

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

И.Ш. Тавтилов, В.И. Юршев, В.С. Репях, Б.М. Шейнин

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

Оренбург
2018

УДК 621.74
ББК 34.61
Т13

Рецензент – кандидат технических наук, М.А. Корнипаев

Тавтилов, И. Ш.
Т13 Технология литейного производства : учебное пособие / И.Ш. Тавтилов, В.И. Юршев, В.С. Репях, Б.М. Шейнин ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2018. – 110 с.

ISBN 978-5-7410-2078-8

Учебное пособие представляет собой сборник из 8 лабораторных работ по технологии литейного производства. Каждая работа включает изложение основных положений теории, описание аппаратуры, оборудования, материалов и методики подготовки, проведения работы и испытаний, порядка обработки полученных результатов, а также содержит требования к составлению отчёта и контрольные вопросы для самоподготовки.

Издание предназначено для выполнения лабораторных работ по курсу «Технология литейного производства», где изучается технология процессов изготовления заготовок литьем.

Материал будет полезен обучающимся в процессе выполнения выпускной квалификационной работы по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение.

УДК 621.74
ББК 34.61

ISBN 978-5-7410-2078-8

© Тавтилов И.Ш.,
Юршев В.И.,
Репях В.С.,
Шейнин Б.М., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Технология изготовления разовых форм.....	5
Лабораторная работа № 2. Определение свойств формовочных и стержневых смесей	28
Лабораторная работа № 3. Изготовление стержней и способы их упрочнения..	48
Лабораторная работа № 4. Приготовление формовочных смесей для формовки по-сырому и по-сухому	61
Лабораторная работа № 5. Получения художественных отливок в кусковых формах	70
Лабораторная работа № 6. Литье по выплавляемым моделям.....	79
Лабораторная работа №7. Исследование жидкотекучести сплавов	86
Лабораторная работа №8. Исследование усадки сплавов.....	93
Список использованных источников	110

Введение

Литейное производство является одной из важнейших отраслей машиностроения. В различных конструкциях современных машин и приборов около 60-80 % по массе деталей представляют собой отливки из стали, чугуна, медных, алюминиевых, магниевых и других сплавов. Особенно большое место занимают отливки в конструкциях металлургического оборудования, турбин, кузнечно-прессовых машин, металлорежущих станков. В такой отрасли, как станкостроение, литые детали составляют до 90 % общей массы заготовок.

Широкому распространению литейное производство обязано своими преимуществами по сравнению с другими способами изготовления заготовок. С помощью различных методов литья можно из любых металлов и их сплавов получать изделия сложной конфигурации, большинство из которых невозможно получить, например штамповкой, ковкой или механической обработкой.

Масса отливок может изменяться в значительных пределах – от нескольких граммов до десятков и даже сотен тонн. Стоимость литой заготовки или детали, как правило, меньше, чем изготовленной другими методами. Отливка может представлять собой или вполне законченную деталь, или заготовку, подвергаемую затем механической обработке.

Коэффициент использования металла при изготовлении литых заготовок приблизительно в два раза выше, чем при производстве их из проката или поковок.

Следует отметить, что отливки могут быть получены с минимальными припусками на обработку. А это означает снижение себестоимости изделия за счет сокращения затрат на обработку резанием и уменьшения расхода металла.

В результате технического прогресса в литейном производстве решены задачи получения отливок из новых труднообрабатываемых сплавов, необходимых для таких отраслей, как ракетостроение, радиоэлектроника, приборостроение, атомная энергетика и др.

Лабораторная работа № 1. Технология изготовления разовых форм

Целью работы является ознакомление с технологией изготовления разовых форм

1.1 Общие сведения

1.1.1 Технологические процессы получения отливок

Литые заготовки являются наиболее дешевыми, имеющими минимальный припуск на механическую обработку. Эффективность литейного производства может характеризовать коэффициент использования металла (КИМ) – отношение масс детали и заготовки.

Значения КИМ заготовок ориентировочно соответствуют:

- литье в песчаные формы 0,70;
- литье под давлением 0,95;
- штамповка 0,40;
- ковка свободная 0,30.

Схема технологического процесса изготовления отливки представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема технологического процесса изготовления отливки

1.1.2 Задачи проектирования технологического процесса

Основной задачей при проектировании литейной технологии является выбор оптимальных методов изготовления отливок, при обеспечении высокого качества и наименьшей себестоимости.

Технологическим процессом изготовления заготовок методами литья называется определенная последовательность совокупности операций, необходимых для изготовления отливок.

Разработка технологического процесса изготовления формы для получения отливок требует следующих исходных документов: чертежа детали, технических условий на литейную заготовку, качества изделий и условий их работы, объем выпускаемых отливок, а также руководящих материалов по разработке технологических процессов.

Разработка технологического процесса изготовления отливок включает следующие этапы:

- 1) анализ чертежа детали с точки зрения технологичности её конструкции;
- 2) выбор вида литейной формы, установление положения отливки в форме при заливке и места разъёма модели и формы;
- 3) установление параметров точности отливки по ГОСТ Р 53464-2009;
- 4) установление допусков линейных и угловых размеров, допусков формы и неровности поверхностей отливки;
- 5) назначение припусков на обработку отливки;
- 6) расчёт номинальных размеров отливки;
- 7) проверка совпадения интервалов соответствующих номинальных размеров отливки и детали;
- 8) установление предельных отклонений размеров отливки и назначение формовочных уклонов, галтелей и других технологических напусков;
- 9) расчёт массы детали и отливки, установление класса точности и допуска массы отливки, определение номинальной массы отходов и расчёт коэффициента использования металла;
- 10) разработка и оформление карты проектирования отливки и графического документа на отливку.

1.1.3 Оценка технологичности литой детали

Технолог, обрабатывая чертеж на технологичность, определяет соответствие детали литейным требованиям и при необходимости вносит предложения по изменению её конструкции.

Технологичной называют такую конструкцию литой детали, которая обеспечивает оптимальные затраты труда, материалов, энергии и времени при изготовлении детали с заданными показателями качества, объёма выпуска и условий выполнения работ.

При оценке технологичности конструкции учитывают литейные свойства сплава – жидкотекучесть, усадку и ликвацию, влияющие на заполнение формы,

образование внутренних напряжений, усадочных раковин, а также закономерности кристаллизации металла и охлаждения отливки.

У технологичной отливки внешние контуры представляют собой сочетание простых геометрических тел с преобладанием плоских прямолинейных поверхностей, сочленяемых плавными переходами, галтелями, прочное крепление стержней в форме и удобство их выбивки, минимальное число стержней, а усадка не вызывает больших литейных напряжений, короблений, раковин.

Внешний радиус принимают равным толщине большей стенки, а внутренний (галтель) – $1/3$ полусуммы толщины соединяемых стенок. Если соотношение сечений более 2:1, то и в этом случае необходим плавный – клинообразный переход – постепенно изменяя сечение на расстоянии, равном четырем средним сечениям.

Толщина стенок отливки влияет на условия заполнения формы, прочность и образование напряжений в отливках. Толщина стенок зависит от марки сплава и габаритных размеров отливки. Чем больше габаритные размеры отливки и меньше жидкотекучесть сплава, тем толще должна быть стенка.

Формовочные уклоны обязательно выполняются на всех поверхностях, перпендикулярных плоскости разъема.

Пересечение ребер должно быть рассредоточено и не должно создавать скоплений металла, вызывающих при затвердевании отливки усадочные дефекты и большие внутренние напряжения.

Отверстия в отливке могут быть необрабатываемыми – черновыми и обрабатываемыми механически. Минимальные размеры черновых отверстий при литье в песчаные формы не должны быть меньше толщины стенки. Обрабатываемые отверстия нежелательны менее 20 мм в массовом производстве, 30 мм в серийном и 50 мм в единичном.

Если окажется, что конструкция детали не удовлетворяет требованиям технологичности, то потребуется корректировка чертежа детали, замена материала детали и т.д.

1.1.4 Выбор способа изготовления форм

Способ изготовления форм выбирают в зависимости от условий работы в литейном цехе: размеров опок, степени механизации, вида и размеров формовочных машин, наличия пескометов и подъемно-транспортных устройств и т.д. Применение сырых форм, ведет к уменьшению себестоимости производства отливок.

Более крупные с массивными стенками отливки в сырой форме получать нельзя. Здесь применять поверхностную сушку форм или химически твердеющие смеси. Получаемые в почве крупные единичные отливки, лучше полностью собирать из стержней. Это облегчает и позволяет механизировать формовку. Принятый способ изготовления форм и стержней предопределяет составы смесей и особенности выполнения операций технологического процесса.

1.1.5 Основные вопросы разработки технологического процесса

а) Положение формы при заливке.

При выборе положения формы при заливке нужно исходить из того, что в нижней части отливки металл получается более плотным и без посторонних включений, в то время как в верхней части могут концентрироваться шлаковые, песочные и газовые раковины, пористость и другие дефекты. Чтобы обеспечить направленную кристаллизацию металла, наиболее массивные части отливки располагают сверху, ответственные поверхности, подвергающиеся в дальнейшем механической обработке – внизу или вертикально. Если отливка обрабатывается со всех сторон, желательно, чтобы в нижней части формы располагалась большая часть обрабатываемых поверхностей.

Тела вращения, у которых обрабатываются и наружные, и внутренние поверхности, рекомендуется заливать в вертикальном положении, при котором посторонние включения поднимаются вверх и могут быть легко удалены.

Большие горизонтальные поверхности не следует располагать сверху, так как здесь скапливается шлак и могут возникнуть различные литейные дефекты (ужимины).

Если отливки склонны к усадке, используют принцип направленного затвердевания, т.е. массивные части отливок располагают сверху, питают их прибылями.

б) Положение моделей при формовке.

Выбор положения отливки в форме при заливке зависит от требований, предъявляемых к плотности и шероховатости отдельных элементов отливки. Выбранное положение отливки в форме должно обеспечить удобство изготовления и сборки формы.

Для разработки технологического процесса, позволяющего получать качественные отливки, необходимо соблюдать следующие условия:

- положение при формовке должно совпадать с положением при заливке (при сохранении качества отливки);

- выбранная поверхность разъема формы должна обеспечить свободное извлечение моделей из форм без применения отъемных частей, подрезки и других приемов, усложняющих процесс;

- количество стержней должно быть наименьшим, так как изготовление стержневых ящиков увеличивает стоимость модельного комплекта и изготовления формы;

- во избежание брака из-за перекоса желательно всю отливку или наиболее ответственные ее части размещать в одной (лучше нижней) полуформе;

- выбранное положение при формовке должно обеспечивать удобство установки стержней в форму, отделки и контроля формы.

Одновременное выполнение всех указанных условий бывает затруднительно. В этих случаях выполняют основные условия, обеспечивающие качество отливок, и подчиняют им все остальные.

в) Назначение припусков на механическую обработку отливок.

Величины припусков зависят от марки сплава, класса точности, наибольшего габаритного и номинального размеров отливки, а так же от положения обрабатываемой поверхности при заливке.

При назначении припусков берут наибольший габаритный и номинальный размеры детали, выбранный по ним припуск принимают для всей отливки. Наибольшие припуски назначают на верхние поверхности (в положении при заливке). На нижние и боковые поверхности припуск назначают одинаковый, но меньший, чем на верхние.

При назначении формовочных уклонов на вертикальных поверхностях, припуски на эти поверхности могут быть увеличены. Величина припуска назначается по ГОСТ 226645-85. Допускается увеличивать припуск, указанной в ГОСТ, если это необходимо по соображениям технологии для получения качественной отливки.

Операции техпроцесса должны осуществляться правильно и в необходимой последовательности, их нужно зафиксировать в специальных технологических документах. В единичном производстве ими будут графический документа (чертеж детали) с указанием на нем элементов литейной формы и отливки, технологическая (маршрутная) карта с указанием дополнительных сведений, необходимых как для изготовления отливки, так и модельного комплекта. В серийном и массовом производстве такими документами являются также чертежи модельно-литейной оснастки, литниковой системы и собранной формы.

На чертеже детали указывают положение модели при формовке и форм при заливке, величину припусков и напусков, количество стержней, конструкцию и размеры стержневых знаков и др., над основной надписью чертежа пишут «Элементы литейной формы».

В технологической карте указывают материал моделей и стержневых ящиков, их количество, а также численность стержней, способ изготовления форм и стержней (ручной, машинный), размеры опок, составы формовочных и стержневых смесей, их характер (сырая, сухая, подсушенная), режимы сушки форм и стержней, а также размеры всех элементов литниковой системы и др.

Затем по модельному комплекту изготавливают модель, а по модели изготавливают форму, полость которой по размерам и конфигурации соответствует изготавливаемой детали.

Форма заполняется металлом через систему каналов, называемую литниковой системой. При этом наружные очертания отливки определяются полостью формы, а внутренние полости формируются фасонными вставками, называемыми стержнями.

Литейные формы изготавливаются из различных материалов и в зависимости от их свойств могут использоваться или один раз, или многократно.

Формы, разрушающиеся при извлечении из них отливок, называются разовыми. Разовые формы изготавливаются из песчано-глинистых, песчано-смоляных и песчано-керамических смесей. Такие формы могут быть большой толщины (объемными) или небольшой толщины (оболочковыми).

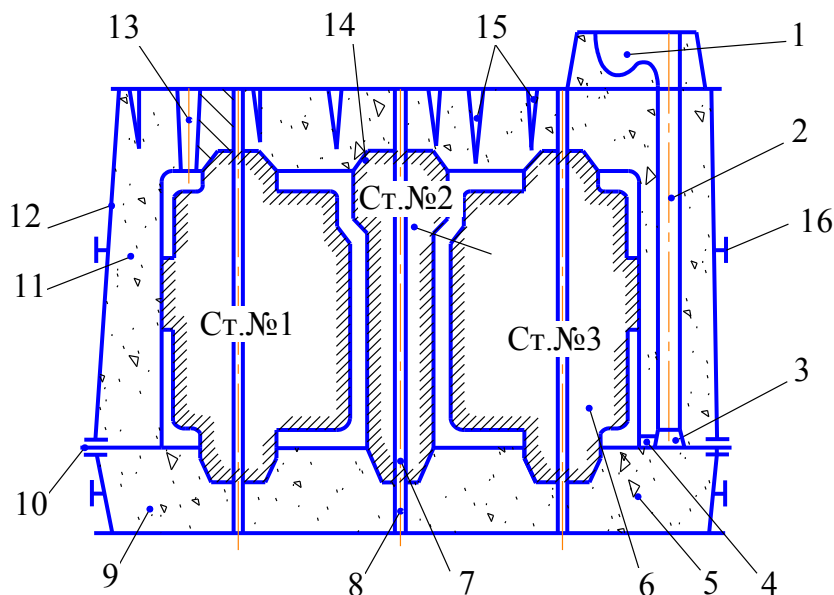
Формы, многократно используемые для получения отливок, называются постоянными. Они в основном выполняются металлическими.

В литейном производстве находят применение и полупостоянные формы. Они могут использоваться несколько раз и изготавливаются из высокоогнеупорных материалов.

1.1.6 Изготовление отливок в песчаных формах

В песчаных формах производят около 80 % всего объема выпуска дешевых отливок. Способ позволяет получать отливки самой разнообразной конфигурации и размеров, из различных литейных сплавов, в условиях как единичного, так и массового производства, используя при этом ручную либо машинную формовку в опоках. Отливки имеют невысокую точность и шероховатую поверхность и, следовательно, большие припуски на механическую обработку.

Процесс состоит из нескольких этапов: изготовления моделей и стержневых ящиков, приготовления формовочных и стержневых смесей, изготовления форм и стержней, сборки форм, получения литейного сплава, заливки форм, выбивки отливок из форм, обрубки и очистки. Песчано-глинистые формы могут изготавливаться сырыми или сухими. В последнем случае сушка форм представляет собой самостоятельную операцию и выполняется с применением специального сушильного оборудования. Для получения мелких тонкостенных отливок применяются обычно сырые формы, а для крупных – сухие. Элементы песчаной литейной формы показаны на рисунке 1.2.



- 1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель;
5 – формовочная смесь; 6 – стержни (Ст №1, №2 и №3); 7 – газоотводный канал стержня; 8 – выход газоотводного канала; 9 – нижняя полуформа;
10 – плоскость разъема формы; 11 – верхняя полуформа; 12 – верхняя опока;
13 – выпор; 14 – знак стержня; 15 – газоотводные каналы формы; 16 – цапфы

Рисунок 1.2 – Песчаная форма в сборе

Для изготовления песчаной формы необходимо иметь модельный комплект и другую литейную оснастку. Модельный комплект должен включать в себя: модель отливки, стержневого ящика, моделей элементов литниковой системы, прибыли и выпора, при необходимости шаблоны для контроля размеров и конфигурации формы.

Модель служит для получения отпечатка в форме (рисунок 1.2), стержневой ящик – для изготовления стержня 6, который устанавливается в форму с целью создания полости в отливке. Также, в литейной форме имеются литниковая чаша 1, стояк 2, зумпф, шлакоуловитель 3 и питатель 4, формирующие в совокупности литниковую систему, которая нужна для подвода жидкого металла к полости формы. Зумпф предохраняет нижнюю полуформу от размыва и попадания продуктов ее размыва в полость формы. Шлакоуловитель необходим для предотвращения попадания шлака и других частиц в полость формы. Прибылью называют элемент литниковой системы, предотвращающий образование усадочных раковин в теле отливки, используемый для питания отливки в период затвердевания и усадки. Через выпор 13 выходят воздух и газы, которые образуются в полости формы во время ее заливки расплавленным металлом. В момент контакта расплава с формовочной и стержневой смесью в порах возникают газы, для удаления которых в верхней и нижней полуформах устраивают газоотводные каналы 15, способствующие их выходу.

Уплотнение формовочной смеси 5 в нижних и верхних полуформах, как правило, выполняют в опоках, представляющих собой открытые металлические ящики. После изготовления низа и верха полуформ и стержней производят сборку форм и их заливку жидким металлом.

После затвердевания и охлаждения отливок до требуемой температуры их извлекают из формы путем разрушения последней. Далее отливки подвергают обрубке (отделению литниковой системы, прибылей, заусенцев и др.) и очистке, затем, если необходимо – термо- и мехобработке. Перед сдачей в механический цех отливки подвергают контролю. В некоторых случаях литейные дефекты могут быть устранены путем заварки, пропитки специальными составами или другими способами.

1.1.7 Формовочные материалы

Формовочными называют материалы, из которых изготавливают песчаные формы. К ним предъявляют следующие требования: огнеупорность, дешевизна, доступность, долговечность, нетоксичность. Различают: исходные материалы, формовочные смеси для изготовления форм, стержневые смеси для изготовления стержней, отработанные смеси и материалы для окраски и отделки форм и стержней.

Материалы, из которых приготавливают формовочные и стержневые смеси являются исходными, их также используют для окончательной отделки форм и стержней.

Материалы, используемые при разработке смесей и красок, можно разделить на три группы: основная огнеупорная часть (наполнитель), связующие и добавки.

Наполнители должны обладать относительно высокой огнеупорностью, термической стойкостью, инертностью к расплавленному металлу, механической прочностью, низким коэффициентом термического расширения, однородным зерновым составом и минимальной стоимостью. На первых этапах развития литейного производства в качестве наполнителей применялись кварцевые пески и пылевидный кварц (маршалит). В связи с ростом требований к качеству отливок стали использовать другие природные, а также искусственные материалы.

Наполнители формовочных смесей в первую очередь должны иметь концентрированный гранулометрический состав. Известные наполнители по гранулометрическому составу могут быть разделены на две группы: пески (фракция до 0,1 мм) и порошки (фракция менее 0,063 мм). Пески используются при изготовлении смесей, порошки – противопригарных паст, красок и в качестве добавок.

Пески для литейного производства должны удовлетворять следующим требованиям: иметь округлую форму зерен, однородный зернистый состав (80% на трех смежных ситах), низкое содержание глинистой составляющей и низкий коэффициент термического расширения до температуры заливаемого металла.

Формовочные пески состоят из зерен кварца и глинистой составляющей (ГОСТ 2138-91). Ее количество не должно превышать 50 %. Для литейного производства формовочные пески поставляются в естественном состоянии и обогащенными.

Основу формовочного песка составляет кварц (SiO_2), плотность которого составляет 2500-2800 кг/м³. Температура плавления кварца 1713 °С. При нагревании кварц переходит в ряд кристаллических модификаций, что сопровождается изменением объема.

В инертной атмосфере кварц не смачивается жидкой сталью, и краевой угол превышает $\pi/2$. В окислительной атмосфере, когда поверхность стали окислена, кварц легко смачивается и смеси из кварцевого песка впитывают окислы железа, образуя легкоплавкий фаялит.

В состав кварцевого песка в виде примесей входит ряд минералов: полевые шпаты ($\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), слюда, например мусковит ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), окислы железа (гематит Fe_2O_3), магний железняк ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), ильменит ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$), кальцит (CaCO_3), магнезит (MgCO_3), глинистые минералы и др.

В зависимости от содержания глинистой составляющей, кремнезема и вредных примесей формовочные пески делят:

- на классы: жирные, с содержанием глинистой составляющей до 50 %; тощие – до 12% и кварцевые – до 2 %;

- на группы по величине среднего размера зерна: крупный – до 0,4 мм; средний – до 0,28 мм; мелкий – до 0,18 мм.

Связующие материалы определяют прочностные характеристики смесей и красок в исходном и нагретом состояниях. Основными характеристиками связующих являются прочность на сжатие смеси связующего с песком в отвержденном состоянии, температура начала деструкции и газотворность (количество выделяющихся при контактировании газов).

В качестве связующего для изготовления форм целесообразно применять огнеупорную глину, портландцемент, жидкое стекло, синтетические смолы; для изготовления стержней – жидкое стекло с порошкообразными и жидкими отвердителями, фенолфурановые, фенолформальдегидные, карбамидно-фурановые, а также фосфатные связующие.

Добавки служат для регулирования технических свойств смесей и могут выполнять функцию отвердителей, поверхностно-активных веществ (ПАВ), противопожарных реагентов, компонентов, регулирующих некоторые важные технологические свойства (пористость, податливость, теплоаккумулирующую способность, выбиваемость, прилипаемость, текучесть и т.д.).

Добавки к наполнителям используют обычно в виде тонкодисперсных порошков, увеличивающих плотность смеси. Они повышают прочность смеси за счет активации системы «наполнитель-связующее», препятствуют проникновению металла в форму как порозаполнители. Кроме того, являются основной составляющей красок для поверхностного легирования металла (ванадий, теллур, магний, алюминий и др.).

