава в литниковой системе и его плотность, а также площадь соприкосновения расплава с верхней полуформой, тем больше это давление. Особенно велико оно в момент приближения уровня заливаемого расплава к поверхности верхней полуформы, когда статическое давление усиливается гидравлическим ударом. Чтобы избежать подъема верхней полуформы и утечки расплава, полуформы перед заливкой скрепляют различными способами: наложением груза, скобами, болтами (рис. 8.23). Если форму для заливки кантуют в вертикальное положение, то скрепление полуформ должно быть особенно надежным. В отверстия приливов опок вставляют штыри, скрепляют полуформы болтами, а затем поворачивают форму в положение заливки, не удаляя контрольных штырей. При скреплении полуформ необходима равномерная затяжка болтов со всех сторон.

Установка литниковых и выпоровых чаш является завершающей операцией сборки. В небольших формах литниковые воронки и чаши выполняют в верхней полуформе непосредственно при формовке по сырому. В более крупных формах литниковые и выпоровые чаши изготавливают отдельно и ставят на формы при сборке.

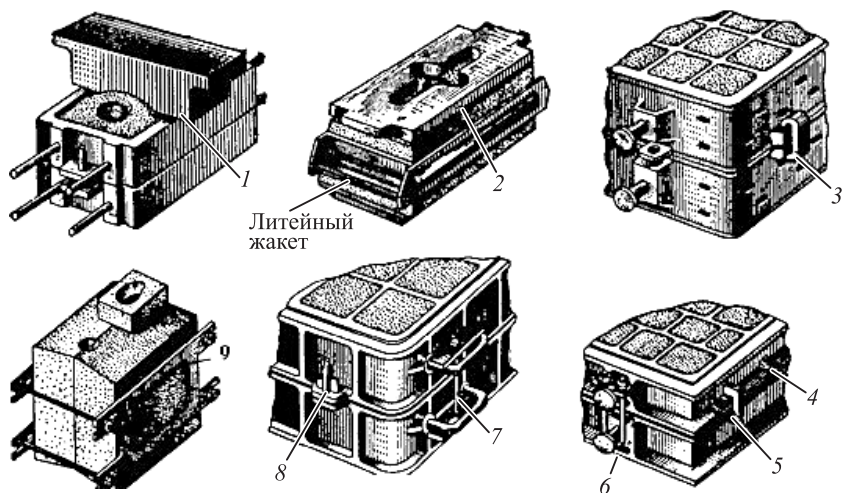


Рис. 8.23. Технологические операции скрепления полуформ перед заливкой: 1 – грузом в виде чушки чугуна; 2 – плоским грузом (для безопочных форм); 3 – скобами, набиваемыми на конусные приливы опоки; 4 – болтами с винтовыми гайками; 5 – скобой с клином; 6, 7 – стальными стяжками; 8 – штырем с клином; 9 – рамками и болтами (для стержневых форм)

Литниковые и выпоровые чаши и выпоры увеличивают напор расплава, повышают плотность отливок и улучшают условия заполнения формы. Литниковые чаши должны быть достаточно прочными и сухими, размеры их должны соответствовать металлоемкости формы. Высота литниковой чаши и воронки выпора должна быть одинаковой, чтобы предупредить перетекание расплава на поверхность формы. Перед установкой литниковых чаш отверстия стояка и выпора закрывают паклей, предохраняющей полость формы от засорения. Перед заливкой паклю из стояка удаляют, а в выпорах – оставляют. Устанавливать чаши нужно так, чтобы отверстия их совпадали с соответствующими отверстиями формы (рис. 8.24, а). В гнездо, выполненное в форме 3, сначала устанавливают предохранительное кольцо 5, затем выполняют постель 4 из формовочной смеси и плотно устанавливают на нее литниковую чашу 1. Литниковые чаши для форм отливок из чугуна должны располагаться на краю для удобства заливки (рис. 8.24, б). Положение воронки для стальных отливок при условии разлива расплава из стопорных ковшей может быть в пределах площади опоки.

В процессе заливки газы, выходящие из формы, поджигают (начиная снизу). Это уменьшает содержание оксида углерода в цехе и способствует более интенсивному выделению газов из формы.