Добавки к связующему бывают нескольких типов: отвердители, пенообразователи (ПАВ) и модификаторы.

Отвердители являются составной частью связующего, могут быть жидкие, твердые и газообразные. Действие твердых отвердителей основано на взаимодействии со связующим, при котором происходит связывание влаги, входящей в ее состав (нефелиновый шлак, феррохромовый шлак, доменные шлаки, соли хлора, железа и алюминаты натрия и цементы). Интенсивность отверждения определяется коэффициентом интенсивности $K_{и} = \text{CaO}:\text{SiO}_2$, ($\geq 1,3$) и дисперсностью отвердителя.

К жидким отвердителям относятся кислоты минеральные (серная, фосфорная), органические (бензолсульфокислота, паратолуолсульфокислота, сложные эфиры уксусной и угольной кислот).

К газообразным отвердителям относятся CO_2 , SiO_2 и ряд изоцианатных соединений.

Пенообразователи делятся на анионактивные, катионактивные и неионогенные (ДС-РАС, контакт Петрова, КЧНР). В качестве их стабилизатора служат мылонафт и асидолмылонафт.

Также существуют специальные добавки, активирующие связующее и повышающее прочность и термостойкость (силаны).

Для улучшения выбиваемости применяются неорганические добавки (Al_2O_3) и органические (мазут, кокс, опилки, сахар).

К добавкам также относятся смачиватели или растворители (неорганические (вода) и органические (спирт, ацетон, керосин, бензин и др.)), стабилизаторы для красок (органические (карбоксиметилцеллюлоза,

поливинилацетат, метилоксипропиленцеллюлоза) и неорганические (бентон, аэрогель)).

Выбор нужных для синтеза смеси и выявление способов управления их структурой с целью получения заданных свойств является сложной трудноразрешимой задачей. Поэтому был разработан метод, позволяющий выбирать оптимальный состав и концентрацию компонентов смесей.

Формовочные и стержневые смеси представляют собой предварительно подготовленные, взятые в определенной пропорции, равномерно перемешанные между собой исходные материалы (наполнитель, связующее, добавки).

Все свойства смесей делятся на общие, рабочие и технологические. Общие свойства зависят от свойств исходных материалов и определяют объемную массу, пористость, зерновой, минералогический и химический составы. К рабочим свойствам смесей относятся прочность в нагретом состоянии, огнеупорность, податливость, газотворность и газопроницаемость, поверхностная прочность, склонность к пригару и теплофизические характеристики смесей; к технологическим – прочность во влажном и упрочненном состояниях, выбиваемость, осыпаемость, текучесть, живучесть и долговечность. От комплекса свойств смесей наравне с технологическими особенностями зависит качество отливок.

В зависимости от типа производства выбирают способ формовки. Единичное производство характерно выпуском в небольших количествах самых разнообразных отливок. При этом выпуск отдельных отливок может периодически повторяться. Серийное производство отличается периодическим выпуском отливок ограниченной или широкой номенклатуры значительными или небольшими партиями. Массовое производство характерно выпуском в течение более или менее длительного времени отливок определенной номенклатуры в больших количествах.

Таблица 1 – Ориентировочные данные для определения серийности производства отливок

Группа отливок по массе	Масса отливки, кг	Годовой выпуск отливок, шт., одного наименования при различных типах производства				
		единичном	мелкосерийном	серийном	крупносерийном	массовом
I (мелкие)	20	300	300-3000	3000-5000	35000-200000	200000
	20-100	150	150-200	2000-15000	15000-100000	100000
II (средние)	101-500	75	75-1000	1000-6000	6000-40000	40000
	501-1000	50	50-600	600-3000	3000-20000	20000
III (очень крупные)	1001-5000	20	20-100	100-300	300-4000	4000
VI (очень крупные)	5001-10000	10	10-50	50-150	150-1000	1000
	10000-50000	5	5-25	25-75	75	-

Тип производства оказывает большое влияние на выбор методов литья и технологию изготовления отливок, на характер применяемого оборудования и

организацию труда в литейном цехе. Если единичное производство характеризуется применением ручного труда с частичной механизацией, то в серийном и массовом производствах рационально использовать технически совершенное оборудование и специальные приспособления, обеспечивающие высокую производительность и качественное выполнение операций.

Ручную формовку применяют в условиях единичного и мелкосерийного производств. Характерной ее особенностью является возможность получать различные по сложности, массе и размерам отливки за счет применения разнообразных методов и приемов формовки. Различают следующие разновидности ручной формовки:

- по количеству опонок: в одной опоке, в двух опоках, в трех опоках и более, в почве;
- по конструкции модельной оснастки: по неразъемной модели, по разъемной модели, по шаблонам, по скелетным моделям;
- по технологическим приемам: обычными приемами, с песчаным болваном, с перекидным болваном, с фальшивой опокой, с подрезкой, с отъемными частями модели, с применением отъемных кусков, с применением стержня-лепешки, формовкой в стержнях.

Наиболее распространен способ изготовления форм по неразъемным и разъемным моделям в двух опоках, который может осуществляться как вручную, так и на машинах. При изготовлении форм и стержней применяют технологическую оснастку (приспособления, вспомогательные устройства, инструмент).

Опока – приспособление в виде металлических рамок, предназначенные для удерживания формовочной смеси при изготовлении формы. Они изготавливаются из серого чугуна, стали, алюминиевых сплавов, иногда из дерева; по конфигурации бывают прямоугольными, круглыми, фигурными; в зависимости от размеров – ручные и крановые

Ручные опоки имеют размеры до 600×400 мм, их переносят один или двое рабочих. Опоки больших размеров перемещают подъемно-транспортными средствами. Для удобства транспортирования мелкие опоки имеют ручки, а средние и крупные – цапфы.

На рисунке 1.3 показана крановая опока. Литые цапфы 1 служат для захвата опоки краном. Стенки опоки выполнены с наружными отбортовками 2 для увеличения жесткости, внутренняя отбортовка 3 в нижней и верхней частях опоки предупреждает выпадение смеси. Для удаления газов из формы и уменьшения массы опоки в ее стенках имеются отверстия 5. В верхней части опоки находятся ребра 4 (крестовины), создающие жесткость и одновременно удерживающие смесь. Соединение половин опок при формовке и сборке обеспечивается штырями 10, которые вставляют в отверстия специальных приливов 9. Для повышения точности сборки опок в приливы запрессованы стальные втулки 8, которые можно заменять при износе. Скобы 6 и специальные приливы 7 предупреждают подъем верхней половины опоки под действием расплава при заливке.

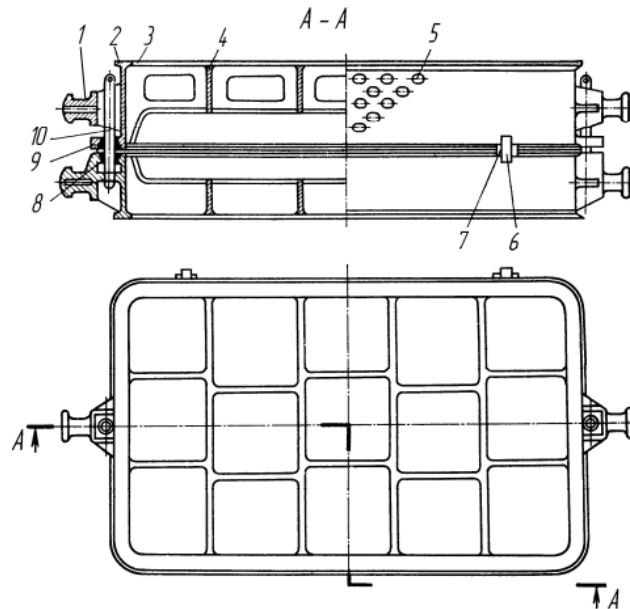


Рисунок 1.3 – Крановая опока

Точность конфигурации опок имеет большое значение для получения качественных отливок. Плоскости спаривания опок должны быть механически обработаны. Отверстия в приливах должны быть просверлены точно по кондуктору и перпендикулярно плоскости разъема, неправильное соединение опок по штырям приводит к искажению конфигурации отливки.

Штыри – тщательно обработанные металлические стержни, необходимые для точного соединения частей форм, изготовленных в двух или нескольких опоках. При ручной формовке и сборке применяют одни и те же штыри, свободно вставляемые в приливы опок, или закрепляют штыри в верхней опоке, используя их и для сборки. При машинной формовке штыри жестко закрепляют на модельной плите. В этом случае для соединения опок при сборке форм применяют контрольные штыри (рисунок 1.4).

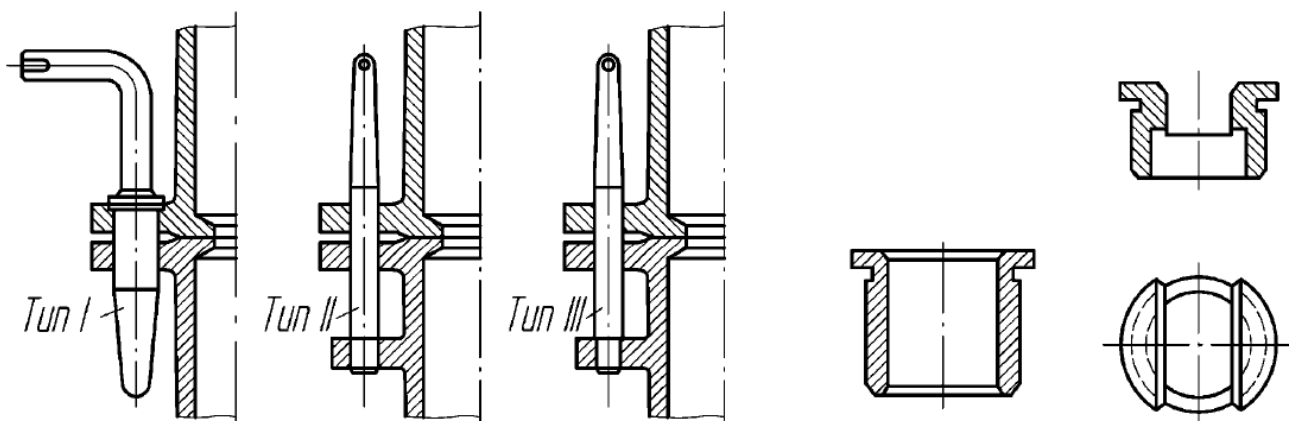


Рисунок 1.4 – Типы контрольных штырей и элементы центрирования

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

Стальные крючки применяют для укрепления выступающих или свисающих частей формы. Деревянные колышки применяют для укрепления выступающих мест формы при сырой формовке или при изготовлении форм с поверхностной сушкой.

Каркасы – проволочные, литые или сварные рамки, предназначенные для армирования стержней.

Жеребейки – металлические подставки, различные по размерам, применяют для фиксации необходимого положения стержней в форме (рисунок 1.5).

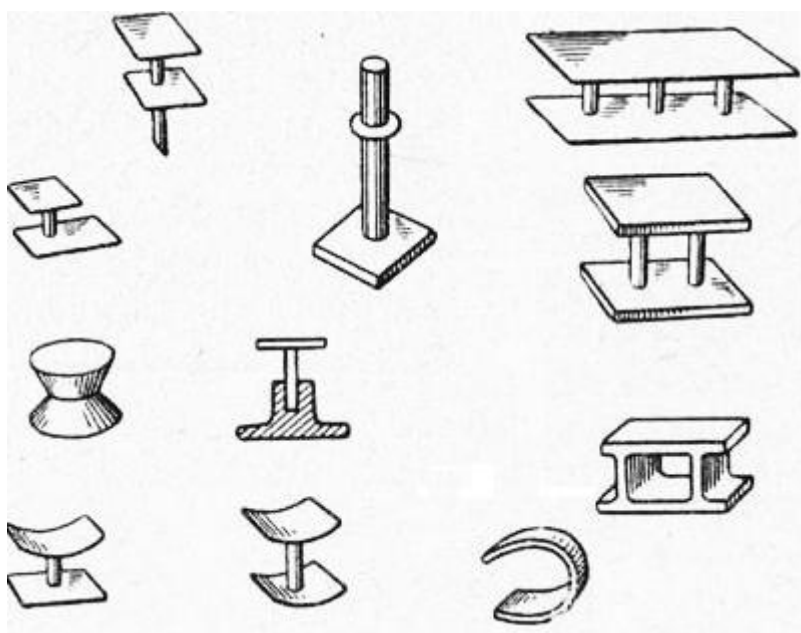


Рисунок 1.5 – Типы жеребеек

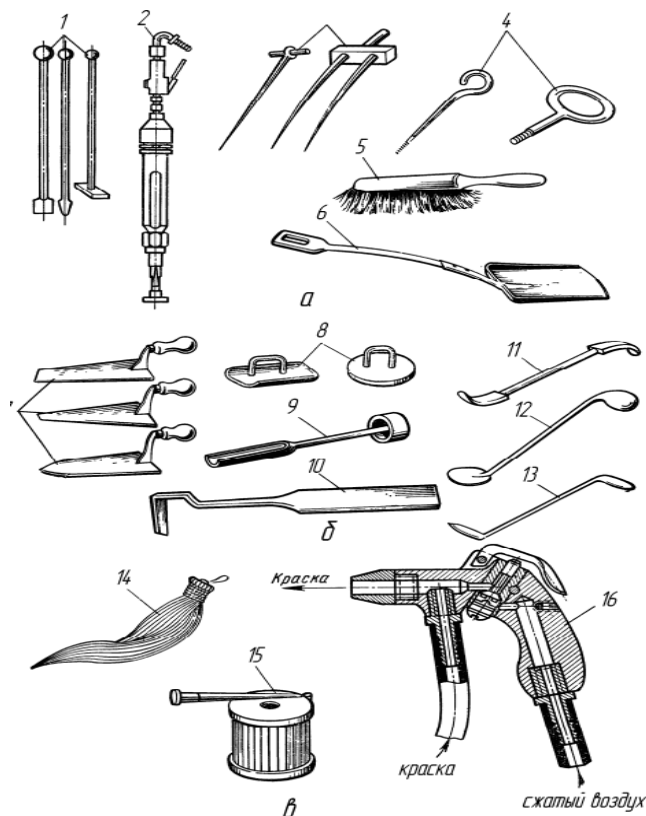
Жеребейки изготавливают из мягкой стали и подвергают лужению для предотвращения ржавчины. Литейные шпильки и гвозди применяют для укрепления отдельных мест формы. Иногда их используют для повышения теплопроводности смеси и охлаждения массивных частей отливки.

Различные по форме и размерам холодильники, служат для охлаждения массивных частей отливок. Применяют внутренние и наружные холодильники. Внутренние холодильники перед установкой в форму рекомендуется лудить или пескоструить, наружные окрашивать и сушить.

Основные виды формовочного инструмента представлены на рисунке 1.6, а, б.

Пульверизатор-пылесос применяют для окраски форм и стержней литейными красками, а также для отсасывания пыли и частиц смеси из собранной формы (рисунок 1.6, в).

Кисти 14 (рисунок 1.6, в) применяют для смачивания кромок формы водой при ручном удалении моделей, для окраски форм и стержней. Модели, плоскости разъема формы и другие ее части обметают с поверхности мягкими щетками-сметками.



1 – ручные трамбовки; 2 – пневматическая трамбовка; 3 – иглы; 4 – подъемы;
 5 – щетка; 6 – лопата; 7 – плоские гладилки; 8 – фасонные гладилки;
 9 – торцовая гладилка; 10 – крючок; 11 – полозок; 12 – ложечка; 13 – ланцет;
 14 – кисть пеньковая; 15 – пульверизатор для мелких форм; 16 – пульверизатор
 для крупных форм

Рисунок 1.6 – Инструмент для изготовления (а), отделки (б) и окраски форм (в)

Сушильные плиты применяют для укладки, транспортирования и сушки стержней. Применяют плоские или фасонные сушильные плиты. Это зависит от условий изготовления стержня, его конфигурации и прочности смеси в сыром состоянии. Плоские плиты применяют для сушки средних и крупных стержней, имеющих ровную поверхность (чугун, алюминиевые сплавы, литые или сварные). Фасонные сушильные плиты применяют для сушки мелких и средних стержней, имеющих сложную конфигурацию.

Контрольные шаблоны – приспособления, служащие для проверки размеров и контроля правильности установки стержней в форму при сборке.

Кондукторы – приспособления для зачистки стержней с целью корректировки их размеров перед склеиванием (если стержень состоит из двух частей и более) или перед установкой в форму.

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

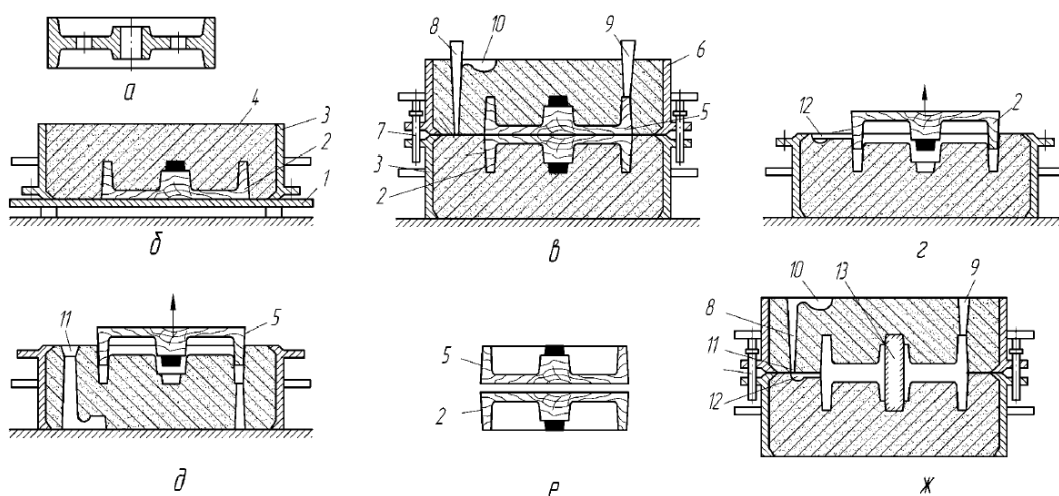
1.1.8 Изготовление форм по постоянным моделям

Наиболее распространенным вариантом изготовления литейных полуформ является формовка по постоянным моделям (модель разъемная, неразъемная или с отъемными частями).

Разъемные модели применяют при ручной, машинной и автоматической формовке. Неразъемные постоянные модели обычно осуществляют при формовке вручную, применяя специальные приемы (с подрезкой, с фальшивой опокой и др.). При наличии у неразъемной модели плоской поверхности и возможности ее размещения в одной полуформе формовку ведут, как и по разъемной модели. В этом случае неразъемную модель можно рассматривать как одну половину разъемной модели. Для механизации процесса формовки по неразъемной постоянной модели без плоской поверхности применяют фасонные подмодельные плиты. В гнезда таких плит устанавливают неразъемную модель и утопляют ее до поверхности разреза. Формовка с отъемными частями требует их извлечения из полуформ вручную, поэтому достичь полной автоматизации всех технологических операций формовки по модели с отъемными частями не удастся.

1.1.9 Формовка в двух опоках по разъемной модели

При формовке в двух опоках по разъемной модели (рисунок 1.7) нижнюю часть модели лицевой стороной кверху устанавливают на модельную плиту и на эту же плиту ставят нижнюю опоку ушками книзу. Модель, предварительно протертую керосином, припудривают тальком и тонким слоем облицовочной смеси (15-20 мм). Затем заполняют опоку наполнительной смесью и утрамбовывают: клиновой трамбовкой по углам, плоской – по всей поверхности. Набитую опоку переворачивают на 180° и ставят на выровненную площадку.



а – деталь; б, в, г, д – операции изготовления формы; е – модель; ж – собранная форма

Рисунок 1.7 – Форма для изготовления шкива, выполненная в двух опоках

На нижнюю половину модели по центрирующим штырям устанавливают верхнюю половину, и плоскость разреза формы посыпают сухим разделительным песком.

Затем на нижнюю опоку ставят верхнюю, припудривают модель, устанавливают модели литников и выпора и заформовывают верхнюю опоку в таком же порядке, как нижнюю. После набивки верхней опоки и прокалывания в ней вентиляционных каналов из верхней опоки удаляют модель стояка и выпоров и расширяют верхнюю часть стояка в виде литниковой чаши.

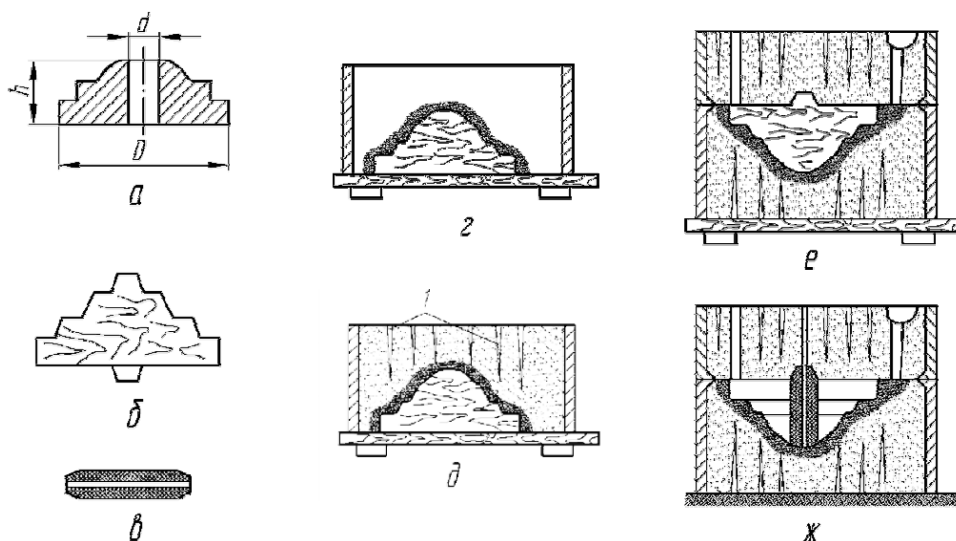
Затем снимают верхнюю опоку, устанавливают ее плоскостью разреза вверх, прорезают питатели на нижней полуформе и смачивают кромки обеих полуформ в местах соприкосновения их с половинками моделей для предупреждения осыпания формовочной смеси при выемке модели. После этого вынимают модели из формы, исправляют возможные повреждения, припыливают и приглаживают поверхности, устанавливают стержень и, наконец, собирают форму для заливки, опустив верхнюю опоку на нижнюю по направляющим штырям.

Модели сложных отливок иногда требуют большого количества плоскостей разреза, так как при одной плоскости удаление отдельных частей модели невозможно.

В этом случае применяют формовку в трех или более опоках.

1.1.10 Формовка по цельной модели в двух опоках

Формовка (рисунок 1.8) выполняется следующим образом. Модель очищают от формовочной смеси, припыливают и кладут гладкой поверхностью на подмодельную плиту (рисунок 1.8, г). Затем на нее ставят нижнюю опоку, покрывают облицовочной смесью, после чего слоями толщиной до 50-70 мм засыпают наполнительную смесь и утрамбовывают ее.



а – деталь; б – модель; в – стержень; г, д, е, ж – операции формовки

Рисунок 1.8 – Формовка в двух опоках по цельной модели

Излишек смеси сверху опоки срезают линейкой и делают душником наколы 1, не доходящие до модели на 10-15 мм (рисунок 1.8, д). Набитую нижнюю опоку поворачивают на 180° , плоскость разъема опок заглаживают гладилкой, посыпают разделительным песком и модель накрывают верхней опокой.

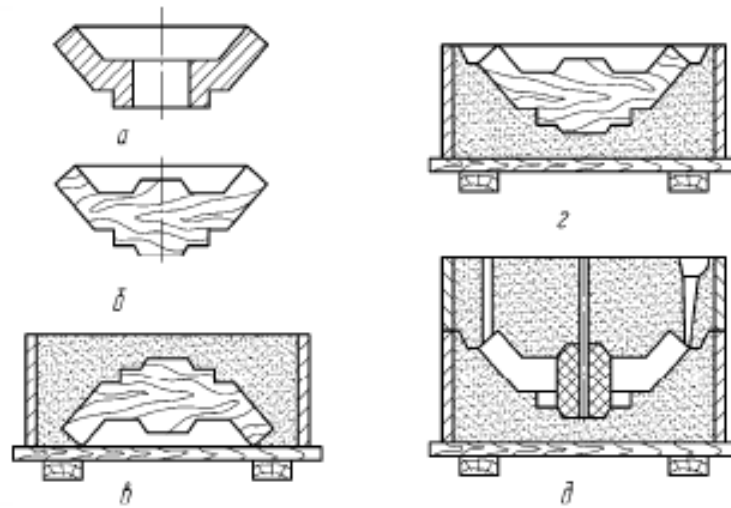
После этого в верхней опоке размещают модели стояка и выпоров с таким расчетом, чтобы они были достаточно удалены от стенок и крестовин опоки (рисунок 1.8, е). После уплотнения смеси в верхней опоке и извлечения из формы модели стояка и выпоров опоку поднимают и кладут на ребро или поворачивают на 180° . Если не применяют модели питателей и шлакоуловителей, литниковые каналы прорезают вручную до момента извлечения модели из формы. После удаления модели форму исправляют, обдувают и припыливают; при необходимости ставят стержни. Затем верхнюю опоку по штырям осторожно устанавливают на нижнюю (рисунок 1.8, ж).

Точное центрирование при спаривании опок производится с помощью контрольных штырей, вставляемых в отверстия центрирующих ушков. Различают два способа спаривания опок – «штырем» или «на штырь». В первом случае штыри вставляются в ушки верхней опоки и при сборке формы проходят в отверстия втулок нижней опоки. При сборке «на штырь» контрольные штыри удерживаются в ушках нижней опоки, а верхняя опока «садится» на штыри своими центрирующими отверстиями. способ наиболее распространен в условиях серийного и массового производства. Во избежание прорыва металла через плоскость разъема во время заливки опоки скрепляются металлическими скобами. После спаривания опок центрирующие штыри вынимают.

1.1.11 Формовка с подрезкой

Данный способ применяется для изготовления отливок со сложной или криволинейной конфигурацией по неразъемной модели. Модель кладут плоскостью разъема на подмодельный щиток и заформовывают в нижней опоке (рисунок 1.9, в). Затем нижнюю опоку поворачивают на 180° и при помощи ланцета (или гладилки) выбирают формовочную смесь по периметру модели так, чтобы ее можно было извлечь без нарушения формы (рисунок 1.9, г). Подрезать необходимо до частей модели, мешающих свободному удалению ее из формы. После подрезки в форме получается выемка, стенки которой делаются пологими, чтобы земляной выступ (земляной болван), образующийся при изготовлении верхней полу формы, легче вынимался. Плоскость разъема заглаживают и посыпают разделительным песком.

Далее на нижнюю опоку ставят верхнюю, устанавливают модели литниковой системы и производят набивку верхней опоки. При съеме верхней опоки необходимо соблюдать осторожность, чтобы земляной болван, образованный контуром подрезки, не обвалился. Затем модель из нижней опоки удаляют, форму отделяют и собирают для заливки (рисунок 1.9, д).



а – деталь; б – модель; в, г, д – операции формовки

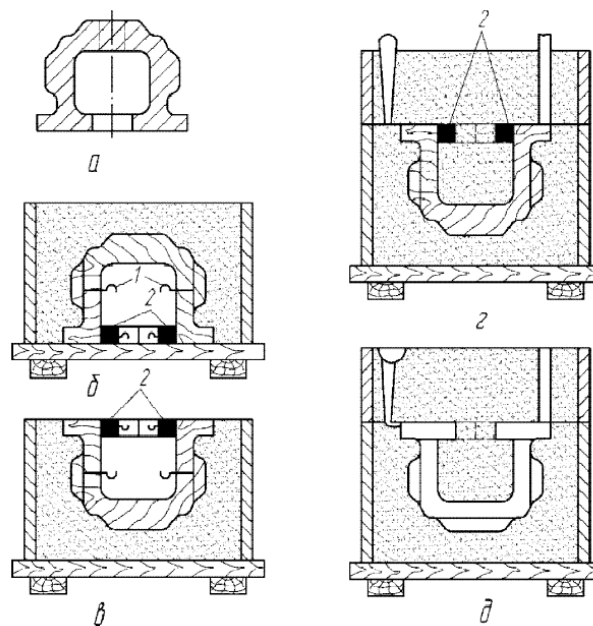
Рисунок 1.9 – Формовка с подрезкой

Метод формовки с подрезкой применяется при изготовлении небольшого количества отливок.

1.1.12 Формовка по модели с отъемными частями

Этот способ формовки почти не отличается от ранее описанных способов. Разница заключается в использовании модели с отъемными частями, укрепленными на шпильках.

Опока с моделью на подмодельной плите набивается формовочной смесью (рисунок 1.10, б). Смесь необходимо уплотнять около отъемных частей модели осторожно, чтобы их не сместить.



а – деталь; б, в, г, д – операции формовки

Рисунок 1.10 – Формовка по модели с отъемными частями

После этого шпильки 1 вытаскивают, опоку поворачивают на 180° (рисунок 1.10, в). Затем опоки соединяют, формовочную смесь осторожно уплотняют вокруг отъемных частей 2, шпильки вынимают из формы и заканчивают набивку (рисунок 1.10, г). После извлечения модели и отъемных частей форму отделяют и собирают для заливки (рисунок 1.10, д).

1.1.13 Процесс изготовления стержней

Для формирования полости или отверстия в отливке в форму устанавливают стержень, который изготавливают отдельно из стержневой смеси, уплотняемой в стержневом ящике.

Для обеспечения правильной установки и фиксации стержня в форме выполняют гнезда, называемые знаками, которые образуются выступами – знаками модели (рисунок 1.2).

В литейном производстве применяют различные способы изготовления стержней, основными операциями которых является:

- подготовка исправного чистого стержневого ящика полной комплектности (наличие отъемных и осадных частей, оправок, каркасов, шаблонов);

- очистка внутренних частей ящика, смазка или опрыскивание смесью керосина с мазутом для предупреждения прилипания смеси перед началом и периодически в течение работы;

- постепенное заполнение стержневого ящика смесью и уплотнение ее остроконечной трамбовкой;

Нельзя применять плоскую трамбовку, так как последующие слои смеси будут плохо соединяться с нижними. Трамбовка может быть ручная или пневматическая с резиновым наконечником. Узкие полости и углубления необходимо уплотнять более тщательней вручную. Затем устанавливают проволоку для укрепления выступающих частей стержня и продолжают насыпать и уплотнять стержневую смесь примерно до высоты полости стержневого ящика.

Затем в уплотненную смесь осаживают каркас, предварительно смоченный жидкой глиной. Расположение каркаса по высоте зависит от направления подъема стержня. Проволока, торцы литых каркасов, петли подъемов также должны отстоять от поверхности стержня на 10-20 мм. В стержнях высотой свыше 750 мм размещают два ряда каркасов, которые соединяют между собой проволоочной арматурой.

- обеспечение газопроницаемости стержня. В процессе изготовления стержня необходимо обеспечить надежный вывод образующихся газов через знаки, лучше они удаляются через верхние знаки, хуже – через боковые и нижние.

- удаление стержня из стержневого ящика. Данные действия совмещаются с переворотом ящика и сушкой на сушильной плите. Ящик со всех сторон обстукивается молотком (для отделения стержня от стенок ящика), а затем осторожно поднимают ящик. Стержень остается на сушильной плите. При наличии в ящике вытряхных стенок последние отодвигают в стороны. Для

мелких стержней эти операции выполняют вручную, для более крупных – с помощью подъемных приспособлений.

- отделка стержня. Эта операция производится сразу же после извлечения стержня. Здесь исправляются поврежденные и недоуплотненные места, укрепляются выступающие части шпильками, выполняют дополнительные вентиляционные каналы и откапывают подъемы. Затем стержень тщательно окрашивают противопожарной краской, за исключением поверхностей знаков, после чего направляют в сушильные печи.

- соединение и контроль стержней. Крупные и мелкие стержни сложной конфигурации проще изготовлять по частям, а затем эти части соединять: мелкие – склеиванием в сыром виде, а крупные – после сушки. Перед склеиванием места стыков зачищают в специальных кондукторах вручную или на специальных зачистных станках. Размеры склеенного стержня контролируют шаблонами. Соединительные швы заделывают специальной замазкой, замеченные повреждения исправляют, после этого стержни вновь окрашивают и подсушивают.

1.1.14 Ручное изготовление стержней по стержневым ящикам

Неразъемные ящики применяют для изготовления стержней несложной конфигурации с большими уклонами для обеспечения легкого извлечения стержней из стержневых неразъемных ящиков.

Разъемные ящики применяют для изготовления стержней более сложной конфигурации, которые не могут быть извлечены из вытряхного ящика (рисунок 1.11).



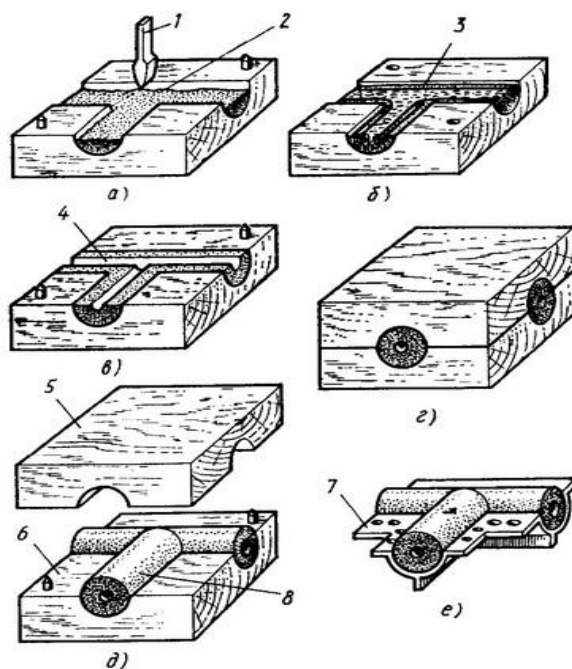
а – подготовка стержневого ящика; б – засыпка ящика смесью; в – разработка стержневого ящика; г – извлечение стержня

Рисунок 1.11 – Изготовление цилиндрического стержня по разъемному ящику

Половинки стержневого ящика 1 собирают в вертикальном положении и скрепляют скобой 3. Заполняют примерно на 1/3 стержневой смесью 4 и уплотняют ее. Устанавливают иглу 5, затем, добавляя смесь, осаживают проволоку каркаса 2. После окончательного уплотнения срезают излишек смеси, заглаживают верхний торец гладилкой и удаляют иглу. Сняв скобу, поворачивают ящик в горизонтальное положение и, легко постучав по нему

деревянным молотком, осторожно снимают верхнюю половину ящика. Затем, поворачивая нижнюю половину ящика, осторожно укладывают стержень 6 на сушильную плиту 7. Стержневая смесь должна обладать достаточно высокой сырой прочностью, чтобы стержень не разрушался при его перемещении.

При изготовлении мелких более сложных стержней по разъемным ящикам части стержня склеивают в сыром состоянии (рисунок 1.12). При этом половины стержневого ящика набивают раздельно, укладывая в нижнюю часть каркас. В частях стержня прорезают по разьему вентиляционные каналы.



а, б, в – раздельная набивка половин ящика; г – соединение частей ящика;
 д – съем верхней половины ящика; е – стержень на сушильной плите;
 1 – трамбовка; 2 – смесь; 3 – каркас; 4 – вентиляционный канал; 5, 6 – верхняя и
 нижняя половины ящика; 7 – сушильная плита; 8 – стержень

Рисунок 1.12 – Изготовление стержня по разъемному ящику

Поверхности разьема смазывают клеем и укладывают одну половину ящика на другую. Затем снимают верхнюю половину ящика и на стержень устанавливают фасонную сушильную плиту. После этого стержень с плитой поворачивают на 180°, снимают нижнюю половину ящика, а стержень на плите подвергают сушке.

1.2 Задание

Ознакомиться с технологией изготовления разовых форм

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Набор моделей (разъемных, неразъемных, в том числе с отъемными частями), опоки, подмодельные и подопочные плиты, модели элементов литниковых систем, комплекты формовочных инструментов (сито, лопату или совок, трамбовку, деревянный молоток, крюк-подъемник для извлечения моделей и отъемных частей, ланцет, гладилку, ложечку и крючок для отделки и ремонта полуформ и стержней, вентиляционную иглу), твердомер мод. 071, плавильная печь, литейные ковши, набор плавильных инструментов, шихтовые материалы для выплавки чугуна или алюминиевых сплавов, единая формовочная смесь или облицовочная и наполнительная смеси, противопопригарное покрытие, керосин или смесь 50 % керосина и 50% мазута для протирки моделей, сухой кварцевый песок или серебристый графит для присыпки поверхности разъема полуформ.

1.3.2 Проведение испытаний

1.3.2.1 Подготовить модели отливок и элементов литниковой системы, опоки, подмодельные и подопочные плиты, формовочный инструмент и рабочее место;

1.3.2.2 Подготовить формовочную смесь и разделительный состав;

1.3.2.3 Из формовочной смеси изготовить полуформы по постоянным разъемным и неразъемным моделям и моделям с отъемными частями;

1.3.2.4 Замерить твердость рабочих поверхностей полуформ;

1.3.2.5 Собрать формы;

1.3.2.6 Приготовить жидкий металл и залить его в формы;

1.3.2.7 Выдержать отливки до кристаллизации и охлаждения в форме;

1.3.2.8 Выбить отливки из форм. Выбить стержни и очистить поверхность отливок;

1.3.2.9 Оценить качество поверхности отливок, выявить поверхностные дефекты.

1.4 Содержание отчета

Необходимо указать цель, общие сведения о формовке по постоянным моделям. Эскизы постоянных моделей (разъемных, неразъемных, с отъемными частями). Технология изготовления форм по различным моделям. Результаты определения твердости полуформ. Оценка качества поверхности отливок с описанием дефектов и вероятных причин их образования. Сделать выводы.

1.5 Контрольные вопросы

1.5.1 Какие материалы и оснастка используются при изготовлении форм?

1.5.2 Как классифицируют литейные модели?

1.5.3 Какие технологические операции необходимо выполнить при формовке?

1.5.4 В какой последовательности выполняют технологические операции при формовке по разъемной модели в опоках?

1.5.5 В чем отличия формовки по неразъемной и разъемной моделям?

1.5.6 Зачем подрезают часть смеси в полуформах при формовке по неразъемной модели?

1.5.7 Зачем изготавливают модели с объемными частями и как их извлекают из полуформ?

1.5.8 Какие дефекты образуются в отливках вследствие некачественной формовки?

Лабораторная работа № 2. Определение свойств формовочных и стержневых смесей

Целью работы является приобретение навыков определения основных свойств песчано-глинистых смесей.

2.1 Общие сведения

Литье один из наиболее экономичных методов формообразования заготовок. При этом отходы металла в стружку в 1,5-2,0 раза меньше, чем при изготовлении деталей из проката или поковок. Кроме того более 30 % общего выпуска отливок по массе используют в промышленности без механической обработки.

Вместе с тем в литейном производстве брак продукции находится на наиболее высоком уровне по сравнению с другими видами металлообработки. Более 50 % всего брака отливок прямо или косвенно связано с качеством формовочных материалов и смесей.

Совершенствование процессов приготовления смесей и контроля свойств формовочных материалов заключаются в разработке и внедрении новых технологических процессов и формовочных смесей с использованием средств автоматизации.

Формовочная смесь представляет собой многокомпонентную систему, состоящую из огнеупорного зернистого наполнителя, связующего и добавок. По виду связующего смеси бывают песчано-глинистыми, песчано-жидкостекольными и песчано-смоляными.

2.1.1 Неотверждаемые смеси для формовки по-сырому

Смеси для формовки по-сырому широко используют для изготовления форм (вручную, встряхивающие формовочные машины, пескометы, автоматические линии). В зависимости от способа уплотнения формовочные смеси по величине предела прочности на сжатие во влажном состоянии разделяют на три группы: уплотняемые встряхиванием (0,05-0,08 МПа), встряхиванием или вибрацией с последующим прессованием (0,10-0,14 МПа) и прессованием (0,15-0,22 МПа).

Смеси с наиболее высокой прочностью во влажном состоянии используют для получения литейных форм прессованием на автоматических линиях безопочной формовки. Высокая прочность необходима для сохранения их постоянных размеров при воздействии металлостатического давления во время заливки, а также транспортировки стопки форм.

Сочетание высоких прочностных свойств, требуемых газопроницаемости может быть обеспечено при использовании исходных материалов с определенными свойствами. Основу смеси составляют сухие обогащенные кварцевые пески классов 1К₁, 1К₂ групп 02Б или 03 (по ГОСТ 2138-91) с концентрированной зерновой структурой, с содержанием глинистой составляющей не более 2 %.

Для приготовления формовочных смесей, уплотняемых прессованием, используют бентонитовые молотые глины только прочносвязующей группы с низким и средним содержанием примесей. Нашли широкое применение использование активированных и природных натриевых бентонитовых глин, с в связи с их высокой связующей способностью во влажном состоянии и долговечностью. Взамен пылевидного кварца в качестве противопригарной добавки применяют гранулированный каменный уголь.

Крахмалосодержащие добавки используют для устранения хрупкости прессованных форм и поддержания влажности на требуемом уровне. Они предохраняют смесь от быстрого высыхания, поглощая большое количество воды, снижают ужиминообразование и повышает формуемость.

2.1.2 Смеси для формовки по-сухому

Для формовки по-сухому при получении ответственных и сложных крупных отливок применяют песчано-глинистые смеси.

Для отливок массой меньше 1000 кг используют кварцевые пески группы 02; для отливок массой свыше 1000 кг – пески групп 04 и 0315. В качестве связующего применяются каолиновые глины с высокими термохимической стойкостью и прочностью в высушенном состоянии. После просушки с целью поддержания высокой прочности форм вводятся водные связующие (ЛСТ). Демпфирующие добавки (распаренные в воде древесные опилки или торф) вводят для улучшения податливости и газопроницаемости сухих смесей.

Облицовочные смеси высшей огнеупорности готовят, заменяя кварцевый песок огнеупорным наполнителем с особо высокими противопригарными свойствами. Такая замена целесообразна только в том случае, если пригар неустраним более дешевыми средствами, например, с помощью противопригарных покрытий.

2.1.3 Наполнительные смеси

Несмотря на то, что наполнительная смесь не соприкасается с жидким металлом и не подвержена действию высоких температур, к ней предъявляются определенные требования. Газопроницаемость наполнительной смеси должна быть не меньше, чем у облицовочной. Это необходимо для беспрепятственной фильтрации газов. Предел прочности на сжатие во влажном состоянии, МПа, наполнительной смеси для машинной и ручной формовки должен соответствовать следующим нормам: чугуновых отливки по-сырому 0,025-0,035; то же по-сухому 0,035-0,045; стальные отливки по-сырому и по-сухому 0,030-0,040.

2.1.4 Стержневые смеси, отверждаемые тепловой сушкой

Стержневые смеси данного вида делятся на следующие группы: песчано-масляные; на неводных синтетических связующих; на водных связующих; песчано-глинистые и смеси для изготовления стержней в горячих ящиках.

2.1.5 Стержневые смеси для изготовления стержней в нагреваемой оснастке

Основой таких смесей являются сухие кварцевые пески классов 1К₁, 1К₂ зернистостью 01 или 02, 016 с содержанием глины не более 0,5 %. В качестве связующих используют различные синтетические смолы, отверждающиеся в горячей оснастке. Для изготовления стержней в горячих ящиках используют два вида смесей: сухие и сырые.

Сухие песчано-смоляные смеси разделяют на механические и плакированные. Механические смеси представляют собой механическую смесь песка, порошкообразного связующего и различных добавок. Сухие песчано-смоляные смеси используют только при бункерном способе формирования оболочковых стержней (в закрытом объеме).

Плакированные смеси представляют собой сухой зернистый материал, зерна которого покрыты пленкой, из связующего и добавок. Для нанесения пленки на зерна песка применяют холодный, теплый и горячий способы плакирования. Плакированные смеси не расслаиваются при любом способе формообразования и обладают высокой текучестью.

2.1.6 Смеси для форм и стержней, отверждаемых без нагрева

Получение форм и стержней, отверждаемых без применения печной сушки, обеспечивают смеси по СО₂-процессу, пластичные самотвердеющие смеси (ПСС), холоднотвердеющие смеси (ХТС) и наливные самотвердеющие смеси (НСС).