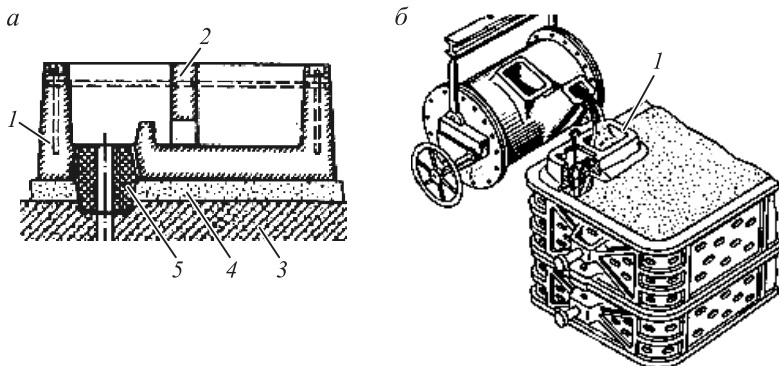


Рис. 8.24. Технологические операции установки литниковой чаши на крупной форме (а, б): 1 – литниковая чаша; 2 – перегородка в чаше; 3 – форма; 4 – постель; 5 – предохранительное кольцо

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте требования к процессу сборки форм.
2. Какие работы при сборке форм называют подготовительными?
3. Опишите процессы окраски стержней.
4. Какие работы при сборке форм называют подготовительными?
5. Какие разновидности сушки различают в зависимости от способа нагрева и передачи тепла формам и стержням?
6. Охарактеризуйте сущность процессов сушки.
7. Опишите конвекционный и радиационный способы сушки форм и стержней.
8. В чем заключается подготовка места сборки форм?
9. Перечислите операции отделочных работ по сборке форм, опишите обработку зазоров, углублений, подъемов.
10. Дайте характеристику операциям установки, крепления, контроля установки стержней в форму.
11. Опишите процесс установки стержней с применением жеребеек.
12. Каким образом производят крепление стержней в форме?
13. Назовите операции контроля установки стержней в форме.
14. Перечислите операции отделочных работ по сборке форм, опишите заделку зазоров, углублений, подъемов.
15. Опишите технологию соединения полуформ, подготовки форм к заливке.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Требования безопасности к производственному оборудованию и технологическим процессам приготовления стержневых и формовочных смесей

В технологических процессах проведения работ по приготовлению стержневых и формовочных смесей возможно действие следующих *опасных и вредных производственных факторов*.

1. Характеристика опасных производственных факторов.

1.1. Движущиеся машины и механизмы (транспортные средства, грузоподъемные краны и др.) как на территории предприятия, так и в цехе.

1.2. Подвижные части производственного оборудования.

1.3. Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы.

Действие факторов: возможно травмирование при контакте и невыполнении требований безопасности.

1.4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Действие фактора: возможны различные нарушения в организме, как местные повреждения тканей и органов, так и общее поражение.

1.5. Пожаро- и взрывоопасность.

Действие факторов: возможны термические ожоги, отравление угарным газом, травмирование обрушившейся конструкцией.

1.6. Тяжесть и напряженность труда.

Действие факторов: утомляемость, опасность ошибочных действий и несчастных случаев.

2. Характеристика вредных производственных факторов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Характеристика вредных производственных факторов

Наименование фактора производственной среды	Величины ПДК, ПДУ
Температура, °С	16–27
Влажность, %	15–75
Скорость движения воздуха, м/с	0,2–0,5
Пыль, содержащая диоксид кремния, мг/м ³	2,0
Пыль, содержащая хромовый ангидрид, мг/м ³	0,01
Пыль графитная, мг/м ³	10,0
Пары керосина, мг/м ³	300

Действие факторов: возможны отравления, профессиональные заболевания.

Для предотвращения воздействия вредных и опасных производственных факторов работающим на участке (земледелам, уборщикам) предписывается обязательное использование и правильное применение предоставленных средств индивидуальной защиты (СИЗ), а в случае их отсутствия или неисправности – немедленное уведомление об этом непосредственного руководителя (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Перечень средств индивидуальной защиты

Наименование средств индивидуальной защиты	Классификация и маркировка средств индивидуальной защиты	Сроки носки
Костюм хлопчатобумажный из пыленепроницаемой ткани со светоотражающими элементами	Пн, ЗМи	12 месяцев
Головной убор из пыленепроницаемой ткани		12 месяцев
Ботинки кожаные пылезащитные	Пн	12 месяцев
Рукавицы комбинированные	Ми	До износа
Перчатки резиновые	Вн	До износа
Нарукавники брезентовые	ЗМи	6 месяцев
Очки защитные	ЗП	До износа
Респиратор	ЗМи	До износа
Каска защитная		24 месяца
Вкладыши противошумные		До износа
Фартук брезентовый с нагрудником		6 месяцев

Работник, получивший СИЗ, инструктируется о порядке пользования и ухода за ними руководителем работ. Средства индивидуальной защиты приводятся в готовность до начала работы.