Смеси для СО₂-процесса включают в качестве связующего жидкое стекло. Отверждение смесей происходит при продувке углекислым газом. Так как жидкое стекло хорошо сочетается с глиной особые требования по содержанию глинистых составляющих к пескам не предъявляются.

2.1.7 Холоднотвердеющие смеси на карбамидно-фурановых смолах

Эти смеси применяют для получения отливок из чугуна. С увеличением содержания фурилового спирта термостойкость, продолжительность отверждения и конечная прочность смесей возрастают.

Холоднотвердеющие смеси на феноло-формальдегидных смолах применяют для получения отливок из чугуна и стали. Скорость отверждения смесей может быть резко повышена, если применить безводные катализаторы. Они пригодны для использования в массовом производстве мелких стержней.

2.1.8 Дефекты в отливках, возникающие из-за плохого качества литейной формы

Анализ качества отливок показал, что из числа дефектов, обусловленных литейной формой, 55-65 % составляют засоры, 10-15 % – пригар, 15-20 % –

горячие трещины, 5 % – газовые раковины и около 5 % – искажение геометрических размеров. С появлением жидкостекольных смесей возник специфический дефект, обусловленный спеканием смеси в труднодоступных полостях отливки и невозможностью удаления ее в этом случае.

Но не все дефекты зависят от свойств смеси. Причинами их возникновения может также являться некачественный металл, некачественная оснастка, нарушения технологии и др. Поскольку формы и стержни в холодном, нагретом состояниях и при взаимодействии с металлом работают в сочетании с противопопригарными красками, их эксплуатационные характеристики рассматриваются совместно.

Из-за некачественной формы возникает дефект отливок – засоры. На различных стадиях технологических операций в процессе перемещения, а также при сборке возникают многочисленные общие и локальные нагрузки на формы и стержни. Предотвратить это можно, если форма и стержень обладают достаточной общей и поверхностной прочностью, чтобы эффективно противостоять возникающим напряжениям без деформации и разрушения.

При образовании форм и стержней низкая текучесть (подвижность) смеси в виду недостаточности уплотнения смеси может вызвать отдельные местные дефекты: на поверхности формы образуется прочная корка, которая легко разрушается, приводя к размыву формы или стержня. Это же явление наблюдается при малой живучести смеси, когда отдельные участки формы или стержня оказываются выполненными из смеси, частично потерявшей связующую способность, которое при взаимодействии с потоком жидкого металла приведет к образованию местных и общих песчаных включений и газовых раковин в металле отливки.

Для получения крупных отливок сложной геометрической формы, длительность изготовления формы, стержней и их сборка могут длиться до 7 суток. В этом случае чрезвычайно важно, чтобы долговечность смеси позволила реализовать установленный технологический процесс.

Основное требование предъявляемое к смеси при взаимодействии с металлом в процессе заливке – поверхностная прочность, достаточной для противостояния размывающему действию потока жидкого металла (эрозионная стойкость поверхностного слоя должна быть выше, чем давление и сила трения металла на их нем). Это условие может быть выполнено, если наполнитель при нагреве расширяется меньше, чем пластически деформируется связующее.

Дефекты в виде просечек и пригара возникают при неудовлетворительных свойствах смеси для форм и стержней, при использовании некачественных противопопригарных покрытий. Основные требования к последним является высокая седиментационная устойчивость, кроющая способность и прочность, достаточная для противодействия местным нагрузкам, возникающим при сборке или перемещению форм. При низкой седиментационной устойчивости красок получить равномерное покрытие практически невозможно, так как огнеупорный наполнитель всегда распределяется неравномерно, образуя местный пригар. При неудовлетворительной кроющей способности трудно получить равномерное покрытие вертикальных плоскостей форм и стержней в виду стекания краски

вниз, с образованием местных утолщений, которые приводят к появлению сетки трещин в покрытии, а при выгорании избыточного связующего – к местным газовым раковинам. При малой механической прочности краски в процессе сборки она разрушается, образуя отдельные незащищенные участки. Если форма или стержень обладают низкой поверхностной прочностью, то нанести качественно покрытие не представляется возможным. Кроме того, следствием низкой поверхностной прочности формы является плохое сцепление красочного слоя с формой и возможность отрыва его при заливке формы.

При изготовлении крупных отливок полностью исключить деформацию покрытия при контакте с жидким металлом невозможно: низкие релаксационная способность и пластичность связующих смесей и красок приводят к высоким термическим расширениям наполнителя и к растрескиванию поверхностного слоя формы, к образованию просечек и пригара. Чем ниже теплоаккумулирующая способность смесей, тем дольше металл находится в жидком состоянии, и тем больше вероятность образования пригара. Подобные условия для образования механического пригара возникают и при высокой пористости смеси. С помощью обычных покрытий в этом случае не удастся предотвратить фильтрацию металла вглубь формы или стержня. Высокая пористость жидких смесей в сочетании с большим металлостатическим давлением в крупных отливках определяют опасность возникновения и развития пригара в ходе заполнения формы.

При изготовлении крупных стальных отливок из легированных сталей и низкой податливости формы или стержня создается условия для образования горячих трещин. Главной причиной образования этого дефекта – высокая термическое расширение смеси при малой пластической деформации, низкая теплоаккумулирующая способность, и недостаточная прочность металла в момент кристаллизации.

Для предотвращения газовых раковин возникающих в чугунных отливках, обусловленных формой или стержнем, необходимо создать направленный газовый поток в сторону газоотводных каналов. Для этого смеси должны иметь минимальную газотворность и обладать достаточной газопроницаемостью в обычном и нагретом состояниях. Краска тоже должна иметь минимальную газотворность, а также недостаточную прочность в нагретом состоянии, чтобы предотвратить проникновение газов в металл в момент контакта до момента кристаллизации.

Нарушение геометрических размеров отливки – дефект, характерный для жидких смесей, который образуется при высокой пористости и низкой прочности смеси в нагретом состоянии. И дает, которая, Чем больше ее первоначальная пористость, тем выше усадка, достигаемая по мере деформирования и прогрева смеси. Смесей, характеризующиеся жесткой структурой в нагретом состоянии (смоляные), обеспечивают заданную точность отливок.

Спекание смеси возникает в том случае, если связующее при нагреве расплавляется или размягчается. Дефект наблюдается, как правило, в закрытых труднодоступных полостях отливок, если они выполнены стержнями из смесей

на жидком стекле, глине или смолах с низкой температурной деструкцией. Под давлением металла происходит доуплотнение смеси, выжимание расплавленного связующего в поры и последующее затвердевание при охлаждении. В смесях со смолой малой термостойкости происходит ее замещение легкоплавкими окислами металла.

2.1.9 Контроль свойств формовочных и стержневых смесей

Свойства смесей и противопожарных покрытий значительно изменяют параметры поверхности слоя формы или стержня и определяют качество литейной формы. Все свойства смесей делятся на общие, технологические и рабочие.

2.1.9.1 Общие свойства

- влажность формовочных смесей регламентируется ГОСТ 23409.5-78. Она определяет уровень многих общих, технологических и рабочих свойств смесей. При недостаточном содержании влаги снижаются прочностные свойства смеси, и увеличивается ее осыпаемость. Повышенное содержание влаги также приводит к снижению прочности смесей и к увеличению их газотворности. Оптимальная влажность смесей определяется по зависимости газопроницаемости от влажности (выбирается смесь с максимальной газопроницаемостью). При формовке по-сырому для смесей, уплотняемых прессованием, рекомендуется влажность 3-4 %; уплотняемых встряхиванием и применяемых при ручной формовке влажность – 4,5-6,0 %.

- показатель насыпной плотности формовочных смесей, определяемый ГОСТ 23409.13-78, характеризует степень однородности плотности смеси по объему формы. Повышение насыпной плотности способствует выравниванию плотности смеси в процессе формообразования, но может привести к снижению точности отливок. Заниженная насыпная плотность формовочной смеси вызывает механический и химический пригар, оолитизацию зерен песчаной основы. Для песчано-бентонитовых смесей, уплотняемых прессованием, рекомендуется насыпная плотность 900-1000 кг/м³, а при уплотнении встряхиванием и при ручной формовке – 600-900 кг/см³.

- уплотняемость формовочной смеси регламентируется ГОСТ 23409.13-78. Уровень уплотняемости зависит от размеров и формы зерен песчаной основы, влажности песчано-бентонитовой смеси и содержания бентонита. Завышенный уровень уплотняемости приводит к вздутию форм, а при низкой уплотняемости повышается осыпаемость формы, появляются земляные раковины и другие дефекты отливок. При формовке по-сырому для автоматических линий уровень уплотняемости в пределах 35-45 %, а в условиях машинной (встряхивание) и ручной формовки – 40-60 %.

- химический состав смесей регламентируется ГОСТ 23409.1-78 и ГОСТ 23409.4-78. Содержание окислов CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂ характеризует способность к химическим превращениям при нагревании и свойства смеси как

огнеупорного материала. При пониженном содержании вредных примесей снижается пригар на отливках.

- концентрация водородных ионов рН смеси определяется по ГОСТ 23409.22-78. Она оказывает влияние на взаимодействие с жидким металлом и образование дефектов на литой поверхности. Снижение рН песчано-глинистых смесей ниже 7,5 вызывает уменьшение активности бентонитовой глины и снижение прочности смеси.

- минералогический состав смесей определяют по ГОСТ 3594-62. Он позволяет выявить природу примесей и ориентировочно судить о пригодности смесей для литейного производства.

2.1.9.2 Технологические свойства

- уплотняемость регламентируется ГОСТ 23409.13-78. Она зависит от размеров и формы зерен песка, влажности, содержания глины. Повышение уплотняемости вызывает вздутие сырых форм. При низкой уплотняемости повышаются осыпаемость форм, брак по раковинам и др. При формовке посырому для автоматических линий уплотняемость песчано-глинистых смесей находится в пределах 35-45 %, для машинной и ручной формовки – 40-45 %.

- формуемость смесей определяется ГОСТ 23409.15-78. Она характеризует способность формовочной смеси хорошо распределяться по высоте и площади опоки, т.е. вязкость (сыпучесть) смесей в уплотненном состоянии, которую определяют с помощью стеклянной воронки с выходным отверстием 7 мм. Формуемость зависит от влажности смеси: чем ниже влажность, тем выше формуемость. При формуемости 75-85 % смесь приобретает оптимальные свойства, гарантирующие равномерную плотность формы по объему. Формуемость имеет постоянное значение при сохранении постоянного соотношения вода-бентонит в песчано-бентонитовой смеси. При заниженных показателях формуемости затрудняется процесс перемешивания компонентов, и равномерность их распределения в объеме смеси, увеличивается оолитизация зерен песчаной основы, что приводит к дефектам на поверхности отливок.

- осыпаемость песчано-глинистых смесей устанавливается ГОСТ 23409.9-78. Она характеризует способность смеси к перетеканию при различных технологических операциях: (перемешивании, заполнении технологических емкостей и уплотнении). Повышенная осыпаемость затрудняет сборку форм, вызывает их размыв и появление песчаных раковин и пригара. Высокая осыпаемость смесей наблюдается при низком качестве глины или недостатке влаги. Она зависит от состава смеси и степени ее уплотнения. Повышенная осыпаемость в стержневых смесях, отверждаемых тепловой сушкой, наблюдается при недостаточном количестве связующего или пережоге в процессе сушки при использовании некачественного связующего. В смесях для СО₂-процесса повышенная осыпаемость возникает в случае избыточной продувки газом. Осыпаемость смесей не должна превышать 0,5 %.

- текучесть при статическом и динамическом уплотнении определяется по ГОСТ 23409.17-78 и ГОСТ 23409.11-78 соответственно. Текучесть

предопределяет способ приготовления и уплотнения смесей. Высокотекучие песчано-глинистые смеси обладают текучестью при статическом уплотнении 75-80 %, среднетекучие – при 70 %. Текучесть сырых песчано-смоляных смесей определяют по методике ЗИЛ. Подвижность наливных самотвердеющих смесей устанавливают по ГОСТ 23409.25-78.

- гигроскопичность формовочных и стержневых смесей регламентируется ГОСТ 23409.10-78. При повышенной гигроскопичности смесей увеличиваются осыпаемость форм и стержней, брак отливок по песчаным и газовым раковинам. Она зависит от их состава и в основном определяется свойствами связующих материалов.

- предел прочности песчано-глинистых смесей на сжатие во влажном состоянии выявляется по ГОСТ 23409.7-78. Недостаточная прочность стержневых смесей до отверждения затрудняет изготовление стержней и приводит к потере размеров вследствие осадки. Определяя нарастание прочности на сжатие, оценивают продолжительность отверждения холодно-твердеющих смесей. Испытаниями на сжатие подвергают смеси до отверждения. Предел прочности зависит от содержания активной глины, влажности, зернового состава и степени уплотнения. Недостаточная прочность вызывает разупрочнение форм, их деформацию и ухудшение качества литой поверхности. Значения данной величины наполнительной песчано-глинистой смеси составляет 0,025-0,040 МПа; единой для машинной и ручной формовки – 0,05-0,08 МПа; единой для автоматических линий – 0,15-0,22 МПа (верхний предел прочности относится к смесям для безопочной формовки).

- предел прочности на растяжение смесей во влажном состоянии устанавливается ГОСТ 23409.7-78. Недостаточная прочность смеси на растяжение приводит к разрушению форм при транспортировке и сборке форм, извлечении моделей, что отражается на надежности работы автоматических линий. Для машинной формовки и автоматических линий значение данной величины следует поддерживать в пределах 0,012-0,035 МПа.

- предел прочности на сжатие и растяжение смесей в отвержденном состоянии регламентируется ГОСТ 23409.7-78. При повышенной прочности снижается податливость форм и стержней, в отливках могут появляться трещины. Недостаточная прочность смесей вызывает повышенную осыпаемость и разрушение форм и стержней. Значение данной величины определяют для контроля качества различных формовочных и стержневых смесей, отверждаемых тепловой сушкой, смесей для CO₂-процесса, горячей оснастки и холоднотвердеющих смесей.

- прилипаемость смеси к модельной оснастке, ухудшает качество поверхности форм и стержней, увеличивает шероховатость литой поверхности, вызывает обрывы выступающих частей форм при извлечении моделей. Контроль прилипаемости не стандартизован. Для ее определения рекомендуется использовать прибор Гроссмана.

2.1.9.3 Рабочие свойства

- газопроницаемость смесей определяется по ГОСТ 23409.6-78. Низкая газопроницаемость вызывает появление газовых раковин, вскипов и при уплотнении форм прессованием – взрывного пригара. Высокая газопроницаемость ухудшает качество литой поверхности вследствие пенетрации расплава в поры формы. Она определяется составом смеси, степенью ее уплотнения и последующей обработкой. Качество смеси оценивают, сопоставляя газопроницаемость смеси с ее газотворностью. Оптимальная газопроницаемость устанавливается экспериментально с учетом специфики производства и обеспечивает условия для качественного перемешивания и равномерного распределения тонкодисперсных компонентов формовочной смеси.

- предел прочности на растяжение в зоне конденсации влаги определяют по ГОСТ 23409.16-78. Заниженная прочность при разрыве в зоне конденсации влаги увеличивает склонность песчано-бентонитовой смеси к образованию ужимин на отливках. Его уровень особенно важен при использовании песчано-бентонитовых смесей на автоматических формовочных линиях. Значение данной величины определяется качеством используемого в формовочных смесях бентонита, у которого этот показатель должен быть в пределах 2,0-3,0 кПа.

- огнеупорность – свойство материала противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур. При высокой огнеупорности формовочных смесей снижается пригар. Контроль огнеупорности не стандартизован

- спекаемость смесей регламентируется ГОСТ 23409.20-78. Она определяется температурой начала оплавления нагреваемого формовочного материала и характеризует его противопопригарные свойства. Принятая методика определения спекаемости не воспроизводит химического и механического воздействия жидкого металла на смесь в реальной форме. Для кварцевых песков температура спекания не превышает 1400-1450 °С и зависит от степени оолитизации зерен песчаной основы.

- пригораемость – свойство смеси плотно приставать к поверхности отливки и образовывать на литой поверхности неметаллический слой, состоящий из зерен песка и цементированный чаще всего силикатным расплавом или металлом (пригар). Контроль пригораемости не стандартизован

- теплофизические свойства формовочных смесей зависят от температуры, природы и степени измельчения зерновой основы.

По мере увеличения размеров частиц зерновой основы теплофизические свойства формовочной смеси повышаются. Добавляя в смесь частицы со сравнительно высокой теплопроводностью (чугунные опилки) можно достичь значительного изменения теплофизических свойств.

При повышении содержания связующих материалов (глины, жидкого стекла) увеличиваются площадь контактов между частицами зерновой основы и теплопроводность скелета формы.

С увеличением плотности формы растет ее теплопроводность при низких температурах (1200 °С), а при температурах заливки чугуна и стали (1690-2030 °С) теплопроводность уменьшается. Несмотря на это увеличение плотности формы, способствует росту коэффициента аккумуляции тепла, что позволяет в

2-3 раза снизить время затвердевания отливки и тем самым улучшить ее качество.

В литейных цехах контроль качества формовочных и стержневых смесей сводится к определению следующих характеристик: газопроницаемости, влажности, предела прочности при сжатии во влажном и сухом состояниях, предела прочности при растяжении, а иногда и при срезе, изгибе, текучести.

При отработке новых составов смесей определяется поверхностная твердость, осыпаемость, газотворность, выбиваемость. Тщательным подходом к выбору компонентов формовочных смесей, к технологии их приготовления и контролю качества определяются высокие производительность формовочного оборудования и качество отливок.

2.1.10 Определение влажности смеси

Под влажностью формовочной смеси понимается, выраженное в процентах к массе смеси, содержание в ней свободной и гигроскопической влаги. Содержание влаги в смесях определяется нормальным или ускоренным методом.

2.1.10.1 Нормальный метод

В предварительно высушенных и взвешенных фарфоровых чашках навеску исследуемой смеси массой $50 \pm 0,01$ г помещают в сушильную печь, при температуре $105-110$ °С. По истечении 30 мин содержимое вынимают из печи и взвешивают, после высушивания в течение 15 мин до постоянной массы опять помещают в печь. После этого все помещается в эксикатор, где охлаждается до комнатной температуры. В последствии навеска взвешивается и определяется влажность смеси

$$X = 2(m_1 - m_2),$$

где m_1 , m_2 – масса чашки с навеской до и после высушивания соответственно, г.

2.1.10.2 Ускоренный метод

Прибор модели 062М (рисунок 2.1) используется для ускоренного определения влаги в формовочных смесях. В предварительно высушенные и взвешенные фарфоровые чашки помещают навески исследуемой смеси массой $10 \pm 0,1$ г. каждая. На столик 1 прибора под лампу 2 на расстоянии 40-50 мм от нее устанавливают чашки с навесками. Прибор включается и высушивают смесь до постоянной массы 3 мин. Затем навеску охлаждают взвешивается. Влажность смеси определяют

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

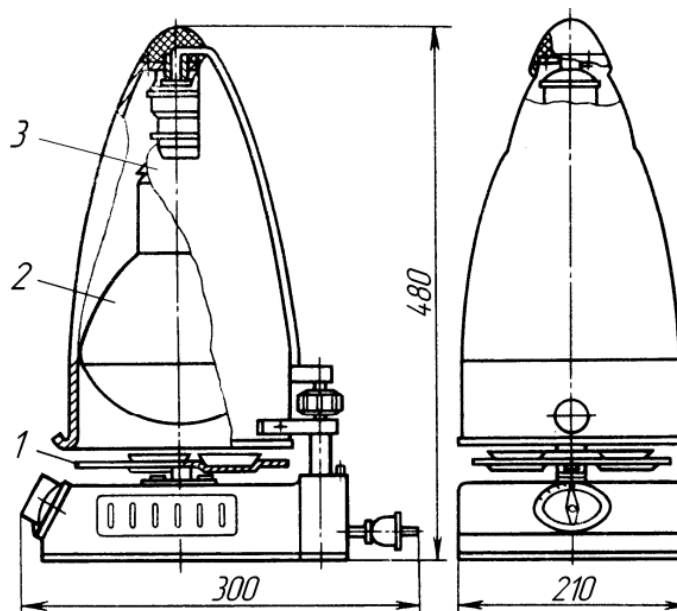


Рисунок 2.1 – Прибор модели 062М для ускоренного определения влажности смеси

Одновременно сушат три образца. Расхождения между результатами определений влажности нормальным и ускоренным методами при массовой доле влаги до 1 % – не более 0,1 %, при массовой доле влаги от 1 до 5% – не более 0,15% и при массовой доле влаги свыше 5 % – не более 0,18%. При превышении указанные значения, опыт выполняется заново.

2.1.11 Определение газопроницаемости

Существует два метода определения газопроницаемости смеси: нормальный и ускоренный.

2.1.11.1 Нормальный метод

Через образец диаметром (D) и высотой (h) 50 мм пропускают воздух объемом (V) 2000 см³ комнатной температуры, при этом фиксируют разность давлений (P) воздуха во время прохождения воздуха через образец и продолжительность продувки (τ).

Газопроницаемость определяют

$$K = \frac{V \cdot h}{F \cdot P \cdot \tau}$$

где V – объем воздуха, прошедшего через образец, см³;

h – высота образца, см;

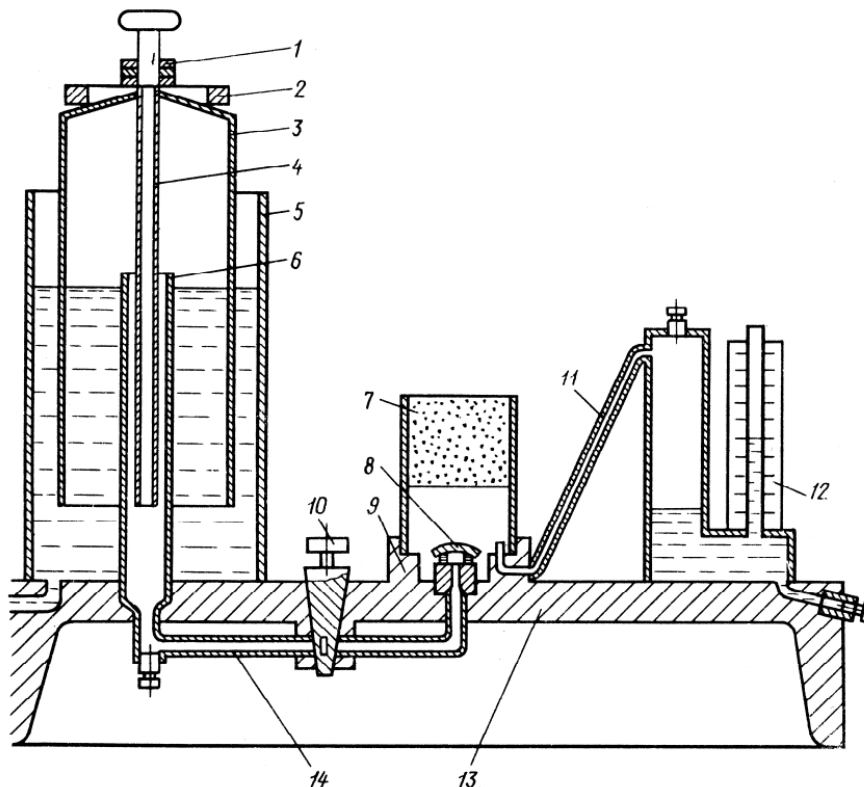
F – площадь поперечного сечения образца, см²;

P – давление воздуха перед образцом, Па;

τ – время прохождения через образец данного объема воздуха, мин.

Газопроницаемость – величина безразмерная.

Газопроницаемость смеси определяют на специальном приборе (рисунок 2.2). Трехходовой воздушный кран 10 прибора ставят в положение «Открыто» и осторожно поднимают колокол 3 до тех пор, пока отметка ×, имеющаяся на колоколе, не совпадает с верхней кромкой бака 5, после этого кран прибора переключают на положение «Закрыто».



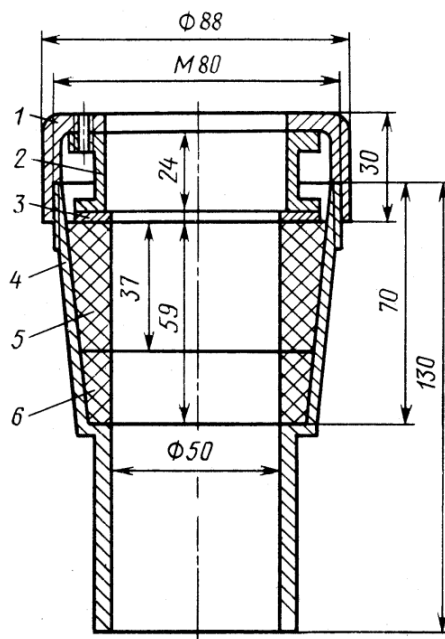
1 – ручка; 2 – груз; 3 – колокол; 4 – стержень; 5 – бак; 6 – направляющая трубка; 7 – исследуемый образец; 8 – ниппель; 9 – чашка затвора; 10 – трехходовой кран; 11, 14 – воздухопроводы; 12 – манометр; 13 – станина

Рисунок 2.2 – Прибор для определения газопроницаемости

Из исследуемой смеси изготавливают стандартный образец на лабораторном копре в неразъемной металлической гильзе. При определении газопроницаемости смеси во влажном состоянии сразу же после изготовления образца гильзу с ним вставляют в чашку 9 затвора и поворотом гайки плотно закрепляют в приборе. При определении газопроницаемости смеси в сухом состоянии образец после изготовления высушивают или отверждают в условиях, соответствующих требованиям к конкретным связующим материалам и смесям, затем охлаждают на воздухе. После охлаждения образец помещают в специальную гильзу (рисунок 2.3) и устанавливают на приборе.

Кран 10 (рисунок 2.2) ставят в положение «Испытание», колокол 3 начинает опускаться. При совпадении отметки 0 на колоколе с краем бака 5 включают секундомер, при прохождении отметки 1000 по манометру 12 фиксируют давление воздуха P под испытуемым образцом, а при прохождении отметки 2000 останавливают секундомер и фиксируют время, в течение

которого через образец прошло 2000 см^3 воздуха. Трехходовой кран ставят в положение «Закрыто».



1 – крышка; 2 – прижимное кольцо; 3 – прокладка;
4 – корпус; 5, 6 – уплотнительные резиновые кольца

Рисунок 2.3 – Гильза для определения газопроницаемости сухих и отвержденных образцов

По формуле находят газопроницаемость смеси. За газопроницаемость принимают среднее арифметическое результатов испытания трех образцов.

2.1.11.2 Ускоренный метод

В воздухопровод прибора (рисунок 2.2) вставляют дополнительное сопротивление в виде ниппеля 8. В комплекте прибора имеется два ниппеля с калиброванными отверстиями диаметром 0,5 и 1,5 мм, которые поддерживают определенный минутный расход воздуха для каждого образца, в этом случае отпадает необходимость замера времени прохождения воздуха через образец. Для испытания смеси газопроницаемостью более 49 единиц применяют ниппель с отверстием диаметром 1,5 мм, а для смеси газопроницаемостью до 49 единиц – ниппель с отверстием диаметром 0,5 мм. Ниппели устраняют необходимость пропускания через образец 2000 см^3 воздуха и позволяют определять газопроницаемость смеси по показаниям водяного манометра с помощью таблице 2.1.

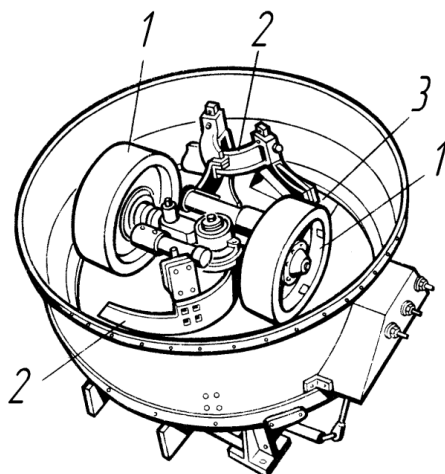
Таблица 2.1 – Газопроницаемость смесей, ед.

Давление		Диаметр отверстия ниппеля, мм		Давление		Диаметр отверстия ниппеля, мм	
Па	см вод.ст.	0,5	1,5	Па	см вод.ст.	0,5	1,5
98,0	1,0	-	950	490,0	5,0	14,7	138
107,8	1,1	-	850	499,8	5,1	14,3	134
117,6	1,2	-	780	599,6	5,2	13,8	128
127,4	1,3	-	710	519,4	5,3	13,4	126
137,2	1,4	-	650	529,2	5,4	13,0	122
147,0	1,5	-	610	539,0	5,5	12,6	119
156,8	1,6	-	550	548,8	5,6	12,2	115
166,6	1,7	-	525	558,6	5,7	11,8	112
176,4	1,8	-	492	568,4	5,8	11,4	108
186,2	1,9	-	467	578,2	5,9	11,0	105
196,0	2,0	49,0	440	588,0	6,0	10,7	102
205,8	2,1	47,0	417	597,8	6,1	10,3	999
215,6	2,2	44,0	398	667,6	6,2	10,0	96
225,4	2,3	42,0	373	617,4	6,3	9,7	93
235,2	2,4	40,0	358	627,2	6,4	9,4	90
245,0	2,5	38,0	341	636,0	6,5	9,0	88
254,8	2,6	36,0	326	646,8	6,6	8,8	85
264,6	2,7	34,0	313	656,6	6,7	8,5	82
274,4	2,8	33,0	300	666,4	6,8	8,2	80
284,2	2,9	31,0	387	676,2	6,9	7,9	77
294,0	3,0	30,0	275	686,0	7,0	7,7	75
303,8	3,1	29,0	264	695,8	7,1	7,5	73
313,6	3,2	28,0	253	705,6	7,2	7,3	70
323,4	3,3	27,0	243	715,4	7,3	7,0	67
333,2	3,4	25,8	235	725,2	7,4	6,7	65
343,0	3,5	24,2	226	735,0	7,5	6,5	63
353,8	3,6	23,4	219	744,8	7,6	6,3	61
362,6	3,7	22,7	212	754,6	7,7	6,0	59
372,4	3,8	21,8	205	764,4	7,8	5,8	56
382,2	3,9	21,0	198	774,2	7,9	5,6	54
392,0	4,0	20,0	196	784,0	8,0	5,3	52
401,8	4,1	19,5	185	793,8	8,1	5,1	50
411,6	4,2	19,0	178	803,6	8,2	4,9	-
421,4	4,3	18,5	173	813,4	8,3	4,7	-
431,2	4,4	17,8	167	823,2	8,4	4,4	-
441,0	4,5	17,3	164	843,8	8,6	4,0	-
450,8	4,6	16,7	156	852,6	8,7	3,7	-
460,6	4,7	16,2	151	862,4	8,8	3,5	-
470,4	4,8	15,7	146	872,2	8,9	3,3	-
480,2	4,9	15,2	142	882,0	9,0	3,1	-

2.1.12 Определение прочности смеси при сжатии во влажном состоянии

На лабораторных бегунах (рисунок 2.4) приготавливают формовочную смесь состава: 90 % сухого кварцевого песка, 10 % бентонитовой глины,

высушенной и просеянной через сито № 04, смешивают полученную смесь с 2,5 %, 3,0 %, 3,5 % или 4 % воды.



1 – каток; 2 – плужки; 3 – отверстие для выгрузки смеси

Рисунок 2.4 – Бегуны

Сухой песок и глину загружают в лабораторные бегуны и перемешивают в течение 2 мин. Затем добавляют отмеренное необходимое количество воды и продолжают перемешивать еще 8 мин.

Смесь выгружают из бегунов и приступают к изготовлению стандартных образцов на лабораторном копре (рисунок 2.5).

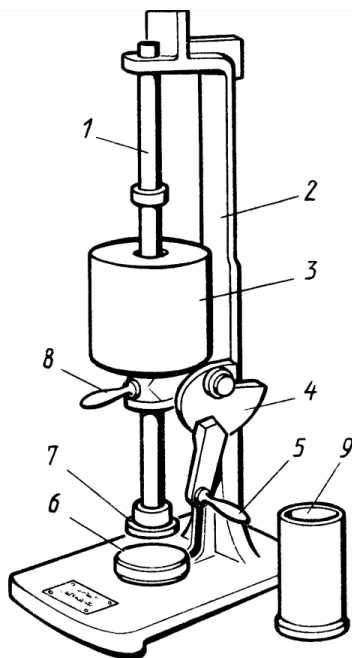


Рисунок 2.5 – Лабораторный копер

Металлическую гильзу 9 устанавливают в поддон 6, и в нее высыпают отмеренное количество формочной смеси, при этом следят за тем, чтобы поверхность насыпаемого слоя смеси была горизонтальной. Подъемником копра 8 поднимают шток 1 и груз 3, на станину устанавливают поддон с

гильзой, осторожно и плавно опускают боек 7, закрепленный на штоке 1, в гильзу до соприкосновения со смесью. После этого вращением рукоятки 5 и эксцентрика 4 уплотняют смесь тремя ударами груза 3 массой $6,35 \pm 0,015$ кг, падающего с высоты $50 \pm 0,25$ мм. Высота образца в гильзе после уплотнения должна быть $50 \pm 0,8$ мм. Эту высоту контролируют по трем горизонтальным рискам, нанесенным через 0,8 мм на стойке 2 станины. Совпадение верхнего торца штока 1 со средней риской соответствует высоте образца 50 мм. Крайние риски указывают на допускаемые отклонения.

После уплотнения гильзу с поддоном снимают с копра, отделяют поддон от гильзы и с помощью выталкивателя образец осторожно извлекают из гильзы. Затем образец устанавливают на площадку 6 рычажного прибора (рисунок 2.6, а) предварительно проверив, чтобы указатель 4 каретки 2 стоял на делении 0 шкалы рычага 5. Затем с помощью винта 7 и верхней площадки 8 зажимают образец. Вращением рукоятки 3 винта 1 перемещают каретку 2 до тех пор, пока под действием сжимающей нагрузки образец не разрушится, при этом указатель 4 фиксирует на рычаге 5 разрушающее усилие.

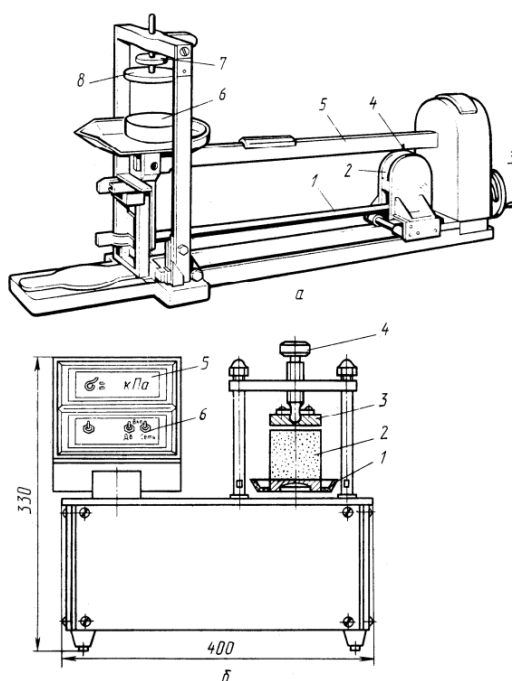


Рисунок 2.6 – Приборы для определения предела прочности смеси при сжатии во влажном состоянии

Испытание проводят на трех образцах, изготовленных из каждой смеси с разным содержанием воды. Прочность при сжатии во влажном состоянии формовочных и стержневых смесей можно определять также на испытательных машинах мод. 04116А и 04116Б (рисунок 2.6, б). В этом случае испытуемый образец 2 устанавливают на тарелку 1, опускают с помощью упора 4 прижимной диск 3 до верхней поверхности образца и включают тумблер 6. В момент разрушения образца на табло 5 высвечивается значение прочности смеси. Влажность смеси, при которой предел прочности при сжатии будет

наибольший, является оптимальной для данной глины. Значение предела прочности принимают как среднее арифметическое значение трех определений.

2.1.13 Определение прочности смеси при сжатии в сухом состоянии

Образцы изготавливают из формовочной смеси, содержащей 95 % сухого кварцевого песка, 5 % глины, высушенной и просеянной через сито № 04, и воды. При использовании бентонитовых глин добавляют 6,0 % и воды. При использовании каолиновых и полиминеральных глин добавляют 6,5 % или 7,0 % воды.

Изготовленные образцы помещают в предварительно нагретый до 150 °С сушильный шкаф и сушат при этой температуре в течение 1,5 ч. После охлаждения до нормальной температуры определяют прочность при сжатии.

Для проведения испытаний может быть использован любой прибор, позволяющий равномерно и постепенно увеличивать сжимающую нагрузку.

За показатель предела прочности при сжатии принимают среднее арифметическое результатов трех испытаний.

2.1.14 Определение прочности смеси при растяжении

Предел прочности смеси при растяжении определяют на сухих образцах, имеющих форму восьмерки (рисунок 2.7, а), которые изготавливают в специальном стержневом ящике (рисунок 2.7, б). На поддон 1 ставят половины 2 и 3 стержневого ящика, не допуская их перекоса, затем на ящик устанавливают воронку 4 таким образом, чтобы штыри, имеющиеся на нижней плоскости воронки, вошли в гнезда стержневого ящика. Половины ящика скрепляют винтом 6. Навеску смеси массой 110-120 г насыпают в собранный ящик, затем свободно устанавливают колодку 5. Смесь уплотняют на стандартном копре тремя ударами груза. Если уплотнение проведено правильно, то верхняя плоскость воронки находится в пределах трех контрольных рисок, имеющихся на колодке (при несоблюдении этого условия образец бракуют). После этого удаляют колодку, отвинчивают винт 6 и снимают воронку.

Стержневой ящик с образцом осторожно переносят на специальную подставку и разбирают. Образец на подставке помещают в сушильный шкаф.

Режим сушки определяется видом связующего материала. Перед испытанием высушенный образец охлаждают. Предел прочности холоднотвердеющих смесей при растяжении определяют на таких же образцах. Образцы изготавливают следующим образом: смесь насыпают в стержневой ящик и уплотняют. Избыток смеси срезают. Отверждение образцов проводят по режиму, предусмотренному нормативно-технической документацией на конкретные связующие материалы и смеси. Для определения прочности при растяжении стержневых смесей, отверждаемых в горячей оснастке, образцы готовят в подогретом до заданной температуры стержневом ящике. Уплотнение смесей рекомендуется проводить на пескодувном стенде. Отверждение

осуществляют по режимам, рекомендуемым для конкретных связующих материалов.

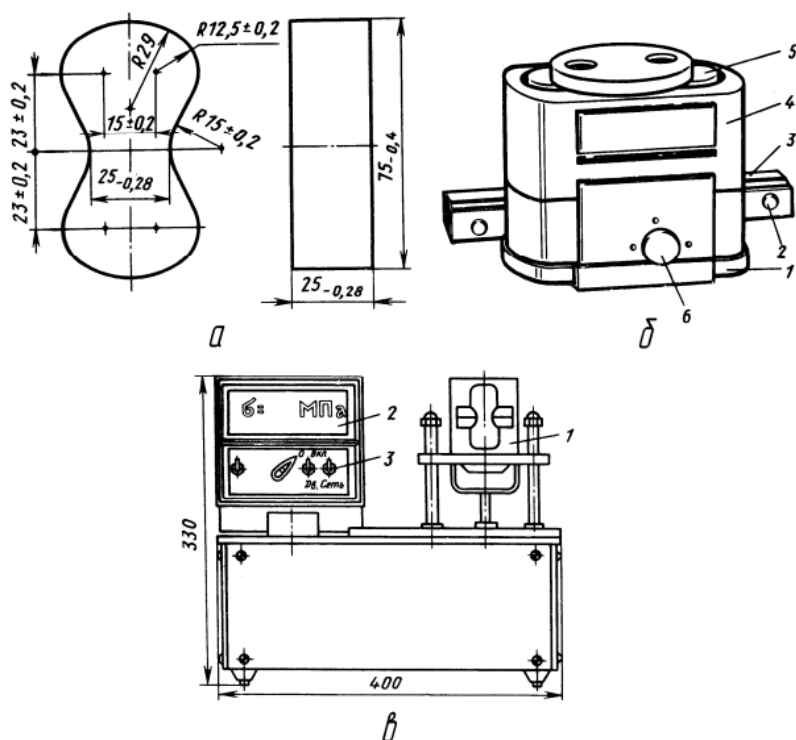


Рисунок 2.7 – Образец (а), стержневой ящик для его изготовления (б) и прибор модели 04116 для определения прочности образца в сухом состоянии (в)

Предел прочности при растяжении формовочных и стержневых смесей в сухом или отвержденном состоянии определяют на приборе мод. 04116 (рисунок 2.7, в). Образец-восьмерку закрепляют в приспособление 1, устанавливают тумблер 3 в положение «Измерение», и в момент разрушения образца на табло 2 высвечивается значение прочности. На этом же приборе можно определять прочность при сжатии сухих образцов.

2.2 Задание

Определить основные свойства формовочных и стержневых смесей

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Лабораторные бегуны, лабораторный копёр, приборы для определения прочности при сжатии образцов во влажном и сухом состояниях, сушильный шкаф с термометром для измерения температур до 300 °С, технические весы с разновесами, металлическая гильза с внутренним диаметром $50\pm 0,2$ мм и высотой 120 мм, выталкиватель диаметром $50-0,5$ мм, мензурка, часы, коробка для смеси, совок, щипцы, сухой кварцевый песок марок 1КО_1 , 1КО_2 с содержанием глинистой составляющей не более 1,0 %, глина, вода, приборы

для ускоренного определения влажности, газопроницаемости, предела прочности смеси при растяжении, секундомер, металлическая гильза с поддоном, выталкиватель, специальная гильза для определения газопроницаемости сухого образца, стержневой ящик, мензурка, фарфоровая чашка, эксикатор, щипцы, коробки для смесей, сухой песок, формовочная глина, связующий материал.

2.3.2 Проведение испытаний

2.3.2.1 Приготовить смеси.

2.3.2.2 Определить предел прочности смеси при сжатии во влажном состоянии.

2.3.2.3 Высушить образцы при 150 °С в течение 1,5 ч.

2.3.2.4 Определить предел прочности смесей при сжатии в сухом состоянии.

2.3.2.5 Приготовить две смеси, одна из которых предназначена для формовки по-сырому, другая – для формовки по-сухому. Составы и режим приготовления смесей задает преподаватель.

2.3.2.6 Определить влажность смеси.

2.3.2.7 Определить газопроницаемость смеси.

2.3.2.8 Определить предел прочности при сжатии смеси во влажном состоянии.

2.3.2.9 Определить предел прочности смеси при растяжении.

2.3.3 Результаты наблюдений и их обработка

Прочностные свойства смесей, определенные не менее чем на трех образцах из одной смеси, занести в таблицы 2.2, 2.3. Вычислить среднее арифметическое значение свойства.

Таблица 2.2 – Результаты испытаний

Номер образца	Состав смеси, %			Предел прочности образца при сжатии во влажном состоянии, Па			
	песок	глина	вода	1	2	3	среднее значение
1							
2							
3							
Номер образца	Состав смеси, %			Предел прочности образца при сжатии в сухом состоянии, Па			
	песок	глина	вода	1	2	3	среднее значение
1							
2							
3							

Таблица 2.3 – Результаты испытаний

Номер смеси	Влажность, %		Газопроницаемость, ед.				Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, Па				Предел прочности при растяжении в сухом состоянии, Па								
	по нормальному методу	по ускоренному методу	по нормальному методу		по ускоренному методу		по нормальному методу		по ускоренному методу		по нормальному методу		по ускоренному методу						
			1	2	3	среднее значение	1	2	3	среднее значение	1	2	3	среднее значение					

2.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, составы смесей и режимы их приготовления, режимы сушки смесей, описание методов определения влажности смесей, газопроницаемости во влажном и высушенном состояниях, пределов прочности при сжатии и растяжении, краткое описание методики испытаний и принципа работы приборов, схемы приборов, результаты определения предела прочности смеси во влажном и сухом состояниях, выводы.

2.5 Контрольные вопросы

2.5.1 Назовите виды формовочных смесей.

2.5.2 Чем отличаются обычные формовочные и стержневые смеси от смесей, используемых для изготовления форм и стержней по холодной и нагреваемой оснастке?

2.5.3 Перечислите преимущества и недостатки песчано-смоляных смесей.

2.5.4 Какие требования предъявляют к формовочным пескам, используемым для приготовления песчано-смоляных смесей?

2.5.5 Перечислите основные свойства формовочных и стержневых смесей.

2.5.6 Почему смеси должны обладать низкой гигроскопичностью и газотворностью?