Основные технологические операции. В смесеприготовительных отделениях производится подготовка свежих исходных формовочных материалов, переработка выбитой из опок горелой смеси, регенерация отработанных смесей, а также приготовление формовочных и стержневых смесей и вспомогательных составов (противопригарных красок и др.). Операции смесеприготовительного отделения сопровождаются образованием пыли, тепла и водяных паров. Кварцевая пыль образуется при сушке песка и глины в сушильных печах, при размалывании и тонком измельчении глины и каменного угля в бегунах и мельницах, во время просеивания, переосыпки и транспортирования ленточными транспортерами и элеваторами выбитой из опок горелой смеси, при смешивании формовочных материалов в бегунах. Образование конвекционного и лучистого тепла и выделение газов происходят при работе сушильных печей, из которых выгружают горячие материалы и смеси.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды. Снижение запыленности, газо- и парообразования до установленных санитарных норм осуществляется применением вентиляции, а также проведением комплекса профилактических меро-

приятый санитарно-технического характера. Все источники образования пыли (сушила для песка и глины, дробилки, мельницы, сита, бегуны, элеваторы и другие виды оборудования) снабжаются укрытиями и местной вытяжной вентиляцией. Выбрасываемый в атмосферу воздух проходит через пылеочистные устройства. Места пересыпки формовочных материалов оборудуются специальными пылеотсасывающими установками. Снижению концентрации пыли в воздухе рабочих зон способствуют также системы пневмотранспорта формовочных материалов.

Для улучшения условий труда в литейных цехах устраивают туннели. Размеры туннелей (высота 2,4 м, ширина рабочих мест у конвейеров не менее 0,8 м) обеспечивают свободные проходы, позволяют использовать ленточные конвейеры с широкими (800 мм и более) лентами, устанавливать механизированные затворы и сита под бункерами горелой смеси, оборудовать туннели приточно-вытяжной вентиляцией.

Требования безопасности к технологическому оборудованию. Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается надежной работой *технологического оборудования*:

- для всех деталей, узлов и механизмов, совершающих возвратно-поступательные или вращательные движения, предусматривается ограждение сплошными или сетчатыми кожухами;

- в конструкциях установок предусматриваются предохранительные тормозные устройства, фиксирующие узлы и механизмы и предупреждающие их самопроизвольное перемещение;

- управление установками осуществляется с помощью кнопочных станций выносного типа или кнопочных станций, установленных непосредственно на машинах; конструкция кнопочной станции, как правило, исключает возможность случайного пуска машины, предусматривается дублирование аварийных и рабочих кнопок «стоп»;

- на смешивающих бегунах устраиваются закрывающаяся чаша, вентилятор и пылезащитный кожух с патрубком для присоединения к цеховой системе вытяжной вентиляции, в защитном кожухе бегунов предусматривается смотровой люк с блокировкой, исключающей включение привода бегунов при открытом люке;

- смешивающие бегуны оборудуются механическим приспособлением для отбора проб смеси и исключения ручного отбора проб;

- бункера для формовочных материалов закрываются сверху предохранительными решетками, оборудуются затворами и дозаторами с пневматическими приводами, обеспечивающими безопасное их открывание и закрывание;

- элементы установок, обслуживаемых на высоте 1,5 м и более, оборудуются рабочими площадками с ограждениями и лестницами, площадка, как правило, имеет проход шириной не менее 0,7 м, не считая площадей зон обслуживания машин и механизмов, ограждения площадок выполняют высотой 800–1000 мм с расстояниями между крепежными вертикальными элементами не менее 450 мм, настил рабочих площадок и ступеней лестниц устраивают сплошным из рифленых стальных листов, исключающих скольжение ног;

- дробилки, бегуны и другое смесеприготовительное оборудование снабжаются предохранительными устройствами, предупреждающими перегрузки и одновременность движения механизмов;

- барабанные цилиндрические и полигональные сита укрываются сплошными защитными кожухами с одним отверстием (проемом) для загрузочного желоба,

к верхней части кожуха, в непосредственной близости к загрузочным отверстиям, присоединяется отсасывающий патрубок для подключения кожуха к вытяжной вентиляционной сети;

- магнитные сепараторы оборудуются кожухами с проемами для пропуска лент, снабженными уплотненными фартуками и отсосами в верхней части;

- аэраторы и дезинтеграторы оборудуются защитными кожухами с патрубками для присоединения их к вытяжной вентиляционной системе, в защитных кожухах аэраторов и дезинтеграторов устраивается блокировка, исключающая их работу при открытом люке.

Безопасность труда в смесеприготовительных отделениях обеспечивается также надежной работой **транспортных средств**, которые должны отвечать следующим требованиям:

- участки набегания лент на барабаны ленточных и пластинчатых конвейеров ограждаются кожухами;

- ленточные конвейеры снабжаются тросовыми концевыми выключателями, позволяющими в случае необходимости быстро остановить конвейер и предупредить возможность несчастного случая;

- наклонные пластинчатые конвейеры и элеваторы оснащаются захватами лент на случай ее обрыва;

- для обслуживания транспортных устройств, расположенных на высоте более 1,5 м от уровня пола, предусматриваются рабочие площадки с ограждением и лестницами с перилами, ширина проходов на площадке должна быть не менее 0,8 м при высоте уровня площадки до потолка не менее 1,9 м.