2.5.7 Какие дефекты могут образоваться в отливках, если для изготовления форм будут использованы смеси с низкой поверхностной прочностью?

2.5.8 Какие преимущества дает использование смесей с хорошей выбиваемостью?

2.5.9 Назовите различия между нормальным и ускоренным методами определения влажности.

2.5.10 В чем состоит различие при определении газопроницаемости смесей во влажном и сухом состояниях?

Лабораторная работа № 3. Изготовление стержней и способы их упрочнения

Целью работы является ознакомление с технологией изготовления стержней и способы их упрочнения

3.1 Общие сведения

3.1.1 Классификация технологических процессов

Технологические процессы изготовления стержней делят на две группы. К первой группе относят традиционные процессы, давно применяемые в литейных цехах. Они характеризуются отверждением стержней вне оснастки, с помощью тепловой сушки. Первоначальная прочность стержней достигается повышенной сырой прочностью стержневых смесей, высокой степенью уплотнения стержней, а также применением металлических каркасов.

Вторая группа процессов обеспечивает отверждение стержней непосредственно в оснастке в основном за счет химического или физико-химического упрочнения материалов, входящих в состав стержневых смесей. Сюда относятся процессы, основанные на использовании самотвердеющих смесей или смесей, твердеющих при продувке газом-отвердителем в нагреваемой оснастке, а также процессы, основанные на использовании стержневых смесей, затвердевающих под воздействием теплоты нагреваемой оснастки.

Классификация технологических процессов изготовления стержней приведена на рисунке 3.1. Каждый технологический процесс имеет свою область применения, поэтому выбор оптимального технологического процесса изготовления стержней представляет собой сложную многофакторную трудноразрешимую задачу и связан с глубоким анализом большого числа факторов.

3.1.2 Традиционные технологические процессы с отверждением стержней вне оснастки

При этих процессах после уплотнения смеси и извлечения стержней из оснастки стержни сушат при 150-250 °С в сушилках в течение длительного времени (1,5-2,5 часа и более). При этом ряд стержневых смесей позволяет производить кратковременную сушку при повышенной температуре, а также с использованием электрического поля высокой частоты. Кроме того, некоторые стержни изготавливаются без отверждения. Такие стержни называют сырыми, аналогично технологии изготовления форм по-сырому. Прочность таких стержней достигается лишь за счет высокой сырой прочности смесей, каркасов и высокой степени уплотнения.

3.1.3 Технологические процессы, основанные на отверждении стержней в оснастке

Отверждение стержней проводят непосредственно в стержневых ящиках. При этом отверждение могут производиться как в предварительно нагретой до необходимой температуры оснастке, так и в холодной оснастке.

Процессы изготовления стержней в нагреваемой оснастке подразделяют на процессы изготовления стержней из влажных и сухих (обычно песчано-смоляных), жидких и лакированных смесей. Лакированные стержневые смеси используют для формовки оболочковых стержней.

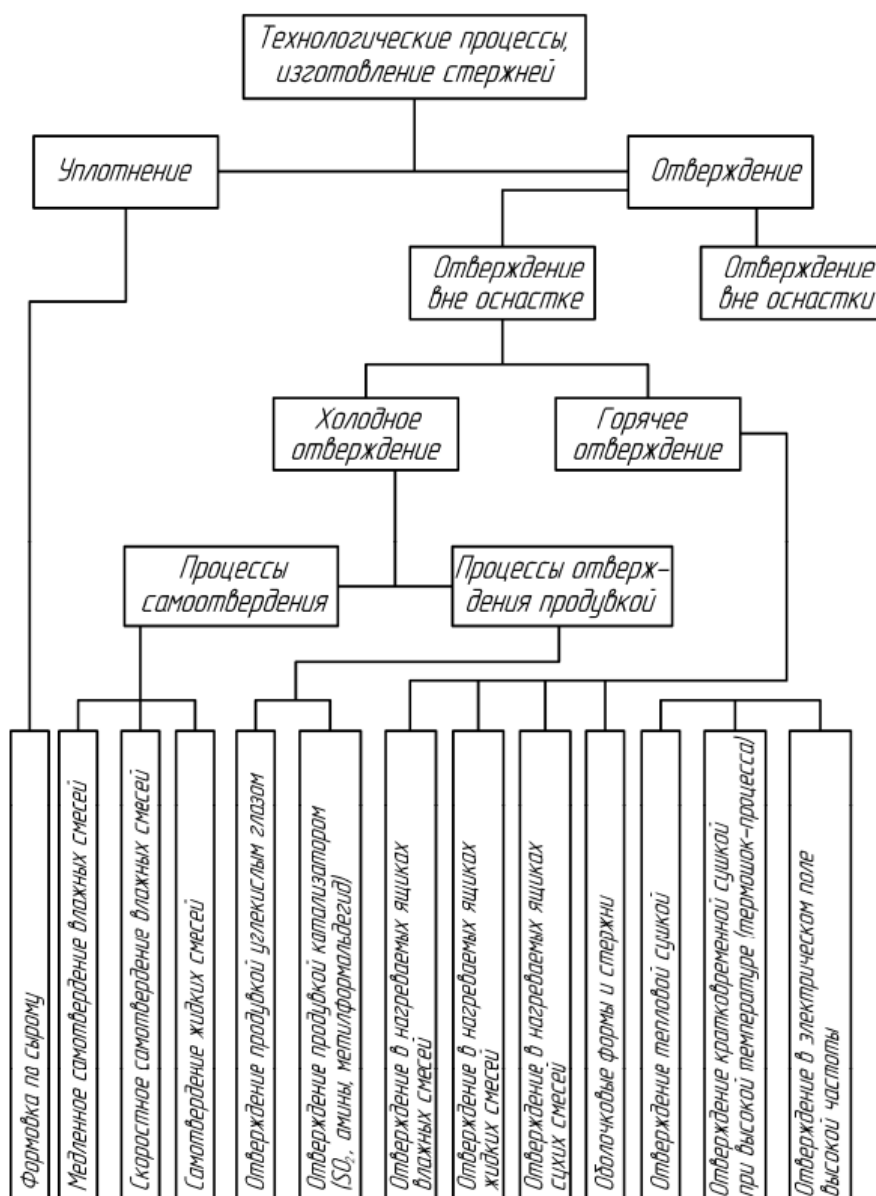


Рисунок 3.1 – Классификация технологических процессов изготовления стержней

Технологические процессы изготовления стержней в холодной оснастке делят на две группы. К первой группе относят процессы с использованием самоотверждающих смесей, а ко второй – процессы, основанные на отверждении смеси в оснастке при их продувке.

Процессы с использованием самоотвердеющих смесей подразделяют на процессы изготовления стержней из сыпучих смесей с нормальной и повышенной скоростями самозатвердевания, а также на процессы изготовления стержней из ЖСС. Отверждение смесей за счет продувки может осуществляться углекислым газом, газообразным катализатором и сжатым воздухом (подогретым или с нормальной температурой).

3.1.4 Типовые процессы изготовления стержней массового и крупносерийного производства

В процессах изготовления стержней используют огромное количество связующих материалов, различающихся по химическому составу и по механизму действия. Применяемые технологии можно разделить по виду материалов и оборудования, организационно-техническим решениям (в зависимости от материалов, массы и размера отливки, объемов выпуска и серийности производства).

В массовом и крупносерийном производстве наиболее распространены процессы, основанные на пескострельном способе подачи и уплотнения смеси в оснастке с последующим быстрым отверждением ее при комнатной температуре под действием продуваемых через смесь газовых реагентов.

В таблице 3.1 представлены характеристики наиболее применяемых процессов изготовления стержней в условиях массового и крупносерийного производства.

Таблица 3.1 – Характеристики процессов изготовления стержней

Cold-box-amin-процесс	
1	2
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	Безводная бензилэфирная (фенолформальдегидная) смола (компонент 1) и полиизоцианат (компонент 2). Применяют в комплексе с органическими растворителями и добавками служебного назначения. Отверждение – газофазной продувкой: амин и носитель (например, осушенный воздух). Продукты твердения – полиуретаны.
Особенности процесса	Для приготовления, дозирования и подачи газовой смеси используют специальный генератор. Ввиду токсичности аминов комплекс оборудования «генератор – стержневой автомат – оснастка – нейтрализатор» полностью герметизируют. Жесткие требования к минимальному влагосодержанию песка (не более 0,2 %) и сжатого воздуха (необходима установка для его сушки). Процесс требует очень высокой культуры производства.

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Преимущества процесса	<p>Равномерное объемное отверждение стержня в течение нескольких секунд после продувки.</p> <p>Высокая прочность стержней (сразу после продувки и через 24 ч), возможность изготовления самых сложных стержней.</p> <p>Минимальный суммарный расход связующего (1,2-1,8 мас.ч. на 100 мас. ч. песка).</p> <p>Высокая производительность, возможность автоматизации процесса.</p> <p>Высокое качество отливок, легкая выбиваемость.</p> <p>Возможность регенерации отработанных смесей.</p> <p>Возможность использования связующих российского производства.</p>
Недостатки процесса	<p>Большие капитальные затраты на оборудование (преимущественно импортное).</p> <p>Высокая стоимость связующих компонентов и амина.</p> <p>Жесткие требования к качеству песка.</p> <p>Невысокая живучесть смесей (до 2 ч), в связи с чем необходима четкая организация технологического процесса.</p> <p>Склонность стержней к разупрочнению при высокой влажности воздуха.</p>
Ероху-SO ₂ -процесс	
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	<p>Эпоксидная или эпоксиакрилатная смола и органический пероксид.</p> <p>Отверждение – газофазной продувкой SO₂ в носителе (осушенном воздухе).</p> <p>Продукты твердения – эпоксидный полимер.</p>
Особенности процесса	<p>Для приготовления, дозирования и подачи газовой смеси используют специальный генератор.</p> <p>Комплекс оборудования «генератор – стержневой автомат – оснастка – нейтрализатор» полностью герметизируют.</p> <p>Жесткие требования к влагосодержанию песка (не более 0,2 %) и сжатого воздуха (необходима установка для его сушки).</p> <p>Процесс требует высокой культуры производства.</p>
Преимущества процесса	<p>Равномерное объемное отверждение стержня в течение нескольких секунд после продувки.</p> <p>Высокая прочность стержней (сразу после продувки и через 24 ч), возможность изготовления самых сложных стержней.</p> <p>Минимальный суммарный расход связующего (1,2-1,8 мас .ч. на 100 мас. ч. песка).</p> <p>Высокая производительность, возможность автоматизации процесса.</p> <p>Высокое качество отливок, легкая выбиваемость.</p> <p>Возможность регенерации отработанных смесей.</p> <p>Высокая живучесть смеси (не менее 24 ч с момента их приготовления) и более высокая, чем в Cold-box-amin-процессе, влагостойкость стержней.</p> <p>Возможность использования связующих российского производства.</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Недостатки процесса	<p>Большие капитальные затраты на оборудование (преимущественно импортное). Высокая стоимость связующих компонентов. Жесткие требования к качеству песка. Ввиду исключительно высокой коррозионной активности SO₂ оборудование и коммуникации выполняют из дорогостоящих коррозионностойких сталей, что значительно удорожает процесс. Взрывоопасность органических пероксидов – одного из компонентов связующего.</p>
Hot-box-процесс	
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	<p>Карбамидо- и фенолофурановые смолы и отвердитель (водный раствор азотнокислой меди) или фенолформальдегидные смолы с отвердителем (раствором кислых солей). Продукты твердения – фурановый или фенольный полимеры. Высокая производительность процесса при времени выдержки стержней в горячей оснастке от 15 до 60 с.</p>
Особенности процесса	<p>Электро- или газоподогрев металлической оснастки до 220-240 °С, пескострельный способ изготовления стержней. Повышенные требования к качеству песка (не более 0,2-0,4% глины).</p>
Преимущества процесса	<p>Высокая прочность стержней, удовлетворительная живучесть смесей (не менее 4 ч). Легкая выбиваемость. Возможность регенерации отработанных смесей. Достаточно высокое качество отливок. Наличие гаммы связующих материалов отечественного производства.</p>
Недостатки процесса	<p>Тяжелая экологическая обстановка на стержневых и заливочных участках. Большие эксплуатационные затраты на энергоносители (газ или электроэнергию) и на обновление металлической оснастки, подверженной износу и короблению. Меньшая размерная точность стержней и отливок по сравнению с процессами Cold-box и Epoxy-SO₂.</p>
α-set-процесс (разновидность No-bake-процесса)	
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	<p>Связующее – сильно ощелаченная фенолформальдегидная смола (полифенолят). Отвердители – жидкие ацетаты глицерина или этиленгликоля, гаммабутиролактон или пропиленкарбонат. Продукт твердения – резит.</p>
Особенности процесса	<p>Стержни и формы изготавливают на комплексно-механизированных поточных линиях. Для получения отливок без пригара необходимо применять противопопригарные краски: водные (с подсушкой) либо самовысыхающие. Скорость отверждения регулируют, выбирая соответствующую марку отвердителя (быстрого, среднего и замедленного действия).</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Преимущества процесса	<p>Использование ХТС одного и того же типа при получении отливок из чугуна и стали.</p> <p>Достаточная прочность стержней (примерно на уровне ХТС с фурановыми смолами).</p> <p>Низкая гигроскопичность стержней, отсутствие заметного разупрочнения под влиянием влаги воздуха.</p> <p>Высыпаемость смеси из отливок при выбивке.</p> <p>Высокое качество отливок из черных сплавов, достаточная размерная точность.</p> <p>Благоприятные санитарно-гигиенические условия труда на стержневых участках и несколько лучшие, чем при использовании ХТС на фурановых смолах и Per Set-процесса, на заливочных.</p> <p>Связующие и отвердители для процесса производят в России.</p> <p>Капитальные затраты на приточно-вытяжную вентиляцию в 1,5-2 раза меньше, чем для ХТС на фурановых смолах.</p>
Недостатки процесса	<p>Более высокая стоимость связующих материалов по сравнению с ХТС на фурановых смолах (в 1,2-1,4 раза).</p> <p>Капитальные затраты на оборудование аналогичны затратам для ХТС на фурановых смолах.</p> <p>Более сложный и затратный (по сравнению с ХТС на фурановых смолах) способ регенерации отработанных смесей: обязательность химической нейтрализации возврата (из-за его высокой щелочности) и его термообработка при 700-750°С.</p> <p>Недостаточный опыт использования процесса на литейных предприятиях России.</p>

Для условий единичного, мелкосерийного и серийного производства отливок разработаны процессы, основанные на применении самотвердеющих смесей с неорганическими связующими и синтетическими смолами. Данные технологии (кроме CO₂-процесса на жидком стекле) основаны на применении холоднотвердеющих (ХТС) или самотвердеющих смесей при сходных схемах организации технологического процесса, предусматривающих оснащение смесителями шнекового типа необходимой производительности, вибростолами на позиции свободной засыпки смеси из смесителя в оснастку, кантователями роторного типа, встроенными в поточную линию, и конвейерами.

Характеристика процессов, основанных на применении самотвердеющих смесей с неорганическими связующими, приведена таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристика процессов, основанных на применении самотвердеющих смесей с неорганическими связующими

Смеси на жидком стекле. CO ₂ -процесс	
1	2
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	<p>Жидкое стекло, едкий натр, добавки для улучшения выбиваемости (технические сахара типа меляссы, патоки, фосфаты натрия и др.).</p> <p>Отверждение – продувкой CO₂.</p> <p>Продукты твердения – силикагель и высокомодульные формы натриевых силикатов.</p>

Продолжение таблицы 3.2

1	2
Особенности процесса	Уплотнение – встряхиванием и/или пневмотрамбовкой.
Преимущества процесса	Минимум необходимого технологического оборудования, низкая стоимость исходных материалов (за исключением CO ₂) и их доступность. Простота технологии. Экологическая безопасность процесса.
Недостатки процесса	Обсыхаемость смесей при хранении, хрупкость стержней и форм (склонность к поломкам). Затрудненная выбиваемость, большие трудозатраты на финишных операциях. Сложности в обеспечении качества отливок. Склонность к образованию горячих трещин в отливках из стали. Затрудненная регенерация отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы.
Пластичные самотвердеющие смеси (ПСС), жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС)	
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	Жидкое стекло, феррохромовый шлак, пенообразователи (для ЖСС). Продукты твердения – смешанные кальциево-натриевые силикаты.
Особенности процесса	Уплотнение встряхиванием или пневмотрамбовками (ПСС), вибрацией при свободной заливке смеси (ЖСС). Отверждение в оснастке в течение 45-90 мин по мере взаимодействия жидкого стекла с феррохромовым шлаком.
Преимущества процесса	Самая низкая стоимость исходных материалов, для ЖСС характерна малая трудоемкость операции формообразования; экологическая безопасность процессов, за исключением операций пересыпки и дозирования феррохромового шлака (из-за пыления).
Недостатки процесса	Низкая прочность и неудовлетворительная размерная точность стержней, большой процент их брака. Затрудненная выбиваемость и большие трудозатраты при очистке и обрубке отливок. Невысокое качество отливок, трудности с регенерацией отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы.
Самотвердеющие смеси на жидком стекле с жидкими отвердителями	
Связующее, отвердитель (катализатор), продукты твердения	Жидкое стекло с силикатным модулем 2,4-2,5, жидкие отвердители (ацетаты этиленгликоля или глицерина, пропиленкарбонат), добавки для улучшения выбиваемости (технические сахара).
Особенности процесса	Процесс, как правило, осуществляют на комплексных механизированных линиях. Уплотнение – вибрацией или вручную (трамбовками). Отверждение в оснастке (при живучести смеси от 2-3 до 60 мин) в результате взаимодействия жидкого стекла с отвердителем.

Продолжение таблицы 3.2

1	2
Преимущества процесса	<p>Более высокая прочность по сравнению с ЖСС, ПСС и CO₂-процессами, более высокая точность модельного отпечатка и, соответственно, отливок. Меньший расход жидкого стекла. Экологическая безопасность процесса.</p>
Недостатки процесса	<p>Хрупкость отвержденных стержней, склонность к поломкам при случайных ударах, затрудненная выбиваемость, сложность получения отливок высокого качества. Трудности с регенерацией отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвалы.</p>

3.1.5 Отверждение смесей тепловой сушкой

Технология изготовления стержней отличается универсальностью и позволяет получать стержни любой массы и размеров, любого класса сложности. Недостатком этой технологии является длительный цикл изготовления, обусловленный необходимостью тепловой сушки, малая размерную точность, из-за возможности деформироваться в процессе извлечения, транспортирования в сыром состоянии и тепловой сушки. Для предотвращения деформирования и разрушения крупные стержни изготавливают из смесей с высокой прочностью в сыром состоянии.

3.1.6 Сушка стержней

Сушка стержней производится с целью обеспечения необходимой прочности, снижения их газотворности при заливке формы металлом и улучшения газопроницаемости. Связующие в стержневой смеси повышают прочность стержней при сушке вследствие более прочной связи между отдельными частицами стержневой смеси. Прочность стержней из песчано-глинистой смеси повышается в связи с увеличением прочности глины в сухом состоянии

Газопроницаемость улучшается за счет испарения влаги и возгонкой органических добавок, содержащихся в стержневой смеси.

Температура и режим сушки определяются составом стержневой смеси и размерами стержней. Мелкие стержни сушат при температуре 150-250 °С, 1-3 ч. Крупные стержни сушат при температуре 350-450 °С более продолжительное время (до 6 ч и более).

Технология изготовления стержней с упрочнением тепловой сушкой вне оснастки включает следующие операции: подготовку оснастки, формовку стержня (заполнение ящика, уплотнение), выполнение в стержне вентиляционных каналов, удаление стержня из ящика, правка стержня и нанесение противопопригарного покрытия; сушку и подготовку его к установке в форму.

Подготовка оснастки заключается в проверке комплектности и исправности стержневого ящика, сушильных плит, нанесении на рабочую

поверхность стержневого ящика разделительного состава (смеси 50 % керосина и 50% мазута, 2-4 %-ного раствора воска в керосине или уайт-спирите).

При формовке стержней на пескодувной и пескострельной машинах, технологические операции заполнения стержневого ящика смесью и ее уплотнения выполняются одновременно. При формовке стержней на встряхивающих машинах стержневой ящик сначала заполняют смесью на 2/3-3/4 его объема, уплотняют встряхиванием, затем устанавливают каркас и досыпают в ящик смесь при одновременном встряхивании. Верхний слой смеси обычно доуплотняют вручную, используя пневматические трамбовки. При ручной формовке стержней заполнение ящика смесью и ее уплотнение проводят, последовательно уплотняя слои толщиной 30-60 мм. Смесью уплотняют ручной или пневматической трамбовкой. Проволочные каркасы в мелкие стержни простой конфигурации вставляют (забивают) после завершения уплотнения смеси.

Вентиляционные каналы в стержнях в небольших стержнях с развитыми знаковыми частями выполняют накалыванием вентиляционной иглой – душником; в стержнях сложной конфигурации с малыми знаковыми частями – при формовке закладывают восковые фитили, которые расплавляются при последующей сушке воска, образуя на месте прокладки фитиля газоотводный канал, имеющего выход в знаковую часть стержня. Крупные стержни выполняют с внутренними пустотами с наполнителями (шлак или опилки). Из знаковой части стержня к пустоте подводят широкий вентиляционный канал. В стержнях, получаемых из нескольких частей, вентиляционные каналы прорезают гладилкой в плоскости их разъема.

Из вытряхных стержневых ящичков стержни удаляют следующим образом. На ящике 1 (рисунок 3.2, а) закрепляют сушильную плиту 3, затем ящик вместе с плитой переворачивают на 180°. Стержневой ящик обстукивают со всех сторон деревянным молотком, затем аккуратно поднимают над стержнем 2, находящимся на плите. При наличии у стержневого ящика отъемных частей и стенок вверх поднимают только коробку ящика 4 (рисунок 3.2, б). При этом отъемные части и стенки 5 остаются на плите 3 вместе со стержнем. Для отделения от стержня их также предварительно обстукивают, отъемные стенки раздвигают в стороны, а отъемные части извлекают.