Правила безопасного проведения работ. К самостоятельной работе в качестве земледела допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию, прошедшие медицинское освидетельствование и признанные годными по состоянию здоровья, прошедшие вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте, прошедшие стажировку и обучение безопасным методам и приемам работы, проверку знаний по вопросам охраны труда, имеющие 2-ю группу допуска по электробезопасности.

Рабочие смесеприготовительных отделений должны знать и строго выполнять следующие правила безопасности:

- материалы, используемые для приготовления форм и стержневых смесей, должны иметь паспорта-характеристики (сертификаты), новые материалы должны применяться только после согласования с органами Госсаннадзора;

- управление всей системой механизированных (автоматизированных) смесеприготовительных отделений должно быть централизовано, все агрегаты смесеприготовительного отделения должны быть связаны с пультом управления сигнализацией;

- загрузка в смесители компонентов смеси должна производиться из бункеро-дозаторов автоматически или механически без утечек и просыпей;

- ручная очистка барабанов и лент транспортеров и элеваторов от налипшей смеси во время их работы не допускается, эта операция должна производиться автоматически действующими приспособлениями;

– спуск рабочих в бункера и закрома с сыпучими материалами допускается только с разрешения и в присутствии старшего по смене и только при условии применения предохранительного пояса с надежно закрепленным тросом, только по специальным лестницам с поручнями и площадками;

– смесители для приготовления песчано-смоляных смесей должны иметь блокировку, не позволяющую работать при отключенной вентиляции;

– при обслуживании элеваторов необходимо выполнять следующие требования: запуск элеватора производить по сигналу при закрытых смотровых окнах в кожухе; во время движения элеватора не находиться напротив верхнего открытого привода и возле нижнего натяжного барабана загрузочной коробки ковшей; не допускать очистку ковшей во время движения элеватора.

Приложение 2

Требования безопасности к производственному оборудованию и технологическим процессам изготовления форм и стержней

В технологических процессах проведения работ по изготовлению форм и стержней возможно действие следующих *опасных и вредных производственных факторов*.

1. Характеристика опасных производственных факторов.

1.1. Движущиеся машины и механизмы (транспортные средства, грузоподъемные краны и др.) как на территории предприятия, так и в цехе.

1.2. Подвижные части производственного оборудования.

1.3. Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы.

Действие факторов: возможно травмирование при контакте и невыполнении требований безопасности.

1.4. Острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях заготовок, инструмента, оборудования, приспособлений (стержневых ящиков, сушильных плит, металлических каркасов, опок и др.).

Действие факторов: возможны порезы при соприкосновении.

1.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, при замыкании которой ток может произойти через тело человека.

Действие фактора: возможны различные нарушения в организме, как местные повреждения тканей и органов, так и общее поражение.

1.6. Пожаро- и взрывоопасность.

Действие факторов: возможны термические ожоги, отравление угарным газом, травмирование обрушившейся конструкцией.

1.7. Открытое пламя.

Действие фактора: возможны термические ожоги, различные нарушения в организме, как местное повреждение тканей и органов, так и общее поражение.

1.8. Повышенная температура поверхностей, инструмента, приспособлений, материалов.

Действие фактора: возможны термические ожоги.

1.9. Тяжесть и напряженность труда.

Действие факторов: утомляемость, опасность ошибочных действий и несчастных случаев.

2. Характеристика вредных производственных факторов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Характеристика вредных производственных факторов

Наименование фактора производственной среды	Величины ПДК, ПДУ
Температура, °С	16–27
Влажность, %	15–75
Скорость движения воздуха, м/с	0,2–0,5
Пыль, содержащая диоксид кремния, мг/м ³	2,0
Пыль, содержащая хромовый ангидрид, мг/м ³	0,0035
Пары керосина, мг/м ³	300,0
Пыль графитная, мг/м ³	10,0
Оксид углерода (угарный газ), мг/м ³	20,0
Пары ацетона, мг/м ³	200,0
Вибрация локальная, ДБА	6
Уровень шума, дБ	80

Действие факторов: возможны отравления, профессиональные заболевания.

Для предотвращения воздействия вредных и опасных производственных факторов работающим на участке (формовщикам, стерженщикам) предписывается обязательное использование и правильное применение предоставленных средств индивидуальной защиты (СИЗ), а в случае их отсутствия или неисправности – немедленное уведомление об этом непосредственного руководителя (табл. 2.2).

Основные технологические операции. В формовочных и стержневых отделениях литейных цехов мелкосерийного и единичного производства в определенной степени применяется ручной труд – перенос стержневых ящиков и опок, уплотнение смесей трамбовкой, окраска стержней и полуформ.

При ручном изготовлении стержней и форм и доставке их на участок заливки, а также при окраске и сборке форм в воздух рабочих зон выделяется пыль. На участках сушки стержней и форм в воздушную среду рабочих зон могут выделяться газы, а также избыточное конвекционное и лучистое тепло от печей. В механизированных и автоматизированных литейных цехах крупносерийного и массового производства источниками образования шума являются пневматические встряхивающие машины, а также пескодувные и пескострельные полуавтоматы и автоматы. В стержневых отделениях, применяющих технологию изготовления стержней в горячих и холодных стержневых ящиках, неблагоприятным производственным фактором является выделение в воздушную среду рабочих зон вредных веществ.

Таблица 2.2

Перечень средств индивидуальной защиты для формовщиков, стерженщиков

Наименование средств индивидуальной защиты	Классификация и маркировка средств индивидуальной защиты	Срок носки
1	2	3
Костюм хлопчатобумажный из пыленепроницаемой ткани	Пн	12 месяцев

1	2	3
Головной убор из пыленепроницаемой ткани		12 месяцев
Ботинки кожаные пылезащитные	Пн	12 месяцев
Рукавицы виброзащитные	Мв	До износа
Очки защитные	Г	До износа
Респиратор	Ми	До износа
Каска защитная		24 месяца
Вкладыши противושумные		До износа
Рукавицы комбинированные		До износа
При работе с растворами едкого натра, жидкого стекла, мылонафтана и другими опасными и вредными веществами дополнительно		
Фартук прорезиненный кислото-щелочестойкий с нагрудником	К20Щ20	6 месяцев
Нарукавники прорезиненные	К20Щ20	6 месяцев
Перчатки резиновые	К50Щ20	До износа

Мероприятия по оздоровлению условий труда. Создание здоровых условий труда в формовочных и стержневых отделениях обеспечивается комплексом санитарно-технических, профилактических и организационных мероприятий. В отделениях используют механическую приточную вентиляцию, которая сочетается с естественной, осуществляемой через светоаэрационные фонари.

В стержневых отделениях, применяющих технологию изготовления стержней в холодных ящиках, позиции засыпки смеси в ящик и отверждения стержней оборудуются патрубками для подключения оборудования к цеховой вентиляции.

Для перемещения модельных плит и опок на машины, стержней на участок сборки форм под заливку и выполнения других тяжелых работ используют тележечные, подвесные конвейеры и машины, действующие полуавтоматически и автоматически.

Для снижения уровня шума пневматические встряхивающие машины заменяют прессовыми, используют виброизолирующие фундаменты, заменяют пневматические приводы машин гидравлическими и пневмогидравлическими, выхлопные клапаны пневматических приводов выводят за пределы цеха, встраивают в формовочные машины амортизирующие и звукогасящие прокладки, глушители и амортизаторы, применяют СИЗ.

Стержневые машины для изготовления стержней в горячих ящиках оборудуются местными вытяжными устройствами.

Требования безопасности к технологическому оборудованию стержневого участка. Для обеспечения безопасности труда конструкции стержневых машин должны отвечать следующим требованиям:

– в пескоструйных и пескострельных стержневых машинах предусматривается автоматизация зажима стержневых ящиков, вдува смеси, подъема и опускания стола и подачи стержневых ящиков на вдвунную плиту;

– пескодувные и пескострельные стержневые машины устраивают с системами электрической блокировки, исключающей возможность вдува смеси при неплотном поджиге стержневого ящика к вдувной плите и самопроизвольного опускания стола при наличии давления в пескодувном резервуаре;

– при изготовлении стержней из самотвердеющих смесей в горячих ящиках предусматривается система отсоса газов и паров, обеспечивается безопасность обслуживания ящиков с высокой температурой нагрева, механизация и автоматизация извлечения стержней из ящиков и их передачи на позицию отверждения;

– машины для изготовления стержней в холодных ящиках оборудуются укрытиями с патрубками для подключения к цеховой вентиляции;

– на автоматизированных комплексах изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей зоны заполнения стержневых ящиков смесью и извлечения стержней оборудуются вытяжными вентиляционными панелями, зона отверждения стержней оборудуется сплошным вентилируемым укрытием;

– места охлаждения и промежуточного складирования стержней (конвейеры, контейнеры, столы, контейнеры с браком), изготовленных в нагреваемой оснастке и с продувкой газообразным катализатором, оборудуются местными отсосами;

– автоматизированные комплексы изготовления стержней пескодувным способом с последующей продувкой CO_2 оборудуются местными отсосами;

– сушила для сушки и подсушки стержней после окраски оборудуются вытяжной вентиляцией.