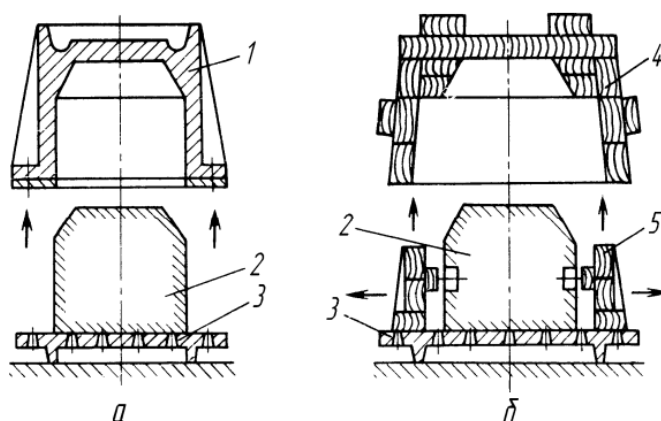


Рисунок 3.2 – Удаление стержней из вытряхных стержневых ящичков

Для извлечения стержня из разъемного ящика, его устанавливают на сушильную плиту открытой знаковой частью вниз. Затем половинки разъемного ящика раздвигают в стороны параллельно плоскости сушильной плиты. Длинные стержни с малыми знаками, которые могут деформироваться под собственным весом или не могут быть устойчиво установлены на сушильной плите знаковыми частями, извлекают из ящика в горизонтальном положении. При этом сначала снимают верхнюю половину ящика, а вместо него на нижнюю половину ящика 1 устанавливают фасонную сушильную плиту 2 (рисунок 3.3, а). Затем нижнюю половину ящика кантуют вместе с плитой и стержнем. При этом стержень 3 располагается в гнездах сушильной плиты (рисунок 3.3, б), поэтому съем нижней половины стержневого ящика не приводит к повреждению стержня. В единичном и мелкосерийном производстве вместо фасонной сушильной плиты используют рамку, которую устанавливают на место верхней половины ящика и полость рамки 4 заполняют песчаной смесью 5, слегка ее уплотняя (рисунок 3.3, в). Затем рамку накрывают сушильной плитой 6 и после кантовки снимают нижнюю половину ящика и рамку (рисунок 3.3, г). В этом случае стержень оказывается уложенным на песчаное основание сушильной плиты, называемое постелью.

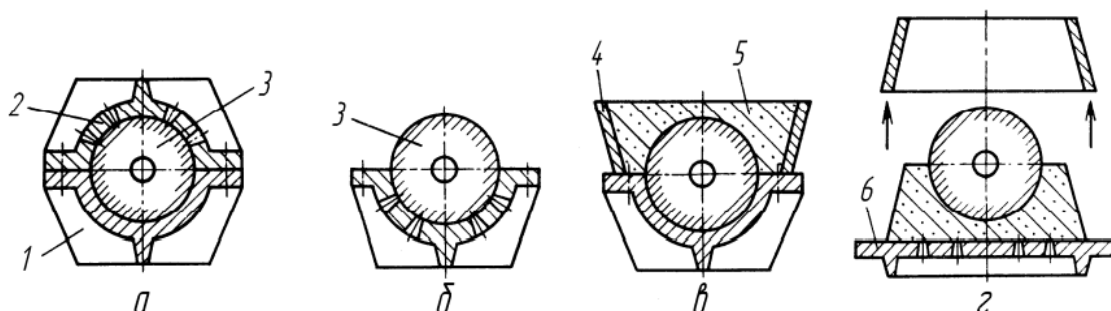


Рисунок 3.3 – Удаление стержней из разъемных стержневых ящиков

После извлечения из ящика сразу проводят первичную отделку стержня. Исправляют поврежденные и недоуплотненные места, укрепляют выступающие части стержня стальными шпильками через каждые 25-40 мм, открывают доступ к вескам и делают дополнительные вентиляционные каналы, наносят противопригарное покрытие.

Стержни сушат вне оснастки. При этом, помимо сушки, происходит плавление и затвердевание или окисление и полимеризация связующих, в результате чего повышаются рабочие свойства стержня. Параллельно с упрочнением стержней растет газопроницаемость, улучшаются их податливость и выбиваемость.

Процесс сушки включает три этапа:

- нагрев;
- выдержку при заданной температуре;
- охлаждение.

Температура сушки определяется природой связующего, а длительность – толщиной стенок стержней (таблица 3.3). Этап нагрева сопровождается медленным нагревом до заданной температуры при повышенной влажности печной атмосферы. Это обеспечивает более быстрый прогрев стержня и предотвращает чрезмерное высыхание его поверхностных слоев и образование трещин. Этап сушки проводят в атмосфере топочных газов с низкой влажностью. Этап охлаждения стержней завершает процессы, обеспечивающие повышение газопроницаемости, прочности и других свойств.

Таблица 3.3 – Режимы сушки стержней

Связующие	Температура сушки, °С	Продолжительность сушки, ч, при толщине стенки стержня, мм		
		до 100	100-200	более 200
Органические	160-240	0,75-1,50	1,50-3,00	3,00-7,00
Глина	300-350	1,00-2,00	2,00-5,00	5,00-24,00
Жидкое стекло	200-250	0,75-1,00	1,00-2,00	2,00-5,00
Синтетические смолы	300-350	0,30-0,75	0,75-1,50	-

Техпроцесс изготовления стержней заканчивается их отделкой и контролем. Дефекты на сухих стержнях заделывают замазкой, пригароопасные места натирают противопригарной пастой, при необходимости отдельные части склеивают или собирают в блоки. Размеры и геометрию стержней контролируют с помощью шаблонов.

3.1.7 Отверждение смесей жидким отвердителем сложноэфирного (СЭ) типа

Самотвердеющие жидкостекольные смеси с жидкими отвердителями сложноэфирного типа обладают высокой сыпучестью и низкой прочностью при сжатии (не более 0,003 МПа). ХТС с СЭ содержат уменьшенное количество жидкого стекла (3,5-4,0 %), легко уплотняются, имеют широкий диапазон живучести, высокую прочность, технологичность. Кроме того, они обеспечивают благоприятные санитарно-гигиенические условия труда. Основной областью применения ХТС с СЭ являются изготовление средних и крупных стержней. Недостатками является возможность трещинообразования при транспортировке, неравномерность отверждения внутренних и внешних слоев стержня, усадка смеси в оснастке, затрудненная выбиваемость при нагреве смеси свыше 700 °С, более сложная регенерация отработанной смеси и ограниченное повторное использование.

Живучесть (в диапазоне 5-30 мин) обеспечивается благодаря сочетанию в требуемой пропорции отвердителя быстрого и медленного действия, например диацетина и триацетина и др. Часто в качестве отвердителя используется жидкое стекло. Газопроницаемость ХТС с СЭ определяется в основном зерновым составом песка и составляет 150-200 ед.

3.2 Задание

Ознакомиться с технологией изготовления стержней, способами их упрочнения, овладеть навыками определения механических свойств стержней, полученных из различных смесей.

3.3 Порядок выполнения работы

3.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Сушильные шкафы с регулируемой температурой рабочего пространства, стержневые вытряхные и разъемные ящики, сушильные плиты и рамки, комплекты формовочных инструментов, пульверизатор для нанесения разделительного покрытия, лабораторный копер, приспособления для изготовления стандартных образцов, приборы для определения прочности, газопроницаемости, твердости сырых и сухих стержней, стержневые составы (не менее трех) на масляном связующем, жидком стекле и жидком стекле с АЦЭГ, разделительный состав (смесь 50 % керосина и 50 % мазута, 2-4 %-ный раствор воска в керосине или уайт-спирите или смесь воскового раствора с серебристым графитом), спецодежда.

3.3.2 Проведение испытаний

3.3.2.1 Подготовить стержневые ящики: очистить рабочую поверхность от пыли и остатков смеси; проверить исправность путем повторения несколько раз операций сборки и разборки, нанести разделительное покрытие на рабочие поверхности стержневых ящиков и собрать их.

3.3.2.2 Приготовить три состава стержневой смеси:

№ 1 – на масляном связующем;

№ 2 – на жидком стекле с глиной;

№ 3 – на жидком стекле с жидким отвердителем (АЦЭГ).

3.3.2.3 Изготовить из смесей № 1 и № 2 стержни в вытряхном ящике и уложить их на сушильную плиту;

3.3.2.4 Изготовить по шесть стандартных образцов из трех составов смесей. По трем образцам из каждого состава определить прочность, газопроницаемость и твердость во влажном состоянии (для смеси № 1, № 2);

3.3.2.5 Выбрать режим сушки для стандартных образцов и каждого типа стержней с учетом толщины стенок и природы связующего (для смеси № 1, № 2);

3.3.2.6 Установить сушильные плиты со стержнями и оставшимися стандартными образцами в сушильные шкафы и сушить их по выбранным режимам;

3.3.2.7 Измерить прочность, газопроницаемость и твердость высушенных стержней.

3.3.2.8 Оценить качество стержней, полученных из различных смесей, по поверхностной твердости, газопроницаемости и прочности.

3.3.3 Результаты наблюдений и их обработка

Прочностные свойства стержней, полученных после различных режимов сушки, определенные не менее чем на трех образцах из одной смеси, занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты испытаний

Контролируемые показатели	Номер стержневой смеси		
	1	2	3
Режим сушки: температура, °С продолжительность, ч			
Свойства стержня до сушки: прочность при сжатии, Па газопроницаемость, ед. твердость, ед.			
Свойства стержня после сушки: прочность при сжатии, Па прочность при растяжении, Па газопроницаемость, ед. твердость, ед.			
Свойства стержня после отверждения АЦЭГом, Па			

3.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы общие сведения об устройстве стержней, технологических операциях их изготовления в вытряхном и разъемном стержневых ящиках, эскиз стержня со всеми его элементами, схемы формовки и извлечения стержней из разъемных и вытряхных стержневых ящиков, результаты опытов, выводы.

3.5 Контрольные вопросы

3.5.1 Каково назначение и какие требования предъявляют к стержням?

3.5.2 Каково назначение элементов стержня?

3.5.3 Какие технологические операции включает процесс изготовления стержней?

3.5.4 В чем особенности конструкции разъемных и вытряхных стержневых ящиков?

3.5.5 Какими способами уплотняют смесь в стержневых ящиках?

3.5.6 Как получают стержни в вытряхных стержневых ящиках?

3.5.7 Каково назначение и применение фасонных сушильных плит?

3.5.8 Какие бывают режимы сушки?

3.5.9 Преимущества смесей с жидкими отвердителями в сравнении с ЖСС, CO₂-процессами.

3.5.10 Что такое живучесть смесей?

Лабораторная работа № 4. Приготовление формовочных смесей для формовки по-сырому и по-сухому

Целью работы является ознакомление с технологией приготовления формовочных смесей для художественного литья

4.1 Общие сведения

4.1.1 История развития отечественного художественного литья

Если процесс изготовления сложной отливки промышленного назначения требует большого искусства формообразования, то при художественном литье отливка представляет собой произведение искусства. Возможности художественного литья велики; его продукцией могут быть огромные сооружения (скульптуры, монументы, архитектурные ансамбли), их детали (ограды, фонарные столбы), их элементы (барельефы), бюсты, кабинетные скульптуры, художественные произведения прикладного назначения (подсвечники, подставки и др.), детские игрушки и многие другие. Ни один из способов изготовления металлических художественных произведений не может конкурировать с литьем.

Искусство чугунного художественного литья заслужило огромной славы в России. В руках талантливых русских мастеров он приобрел особое звучание, став обычным материалом, как монументальных скульптур, так и изящных предметов прикладного назначения. Именно они, убедительно доказали, что серый чугун может стать прекрасным материалом для художественных отливок; может усиливать массивность изображений, подчеркивать изящество ажурных отливок, торжественность монументальных произведений, оттенять смешные, приятные или неожиданно схваченные незаметные особенности кабинетных изделий.

Истоки чугунного художественного литья уходят в глубокую древность. Начало им было положено в литых орнаментах разного рода очажные плиты, печные дверцы, пищеварочные горшки и т.п. Именно с хозяйственных отливок и началось изготовление художественных изделий из чугуна.

Интересные художественные отливки изготавливались петрозаводскими литейщиками. Перенесенный на Урал опыт художественного литья нашел там благодатную почву. Многие чугунолитейные заводы уже в XVIII в. отливали для своих цехов, заводоуправлений и других зданий художественно оформленные строительные детали – колонны, кронштейны, детали для украшения фасадов, лестницы, перила.

Особенно большой успех в художественном чугунном литье был достигнут в середине XIX в. Оно стало самостоятельной ветвью русского декоративно-прикладного искусства.

В числе многих уральских заводов, изготавливающих чугунных художественные отливки, особенно известен Каслинский чугунолитейный завод. В стремлении каслинцев к совершенству, к приобретению творческих навыков, а также в подвижнической деятельности ряда скульпторов, высоко

оценивших богатые возможности чугуна как материала для художественных отливок, поверивших в талант простых людей, в их умение глубоко чувствовать красоту пластики.

С древних времен художественные отливки украшают города, парки, архитектурные ансамбли, жилища. А сколько их по свету – таких литых художественных произведений, помогающих человеку чувствовать красоту и преклоняться перед искусством формообразования, которым владеют литейщики (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Литейное искусство России

4.1.2 Формовка по-сырому и по-сухому для художественного литья

Техника художественного литья совершенствуется одновременно с развитием литейных технологий. Художественное литье по выплавляемым моделям производится так же, как и литье деталей промышленного назначения. Значительно сложнее изготовлять сложные единичные художественные отливки по разрушаемым (в том числе и по выплавляемым) моделям.

Формовочные смеси, применяемые для получения художественного и архитектурного литья, подразделяются так же, как и смеси для производства технических отливок на: облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочные и наполнительные формовочные смеси используются при изготовлении крупных отливок, единые – при получении мелких и средних отливок. Единые и облицовочные формовочные смеси должны иметь хорошую пластичность, прочность, газопроницаемость и другие литейные свойства. В производстве применяют как естественные, так и искусственные смеси, улучшая их свойства различными добавками.

Формовочные смеси по-сухому используют при получении крупных отливок и при кусковой формовке. Для того чтобы повысить прочность и пластичность такой смеси нужно увеличить содержания глины и воды, что значительно снижает газопроницаемость смеси (до 20-25 %). Повысить газопроницаемость и прочность форм можно удалением лишней влаги, просушивая их. Из таких смесей изготавливают формы статуй, бюстов и сложных пустотелых отливок.

Формовочные смеси по-сырому применяют для тонкостенных и ажурных отливок (барельефы, ажурные тарелки, вазы и т.д.). Такие смеси должны состоять из мелкозернистых песков с пониженным содержанием глины и низким содержанием воды, чтобы иметь хорошую пластичность, прочность и газопроницаемость.

Качество художественных отливок зависит не только от компонентов формовочной смеси, но и от способов приготовления этих смесей. Смесей могут быть приготовлены из естественных (природных) смесей с добавками искусственно введенных компонентов.

Приготовление формовочной смеси включает следующие операции:

- подбор смеси (составление процентного соотношения компонентов смеси);
- перемешивание компонентов в сухом виде;
- увлажнение и перемешивание;
- вылеживание;
- рыхление.

Последовательность введения компонентов и продолжительность перемешивания оказывает большое влияние на качество смеси. Для создания вокруг каждого зерна песка оболочки из глины рекомендуется перемешивать между собой все сухие составляющие смеси в течение 2-3 минут; возможно незначительное увлажнение смеси (во избежание появления пыли). Затем вводят жидкие добавки и перемешивают до получения равномерной по влажности формовочной смеси в течение 10-15 минут. Для перемешивания смеси применяют бегуны.

Вылеживание обеспечивает равномерное распределение влаги по всему объему формовочной смеси. Обычно смесь выдерживают в бункерах в течение 1,5-2,0 часа.

В выборе и оценке исходных литейных материалов до XIX в. господствовал голый эмпиризм и почти полностью отсутствовали теоретические обоснования, то в отношении формовочных материалов дело обстояло еще хуже. Без сомнения, мастера-специалисты, всю свою жизнь посвящавшие литейному производству, накапливали богатейший опыт, производили большое количество экспериментов по испытанию того или иного состава формовочной смеси, знали множество «секретных» составов, но все это делалось «на глазок» и имело только местное значение.

Так для отливки колоколов в качестве формовочного материала применялась глина, причем для облицовки выбирался самый тонкий сорт ее, свободный от известковых частиц, с минимальным содержанием песка. Для уменьшения усадки и предупреждения появления при сушке трещин глину

смешивали с высушенным и мелко измельченным конским навозом и коровьей шерстью. Иногда между отдельно наносимыми слоями глины прокладывали льняные волокна. Для сообщения большей вязкости формовочную смесь разводили не водой, а крепким суслom или пивом.

Готовая форма смазывалась в особо ответственных случаях свиным салом, что по мнению старинных литейщиков способствовало лучшему заполнению формы расплавленным металлом. Смазка салом практиковалась также и для изолирования рубашки колокола от болвана и кожуха; иногда для этой же цели брали сало с дегтем.

Глина, из которой делался кожух, особенно для первых 7-10 слоев, размалывалась особенно тонко для того, чтобы передать форме самые тончайшие впадины и углубления украшений наружной поверхности колокола. Наружные слои кожуха колокольной формы делались из глины с большим содержанием песка.

Вследствие того, что первоначальный способ изготовления пушечных форм (так называемая «медленная формовка») представлял собой копию изготовления колокольной формы, то вполне естественно, что и формовочный материал для формовки пушек изготовлялся аналогичным способом. *«Глину на дело фурм пушечных и протчих выбирать, которая лутче других, и заготовлять ее к делу болванов во особливой от фурмовой на то учиненной теплой избе, смешивая со оною песок, конский кал и скотинную шерсть, и сминая ее вместо довольнее, чтоб она была мяжка, в подобие пшеничного теста, и при сушке на огне фурмь не щелялась и при литье могла стоять в огне, не трескаясь».*

Вспомогательными материалами при формовке пушек являлись: сало говяжье, коровья шерсть или свиная щетина, деготь и пр. В зависимости от калибра изготавливаемого орудия требовалось то или иное количество вспомогательных материалов. Так, например, для формовки «шестилотовой пушки» потребно глины белой два фунта, шерсти коровьей четверть фунта, сала говяжьего топленого 12 золотников, пеньки 6 золотников; для фунтовой пушки глины белой 3 пуда, шерсти коровьей 2 фунта, сала говяжьего топленого 1 фунт, пеньки 24 золотника, свеч сальных – полсвечи... сусла осьмуха ведра» и т. д.

Когда перешли от «медленной формовки» (формовки по шаблону) к формовке по металлической модели в опоках, изменилась, конечно, и рецептура формовочной смеси.

Для формовки орудий употреблялась смесь глины с толченым огнеупорным кирпичом и бывшей в употреблении формовочной землей. Глина бралась по возможности чистой и свободной от органических остатков, а также известковых и железистых соединений, делающих ее совершенно не годной для употребления при отливке орудий. В случае надобности глина сдабривалась прибавлением других материалов: коровьей шерсти, конского навоза и других веществ, препятствующих глине трескаться при сушке.

Как правило, формовочную землю составляли из разных по объему частей: из глины, толченого огнеупорного кирпича и горелой земли. Составные части формовочной земли перетирались в мелкий порошок под бегунами и

просеивались через сито. Если глина была влажная, ее предварительно просушивали, а огнеупорный кирпич дробили на мелкие куски.

Старая формовочная земля тщательно перебиралась: слои, прилегавшие к отливке, покрытые формовочными чернилами и местами пропитанные металлом, отбрасывались, а остальное шло под бегуны для растирания. Приготовленная таким образом глина, песок из огнеупорного кирпича и старая (горелая) земля сохранялись каждый отдельно в особых ларях, а перед употреблением смешивались в определенной пропорции, увлажнялись и снова просеивались.

Мелкие отливки – ядра, подсвечники, небольшие шкивы – формовались в песке, который предварительно прокаливался в печи, а затем тщательно растирался под бегунами. Затем песок смешивался с золой в пропорции 3:1. В целях придания пластичности и связующей способности формовочному материалу, последний увлажнялся соляным раствором, вином, мочой или уксусом. Обработанная таким образом смесь песка и золы смешивалась со старой тонко измолотой мукой в пропорции 12:1, после чего шла в формовку.

В сухие формы отливаются все снаряды больших калибров и толстые вещи. В сырые формы отливаются многие мелкие вещи, как-то: карточная дробь, печные дверцы, вьюшки, котлы, решетки и многие другие им подобные.

Песок или земля, употребляемая для форм, бывает двух сортов: первый сорт содержит в себе значительную часть глины и после сушки делается довольно твердым, – он употребляется для сухих форм. Другой сорт песка состоит из мелкой земли и употребляется для сырых форм.

Для окраски форм, так же как и сейчас, применялись формовочные чернила самых разнообразных составов. При формовке бронзовых пушек, после того как форма была осмотрена и исправлена, внутренняя поверхность ее «смачивалась пивом, разбавленным водою для лучшего скрепления внутренней оболочки формы». Высушенные формы покрывались формовочными чернилами, приготовленными «из мелко истертого графита, разведенного кипяченым цельным молоком, после чего формы еще раз слегка нагревали».

Применялись для формовочных чернил и более простые рецепты, почти в точности совпадающие с современными; например, чернила составлялись из графита и белой глины, разбавленных водою.

В отношении выбора и оценки формовочных материалов не существовало, конечно, никаких объективных критериев, и здесь полностью царили «наследственные» секреты, практические знания и знахарство.

Формовочные смеси, применяемые в производстве художественных и архитектурных отливок, подразделяют по нескольким признакам: по виду использования – облицовочные, наполнительные, единые; в зависимости от применяемых при приготовлении смеси песков – природные, или естественные и искусственные, или синтетические; по роду применяемого для отливки металла – для чугунного литья и для цветного литья; по состоянию формы перед заливкой – для форм, заливаемых в сыром виде, и для форм, заливаемых после сушки; специальные формовочные смеси.

Облицовочной смесью называют такую смесь, которую используют для изготовления рабочего слоя формы, соприкасающегося с моделью, а,

следовательно, и с отливкой. Облицовочная смесь, воспроизводящая отпечаток поверхности модели, первая принимает на себя температурные воздействия заливаемого в форму металла и должна обладать хорошей прочностью, пластичностью, огнеупорностью и газопроницаемостью. Поэтому облицовочная смесь содержит, как правило, большой процент свежих формовочных материалов и, как наиболее дорогая, используется в форме в небольших количествах, слоем 20-30 мм (на поверхности модели).

Наполнительной смесью называют смесь, которой заполняется форма после нанесения облицовочной смеси. Она состоит в основном из оборотной смеси.

Формовочные смеси при машинной формовке архитектурного литья вследствие особенностей технологического процесса формовки используются одновременно в качестве облицовочной и наполнительной смеси и называются едиными смесями.