Конструкцией машин для изготовления стержней с продувкой газообразными катализаторами (аминами, метилформиадом, SO_2 и др.) предусматриваются:

– укрытия для локализации газовыделений;

– герметичность системы подачи газообразного катализатора и системы отвода отработанных газов;

– вывод отработанных газов из машины через нейтрализатор скруббера, обеспечивающего их очистку до уровня ПДК на рабочих местах;

– вентилируемые укрытия в зоне извлечения стержней;

– блокировки, исключающие включение машины без системы нейтрализации;

– отсасывание воздуха, количество принимают из расчета обеспечения скорости воздуха в открытых проемах не менее 1 м/с.

Машины для сверления отверстий, для зачистки, склеивания и окраски стержней оснащаются местной вытяжной вентиляцией.

Требования безопасности к технологическому оборудованию формовочного участка. Для обеспечения безопасности труда на формовочном участке должны соблюдаться следующие требования:

– опоки должны иметь прочные, надежно закрепленные цапфы, ушки, ручки, скобы, обеспечивающие уравновешенное и безопасное зацепление и транспортирование их грузоподъемными устройствами. На концах цапф должны быть кольцевые буртики, исключающие возможность срыва (выскакивания) опоки из такелажных (чалочных) приспособлений при ее переворачивании и перемещении;

– конструкцией формовочных машин и автоматов предусматриваются блокировки, исключающие начало работы на данной позиции до тех пор, пока соответствующие элементы механизмов не будут находиться в фиксированном положении, а также не допускающие нарушения последовательности технологических операций;

- пусковые устройства для включения движущихся частей машин размещают на дистанционном пульте управления, а при их размещении на машине приводить в действие следует двумя руками;

- при управлении одной рукой предусматриваются защитные ограждения, исключающие травмирование оператора;

- расстояние между формовочными машинами определяется необходимой площадью рабочего места и должно обеспечивать безопасность обслуживания машин, зачаливание и перемещение опок и плит;

- конструкцией формовочных машин с поворотными и перекидными столами обеспечивается надежное и удобное крепление модельных плит и опок к столам, исключается самопроизвольное отделение опок и модельных плит от стола при прекращении подачи энергии, самопроизвольный поворот узлов под действием массы опоки и модельной плиты. Зона действия кантующего механизма формовочной машины ограждается, при отсутствии такой возможности наружные поверхности кантующего механизма окрашиваются в предупредительные цвета;

- формовочные пескометы оборудуются прочным кожухом ограждения головки, обеспечивающим безопасность в случае разрушения ковша или дуги пескометной головки, а также блокировкой на крышке этого кожуха, исключающей включение привода ротора головки и отключающей его при открытой крышке.

Конструкцией формовочных машин воздушно-импульсной формовки обеспечиваются:

- автоматизация операций от установки на машину наполнительной рамки до выдачи готовой полуформы;

- автоматические блокировки, исключающие проведение импульса до полного прижима опоки с наполнительной рамкой к импульсной головке и их разжим при полном сбросе давления;

- защитные ограждения от смеси, вылетающей из зазоров;

- отвод отработанного сжатого воздуха через глушители в зону, исключающую его контакт с работающими;

- дистанционное управление.

Правила безопасного проведения работ. Для обеспечения безопасности труда при изготовлении форм и стержней работающие должны соблюдать следующие основные требования:

- следить за исправностью опочно-модельной оснастки, цапф или других элементов, обеспечивающих надежность зацепления чалочными средствами и крепления на машинах;

- систематически проверять прочность крепления лопастей метательной головки пескомета;

- применять пылеотсасывающие устройства и приспособления для очистки и удаления с поверхности стержневых ящиков, моделей, форм и стержней песка и пыли;

- переходить напольные тележечные конвейеры только по специальным мостикам, для подхода к которым вдоль конвейера должны быть установлены проходные галереи шириной не менее 1 м;

- следить за тем, чтобы рабочие места по изготовлению форм и стержней были оборудованы уборочными решетками, обеспечивающими прием и удаление просыпной формовочной смеси;

– почвенную формовку без герметичных кессонов производить только в цехах с залеганием грунтовых вод не менее 3 м от уровня пола. Расстояние от самой нижней точки формы до высшего уровня вод должно быть не менее 1,5 м;

– покрытие поверхности форм и стержней противопопригарными веществами проводить только способами, исключающими попадание аэрозолей противопопригарных красок в воздух рабочей зоны, и с применением защитных средств.

– при сборке форм применять только хорошо высушенные стержни с открытыми вентиляционными каналами, что предупреждает выброс расплава из формы во время ее заливки;

– во избежание утечки расплава по разьему формы при заливке надежно скреплять части формы грузами, скобами или другими способами;

– не производить исправление и отделку форм в подвешенном состоянии при нахождении людей под формой, для этих целей формы устанавливать на специальные подставки;

– следить за наличием на пусковых рукоятках пневматических машин ограждений или фиксаторов, исключающих возможность случайного и неожиданного включения машин;

– опоки складывать в штабеля высотой не более 1,5 м, при этом площадь пола должна быть горизонтальной, ровной и утрамбованной, а ширина проходов между штабелями должна быть не менее 1,6 м;

– формы и стержни, изготовленные в нагреваемой оснастке, до полного охлаждения помещать в укрытия, оборудованные местной вытяжной вентиляцией;

– переворачивание заформованных тяжелых опок, поднятых краном, проводить на балансирах с роликами или с помощью других специальных приспособлений, обеспечивающих безопасность работ;

– покрытие поверхности форм и стержней противопопригарными веществами (порошок графита, тальк и др.) проводить только под вытяжной вентиляцией с применением средств индивидуальной защиты в соответствии с технологической инструкцией организации;

– для предотвращения возможности образования цианистого водорода при изготовлении стержней в нагреваемой оснастке не допускать ее нагрева свыше 310 °С;

– при сборке форм должна быть обеспечена невозможность выхода металла по разьему формы при заливке;

– глубина просушки форм должна устанавливаться в технологической документации с таким расчетом, чтобы исключить «вскипание» металла и выброс его из формы во время заливки и охлаждения;

– при изготовлении форм и стержней в нагреваемой оснастке подача смесей в приемные бункера формовочных и стержневых машин должна быть автоматизирована или механизирована;

– оборудование для изготовления форм и стержней, а также рабочие места для подготовительных и отделочных операций должны оснащаться местной вытяжной вентиляцией.

Требования безопасности при выполнении литейных работ определяются ГОСТ 12.3.027–2004. Работы литейные; ГОСТ 30443–97. Оборудование технологическое для литейного производства.

ЛИТЕРАТУРА

Жебин, М.И. Изготовление форм и приготовление литейных сплавов / М.И. Жебин, М.Н. Сосненко. М., 1982.

Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. Минск, 2000.

Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси / Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов. Минск, 2005.

Мальцев, В.А. Оборудование для изготовления стержней / В.А. Мальцев, В.Т. Ракогон. М., 2005.

Некрасов, Г.Б. Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье / Г.Б. Некрасов, И.Б. Одарченко. Минск, 2013.

Петриченко, А.М. Термостойкость литейных форм / А.М. Петриченко, А.А. Померанцев, В.В. Парфенов. М., 1982.

Просыник, Г.В. Изготовление оболочковых форм / Г.В. Просыник. М., 1978.

Современные установки фирмы «Айрих» для приготовления формовочных смесей: труды V съезда литейщиков России. М., 2001.

Справочник по чугунному литью / под ред. Н.Г. Гиршовича. Л., 1978.

Сухомлинов, С.М. Оборудование для приготовления формовочной и стержневой смеси / С.М. Сухомлинов. М., 2005.

Титов, Н.Д. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. М., 1974.

Чуркин, Б.С. Технология литейного производства / Б.С. Чуркин. Екатеринбург, 2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Общие сведения о процессе получения литейных форм	7
1.1. Процесс и способы получения отливок	7
1.2. Понятие о литейной форме	9
1.3. Разновидности литейных форм	10
1.4. Свойства литейных форм	11
1.5. Понятие о литейных стержнях. Разновидности стержней	13
1.6. Классификация стержней	14
1.7. Конструктивные и технологические элементы стержней	16
1.8. Свойства литейных стержней	20
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>21</i>
Глава 2. Формовочные материалы и смеси	22
2.1. Виды формовочных материалов и смесей	22
2.2. Структура и свойства формовочных и стержневых смесей	25
2.3. Исходные формовочные материалы	30
2.3.1. Зерновой наполнитель – формовочный песок	30
2.3.2. Высокоогнеупорные формовочные материалы	31
2.3.3. Принципы выбора формовочных песков	34
2.4. Связующие материалы	35
2.4.1. Глинистые связующие	37
2.4.2. Синтетические смолы	40
2.4.3. Жидкое стекло	44
2.5. Вспомогательные составы и материалы	45
2.6. Формовочные и стержневые смеси	48
2.6.1. Песчано-глинистые смеси	49
2.6.2. Песчано-жидкостекольные смеси	50
2.6.3. Песчано-смоляные смеси	52
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>57</i>
Глава 3. Технологическая оснастка, формовочный инструмент, приспособления для формовки	57
3.1. Модельный комплект	58
3.2. Опочная оснастка	61
3.3. Модельно-опочные комплекты	64

3.4. Стержневая оснастка	65
3.5. Формовочный инструмент, приспособления для формовки.	73
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	74
Глава 4. Подготовка производства литейных форм	75
4.1. Выбор способа изготовления форм	75
4.2. Разработка технологии изготовления отливок	77
4.3. Выбор материала для изготовления модельной оснастки	81
4.4. Приготовление формовочных и стержневых смесей	83
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	93
Глава 5. Ручное изготовление форм	93
5.1. Ручное изготовление форм в парных опоках	94
5.1.1. Формовка по неразъемной модели	94
5.1.2. Формовка по разъемной модели	96
5.1.3. Формовка с песчаным болваном	98
5.1.4. Формовка с применением подрезки	99
5.1.5. Формовка с фальшивой опокой	100
5.1.6. Формовка с отъемными частями	102
5.1.7. Формовка с применением стержня-лепешки	103
5.1.8. Формовка из песчано-жидкостекольных смесей с продувкой угле- кислым газом	103
5.2. Формовка в трех опоках	105
5.3. Почвенная формовка	105
5.3.1. Формовка по мягкой постели	106
5.3.2. Формовка по твердой постели	106
5.3.3. Формовка в кессоне	107
5.4. Специальные способы формовки	109
5.4.1. Формовка по вращающимся шаблонам	109
5.4.2. Формовка по протяжным шаблонам	110
5.4.3. Формовка по скелетным моделям	111
5.4.4. Формовка в стержнях	112
5.4.5. Стопочная формовка	114
5.4.6. Изготовление форм из химически твердеющих оболочек	114
5.4.7. Формовка по газифицируемым моделям	116
5.4.8. Изготовление форм для художественного литья	117
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	118
Глава 6. Механизированное изготовление форм	119
6.1. Особенности процессов машинной формовки	119
6.2. Способы уплотнения смеси в форме	120
6.2.1. Понятие о степени уплотнения смеси при формовке и методах ее контроля	121
6.2.2. Статические способы уплотнения смеси	124
6.2.3. Динамические способы уплотнения смеси	127

6.2.4. Комбинированные способы уплотнения смеси	134
6.2.5. Специальные способы уплотнения литейных форм	139
6.3. Способы извлечения моделей из полуформ	141
6.3.1. Извлечение модели без поворота полуформы	142
6.3.2. Извлечение модели с поворотом полуформы	144
6.4. Изготовление форм на автоматических формовочных линиях	146
6.4.1. Автоматические формовочные линии для изготовления отливок в формах из сырых песчано-глинистых смесей	147
6.4.2. Автоматические формовочные линии для изготовления отливок в формах из химически твердеющих смесей	157
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>162</i>
Глава 7. Изготовление литейных стержней	163
7.1. Особенности процессов изготовления литейных стержней	163
7.2. Ручное изготовление стержней	164
7.2.1. Изготовление стержней по неразъемному стержневому ящику	165
7.2.2. Изготовление стержней по разъемному стержневому ящику	166
7.2.3. Изготовление стержней по вытряхному ящику с отъемными стенками	167
7.2.4. Изготовление стержней по шаблонам	168
7.3. Изготовление стержней на стержневых машинах и автоматах	169
7.3.1. Изготовление стержней по технологии «Cold-Box»	170
7.3.2. Изготовление стержней по технологии «Hot-Box»	177
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>181</i>
Глава 8. Сборка форм	181
8.1. Требования к процессу сборки форм	181
8.2. Подготовка форм к сборке	182
8.2.1. Окраска форм и стержней	182
8.2.2. Сушка форм и стержней	184
8.2.3. Подготовка места сборки	190
8.2.4. Контроль качества полуформ	191
8.2.5. Исправление обнаруженных дефектов	191
8.3. Установка стержней в форму	193
8.4. Последовательность сборки форм	198
8.4.1. Крепление стержней в форме	199
8.4.2. Контроль установки стержней	201
8.5. Устройство искусственного вентилирования форм	202
8.6. Отделка, соединение полуформ, подготовка форм к заливке	205
8.6.1. Отделочные работы	205
8.6.2. Соединение полуформ	206
8.6.3. Подготовка форм к заливке	207
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>209</i>
Приложения	210
Литература	220
	223

Учебное издание

Некрасов Георгий Борисович
Одарченко Игорь Борисович

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
РУЧНОЕ И МАШИННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ**

Учебное пособие

Редактор *Л.Н. Макейчик*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *Ю.Н. Трусович*

Подписано в печать 04.03.2015. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Офсетная печать. Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 14,9. Тираж 200 экз. Заказ 526.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». Свидетельство
о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/3 от 08.07.2013. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Типография “Победа”».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, производителя и распространителя
печатных изданий № 2/38 от 28.10.2013. Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.