Естественные, или природные смеси, представляют собой глинистые пески марок П0063 и Ж005 с содержанием глины от 12 до 30 %.

Природные формовочные смеси широко применяют в производстве тонкостенных ажурных и кабинетных чугунных и цветных отливок для форм, заливаемых в сыром виде и после сушки. Эти смеси обладают хорошей пластичностью и прочностью искусственные, или синтетические смеси – наиболее распространенные в производстве художественных и архитектурных отливок. Они представляют собой смесь песка и глины или нескольких песков с большим или меньшим содержанием глины и отработанной смеси. Пески и оборотную смесь смешивают в таких пропорциях, чтобы в результате образовалась формовочная смесь, обладающая необходимыми технологическими свойствами.

Для кусковой формовки применяют смеси по-сухому, отличительной особенностью которых является повышенное содержание глины (25-30 %). Эта смесь трудно поддается перемешиванию после увлажнения, поэтому хорошо смешанные в сухом виде составляющие этой формовочной смеси засыпают слоем толщиной 4-6 см в специальный (запарный) ящик. Поверхность слоя увлажняют равномерно из пульверизатора. На увлажненный слой насыпают следующий, увлажняют его, повторяя эти операции до заполнения всего ящика. После вылеживания в течение 6-8 часов влага равномерно распределяется по всему объему смеси в ящике, т.е. смесь «пропаривается». Верхний слой смеси закрывают влажной тряпкой, чтобы исключить испарение влаги с поверхности. Перед использованием смесь разрыхляют, обычно просеиванием.

Влажность формовочной смеси по-сухому составляет 6-7 % и может быть увеличена до 20 % при длительной работе с ней, когда идет изготовление очень крупной формы.

При многократном использовании смеси в ней появляются пылевидные составляющие, ухудшающие ее свойства. Для восстановления утраченных свойств в смесь добавляют 5-35% свежих формовочных материалов.

В таблице 4.1 приведены составы формовочных смесей наиболее применяемых для чугунного литья.

Таблица 4.1 – Составы смесей, используемых для получения художественных отливок

Сплав	Отливки	Особые требования к отливкам	Состояние формы перед заливкой	Смесь, марка песка	Состав смеси, %			Предел прочности при сжатии, МПа	Газопроницаемость, ед.	Влажность, %
					глина	свежие фомовочные материалы	оборотная смесь			
Чугун	Тонкостенные, ажурные (шкатулки, вазы, тарелки)	Повышенная чистота поверхности	Сырая	Единая, П0063	12-20	10-12	Остальное	0,03-0,035	80-90	3-4
Чугун	Кабинетные (настольные бюсты, статуэтки)	Чистота и мягкость поверхности, подвергаются отжигу	Сухая	Облицовочная, Ж005	25-30	60-70	30-40	0,085-0,9	19-21	9-10
				Наполнительная, Ж0063	10	-	100	0,055-0,06	20-25	5-6
Чугун	Статуарные (статуи, памятники)	Чистота поверхности	Сухая	Облицовочная, Ж0063	30	70	30	0,080-0,9	20-25	5-6
				Наполнительная, Ж0063, 2К016	2,4	12,5	87,5	0,065-0,07	25-30	6-7
Чугун	Архитектурные (решетки, колонны, балясины, барельефы)	Чистота поверхности	Сырая	Облицовочная, Ж0063, 3К016	12-15	30, 18, 10, 2	70	0,02-0,025	30-50	4-6
				Наполнительная, П006Б, 2К0315Б бентонит	10-12	15, 2, 5, 8	85	0,02-0,03	65-70	4-5

4.2 Задание

Ознакомится с технологией приготовления формовочных смесей для художественного литья

4.3 Порядок выполнения работы

4.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности при приготовлении формовочных смесей

Лабораторные бегуны, приборы для определения прочности при сжатии образцов во влажном и сухом состояниях, сушильный шкаф, технические весы с разновесами, мензурка, коробки для смеси, совок, сухой кварцевый песок с содержанием глины не более 1 %, обогащенные пески, глина и вода.

4.3.2 Проведение испытаний при приготовлении формовочных смесей

4.3.2.1 Подготовить и отобрать 3-4 кг формовочной смеси для литья по-сырому.

4.3.2.2 Определить глинистую составляющую ускоренным методом.

4.3.2.3 Приготовить из имеющихся материалов смесь для литья по-сырому.

4.3.2.4 Определить глинистую составляющую полученной смеси ускоренным методом.

4.3.2.5 Определить газопроницаемость, влажность, прочность на сжатие смесей: по-сырому и по-сырому в сыром и сухом состояниях.

4.3.2.6 Сравнить свойства смесей в зависимости от процентного соотношения компонентов.

Таблица 4.2 – Результаты наблюдений и их обработка

Образец	Состав смеси, %			Газопроницаемость смеси, ед.	Предел прочности при сжатии, МПа	
	песок	глина	вода		в сухом состоянии	во влажном состоянии
По-сырому						
1						
2						
3						
По-сырому						
1						
2						
3						

4.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, описание технологии подготовки формовочных смесей, результаты определения свойств формовочных смесей, результаты опытов, выводы по работе.

4.5 Контрольные вопросы

4.5.1 Назовите составы формовочных смесей для литья различных сплавов по-сырому.

4.5.2 Какова технология приготовления формовочной смеси для кусковой формовки?

4.5.3 Какова технология изготовления образцов для определения их прочности на сжатие?

4.5.4 Как определяют газопроницаемость на сухих образцах?

4.5.5 Какова прочность образцов при испытании на сжатие и от чего она зависит?

Лабораторная работа № 5. Получения художественных отливок в кусковых формах

Целью работы является ознакомление с технологией получения художественных отливок в кусковых формах

5.1 Общие сведения

5.1.1 Получение художественных отливок в песчано-глинистых формах

Наиболее распространенные технологии литья художественных отливок – это литье по постоянным моделям в песчано-глинистые формы и литье по выплавляемым моделям. В зависимости от требований, предъявляемых к отливкам (толщина стенки, чистота поверхности, габаритные размеры и др.) выбирают ту или другую технологию.

Технология литья художественных отливок по постоянным моделям имеет много общего с технологией литья технических отливок в песчано-глинистые формы. Однако художественное литье имеет свои особенности и специальные приемы.

5.1.2 Отделочный инструмент

Для отделки поверхностей формы применяется различный отделочный инструмент (рисунок 5.1). Гладилки 1-3 имеют разнообразную конфигурацию, позволяющую исправлять поверхности форм. Для заглаживания поверхностей в труднодоступных местах, обрезания кромок и прорезки литниковой системы применяют ланцет 4 и полозок 5. Для извлечения из глубоких мест формы сора и для заглаживания узких и глубоких промежутков применяется крючки 6. Для заглаживания полукруглых поверхностей, углов и углублений со сферической поверхностью применяют фигурные гладилки 7, 8 и 9.

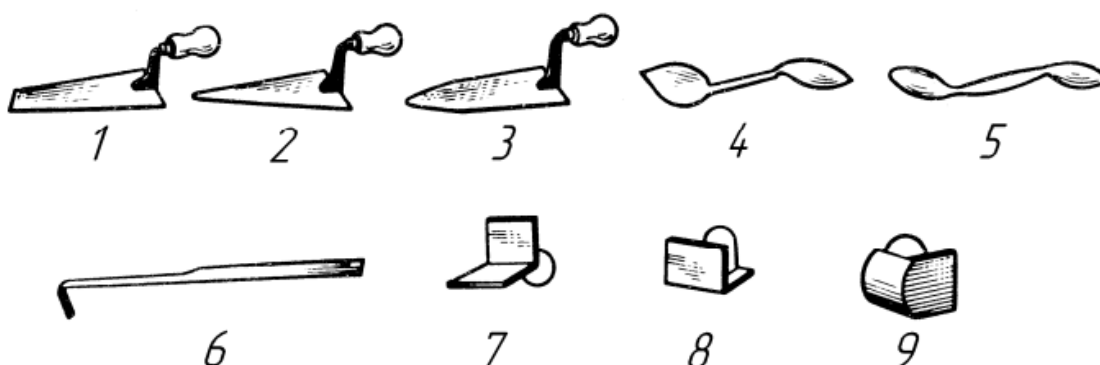


Рисунок 5.1 – Инструменты для формовки

Для опрыскивания поверхностей форм, успевших обсохнуть, служат пульверизаторы, а для крупных форм применяют плоские волосяные щетки («косматки»). При формовке считается правильным начинать набивку с нижней полуформы, а отделку поверхностей начинать всегда с верхней. Такой порядок объясняется тем, что верхняя полуформа при многократных поворотах может легко поломаться. Иногда, чтобы отделать верхнюю полуформу, достаточно поставить ее боком.

В случае поломки краев формы по плоскости разъема при выемке модели, их починку производят следующим образом: прикладывают планки к месту поломки вертикальной поверхности формы; планка должна возвышаться над плоскостью разъема на 15-20 мм. На поврежденные места накладывается формовочная смесь, которая прижимается и заглаживается гладилкой. Если смесь успела подсохнуть, места поломки слегка смачиваются водой с помощью кисточки.

При изготовлении формы для увеличения огнеупорности ее рабочих поверхностей, а также во избежание химического и предупреждения механического пригаров, производится припыливание поверхности формы графитом, древесным углем или цементом, реже тальком. Слой припыла должен быть тонким, причем его или совсем не рекомендуется заглаживать, или же заглаживать только кистью, смоченной в керосине. При заглаживании припыла гладильным инструментом образуется плотный, слабопроницаемый слой. При заливке сплошность этого слоя может быть нарушена и его отдельные пласты загрязняют отливку.

При использовании древесного угля лучшим считается уголь лиственных пород (березы, ольхи) размер зерен угольного припыла составляет 0,05-0,10 мм.

Графит считается лучшим материалом для припыла; причем, чем в графите меньше золы и больше углерода, тем более действенным является такой припыл для предохранения отливок от пригара.

Сухие формы окрашиваются формовочными красками. Влияние краски состоит в том, что она закрывает поры на поверхности формы, предохраняя от механического пригара, огнеупорные добавки в краске предупреждают химический пригар. Окраску производят кистью или пульверизатором после отделки форм. Крупные формы подвергают двойной окраске, а иногда и тройной. Первый раз форма окрашивается в сыром виде, вторично – после сушки – в горячем состоянии. Окрашивание из пульверизатора предпочтительнее, чем кистью, так как слой краски ложится ровно и довольно глубоко проникает между зернами смеси, что придает большую прочность поверхности. После окрашивания кистью рекомендуется поверхности замывать водой, применяя чистую ткань, что способствует получению гладкой поверхности.

Краски состоят из трех основных компонентов: огнеупорных материалов; связующих; растворителей.

Огнеупорным материалом в красках обычно является черный графит или маршалит. В качестве связующих добавок применяют огнеупорную

глину, сульфитный щелок, патоку, муку в количестве 5-10 % от количества графита (по объему). Лучшими добавками считаются сульфитный щелок и патока. Растворителем для красок является вода или спирт. Рекомендуется состав красок, приведенный в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав красок, вес. %

Сплавы	Компоненты красок					
	бентонит	графит	тальк	декстрин	поверхностно-активные вещества	вода
Чугун	2,4	35,4	-	2,0	0,2	60,0
	2,4	37,5	-	-	0,2	59,9
Цветные	4,0	36,0	-	-	0,2	59,8
сплавы	2,4	-	37,6	-	-	60,0

Следует иметь в виду, что слой краски должен быть по возможности тоньше, а сама краска должна содержать меньшее количество горючих веществ, чтобы меньше влиять на изменения газотворности формы.

При кусковой формовке куски формы и стержни для улучшения качества поверхности натирают пастами. Наиболее широкое применение получила графитовая паста – смесь графита с растительным маслом и водным раствором декстрина. Примерный состав графитовой пасты, вес. %: 80 серебристого графита; 10 водорастворимого декстрина (с удельным весом 1,2-1,3) и 10 масла. Рекомендуется формы и стержни протирать при температуре 30-40 °С. После натирки стержни в течение 12-15 минут подсушивают при температуре 30-40 °С.

5.1.3 Формовка с фальшивой опокой

Формовка с фальшивой опокой или с применением специальных модельных плит выполняется, когда надо получить несколько одинаковых отливок по имеющемуся готовому изделию (оригиналу). Этот оригинал не должен иметь поднутрений. Для получения одной отливки пользуются способом формовки с подрезкой. Если надо получить 2-3 отливки, то удобнее работать с фальшивой опокой.

Термин «фальшивая опока» используют потому, что эта опока не заливается металлом (не участвует непосредственно в процессе заливки). Фальшивая опока является специальной модельной плитой для каждой конкретной отливки, она изготовлена из формовочной смеси.

Изготавливают фальшивую опоку в зависимости от высоты и массивности моделей разными способами. Если модель низкая, то ее устанавливают на плоскую подмодельную плиту в удобное положение вместе с опокой. Засыпают формовочную смесь, уплотняют, срезают излишки смеси, переворачивают опоку. Подрезают смесь до линии разъема как при формовке с подрезкой, чтобы можно было извлечь модель.

Поверхность разъема тщательно заглаживают. Для увеличения прочности фальшивой опоки ее часто подсушивают.

Высокую модель удобнее вначале вдавить на половину высоты в рыхлую неуплотненную смесь в опоке. Затем подрезать и загладить поверхность разъема и по этой промежуточной опоке – модельной плите сделать собственно фальшивую опоку.

Если в качестве модели используют ажурное и хрупкое изделие, то его устанавливают на плоскую подмодельную плиту, устанавливают опоку, засыпают смесью и очень аккуратно, не прилагая усилий, уплотняют. Затем опоку вместе с подмодельной плитой переворачивают, снимают плиту, заглаживают плоскость разъема, припыливают разделительным порошком, устанавливают вторую опоку. Ее засыпают жирной смесью, так как она впоследствии будет представлять собой фальшивую опоку и уплотняют. Затем обе опоки переворачивают и снимают верхнюю. Нижнюю используют как фальшивую.

5.1.4 Формовка ажурных отливок

Из всего множества разновидностей художественных отливок большую группу составляют литые ажурные изделия, отличающиеся мелким и сложным рельефом поверхности с большим числом просветов, незначительной толщиной стенки и большой площадью поверхности. Среди таких отливок различают изделия с односторонним и двусторонним ажуром. Изделия с односторонним ажуром имеют рельеф рисунка с формовочным уклоном только на лицевой стороне. Изделия, имеющие рельефный рисунок с уклоном в обе стороны, называют изделиями с двусторонним ажуром (рисунок 5.2).

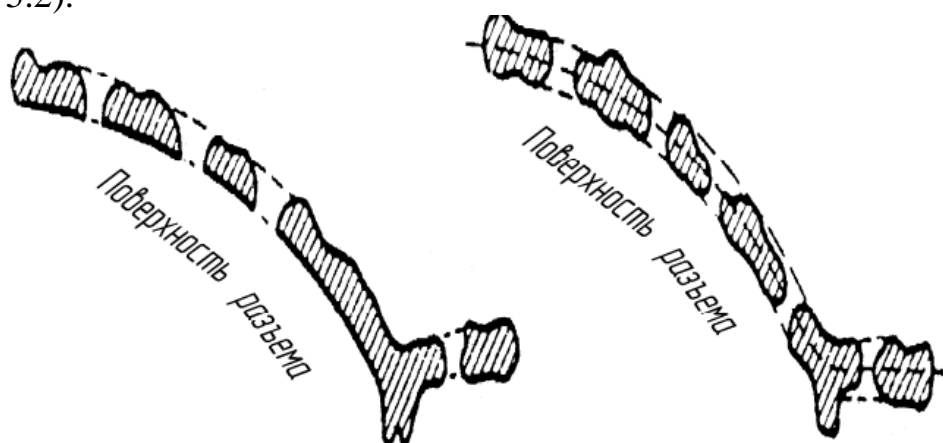


Рисунок 5.2 – Разрез стенки модели ажурной тарелки:

При формовке изделий с односторонним ажуром будут появляться болванчики в одной полуформе. При формовке изделий с двусторонним ажуром болванчики появятся в обеих полуформах, так как линия разъема проходит посередине толщины изделия. Процесс изготовления литейной

формы в обоих случаях начинают с приготовления фальшивой опоки или специальной модельной плиты.

Особенностью изготовления фальшивой опоки является так называемая операция «перебивка», заключающаяся в следующем.

Модель укладывают на подмодельную плиту с опокой, засыпают формовочной смесью, уплотняют и переворачивают, снимают плиту и извлекают модель. Заглаживают плоскость разъема, припыливают и вновь устанавливают в опоку модель в прежнем положении. Затем модель осаживают легкими ударами деревянного молотка, чтобы образующиеся в просветах модели болванчики поднялись до половины высоты модели. Поднятые болванчики заглаживают до поверхности разъема. Эта операция даст возможность уплотнить болванчики с двух сторон, что значительно их упрочняет. Далее все операции по изготовлению фальшивой опоки повторяются, как описано выше. При формовке с двойным ажуром операция «перебивка» может быть выполнена как на нижней, так и на верхней опоке.

Для придания большей прочности болванчики смачивают водой с помощью кисточки через просветы в модели. Такие приемы позволяют избежать обрыва болванчиков при извлечении модели.

Основные операции при изготовлении формы для ажурных отливок следующие (рисунок 5.3):

- изготавливают фальшивую опоку (рисунок 5.3, а);
- устанавливают фальшивую опоку с моделью, припыливают и изготавливают нижнюю опоку с перебивкой (рисунок 5.3, б);
- перевертывают форму, снимают фальшивую опоку (рисунок 5.3, в), устанавливают элементы литниковой системы и изготавливают верхнюю опоку – выполняют перебивку при двухстороннем ажуре (рисунок 5.3, г);
- извлекают модель, собирают форму (рисунок 5.3, д, е). При использовании формовочной смеси с большим содержанием глины накалывают полуформы душником для удаления газов.

Перед заливкой каждую полуформу красят из пульверизатора и подсушивают.

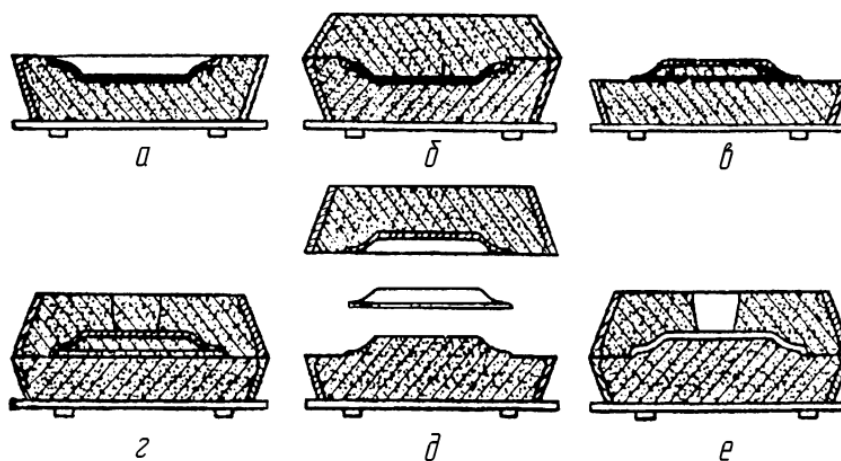


Рисунок 5.3 – Формовка по модели с односторонним ажуром

Формовка с фальшивой опокой, с подрезкой – это способы изготовления форм для моделей, конфигурация которых позволяет извлекать их из формы, не повредив стенок последней. Такие модели имеют, как правило, гладкую поверхность и достаточные формовочные уклоны.

Многие модели художественных отливок не подходят по своей конфигурации для этих способов формовки.

Примером таких моделей могут быть барельефы, на лицевой поверхности которых имеются поднутрения, препятствующие съему с модели верхней части формы. Для таких отливок применяют способ кусковой формовки.

5.1.5 Кусковая формовка

Кусковой формовкой называется способ изготовления литейной формы, состоящей обычно из двух полуформ и нескольких отдельных кусков формы, находящихся между этими полуформами. Такая составная форма называется кусковой формой. По существу, кусковая формовка подобна изготовлению кусковой гипсовой формы для получения выплавляемых моделей, но при кусковой формовке используют вместо гипса жирную формовочную смесь с 25-30% глины.

К кусковой формовке прибегают в тех случаях, когда модель имеет поднутрения и поэтому литейная форма не может быть изготовлена только из двух половин без повреждения выступающих поверхностей (поднутрений).

Для того чтобы снять форму, не повреждая ее стенок, надо убрать поднутрения, как бы сгладить поверхность модели. Такое сглаживание-выравнивание поверхности модели выполняют в процессе изготовления литейной формы путем набивки на поднутрениях модели отдельных частей формы – кусков из формовочной смеси так, чтобы каждый из них мог сниматься с модели без повреждения на нем отпечатка поверхности модели. Если куски прилегают друг к другу, их разделяют в форме слоем древесноугольного порошка или ликоподия. Наружную поверхность кусков 1, 2, 3 (рисунок 5.4, б) подрезают в виде болванов с пологими стенками, чтобы с них удобнее было снять полуформу (рисунок 5.4, в). Кроме того, на поверхности кусков для фиксации положения их в форме вырезают знаки в виде продолговатых углублений.

Процесс изготовления форм следующий. По модели с заформованными кусками, припылив поверхность разъема, модели и кусков, готовят нижнюю полуформу Б (рисунок 5.4, в). Заформованную опоку вместе с фальшивой перевертывают, фальшивую снимают, а на оставшейся нижней полуформе заформовывают верхнюю полуформу А с литниковым каналом К и выпором Л (рисунок 5.4, г). Перевернув обе полуформы вместе, нижнюю снимают так, чтобы модель с прилегающими к ее поверхности кусками осталась на верхней полуформе А (рисунок 5.4, г), расположенной в данном случае внизу.

Куски снимают с модели плоской иглой в таком направлении, чтобы не повредить на них отпечаток поверхности модели. Снятые с модели куски отделяют и по имеющемуся на них знаку укладывают на соответствующее место в снятой нижней полуформе. Чтобы куски не выпадали и не смещались, при дальнейших операциях с формой их укрепляют шпильками или приклеивают (рисунок 5.4, д). Таким образом в нижней полуформе получают полный профиль поверхности модели, составленный из отдельных кусков формы. Части формы с прикрепленными кусками сушат, так как куски набивают из недостаточно газопроницаемой, жирной формовочной смеси.

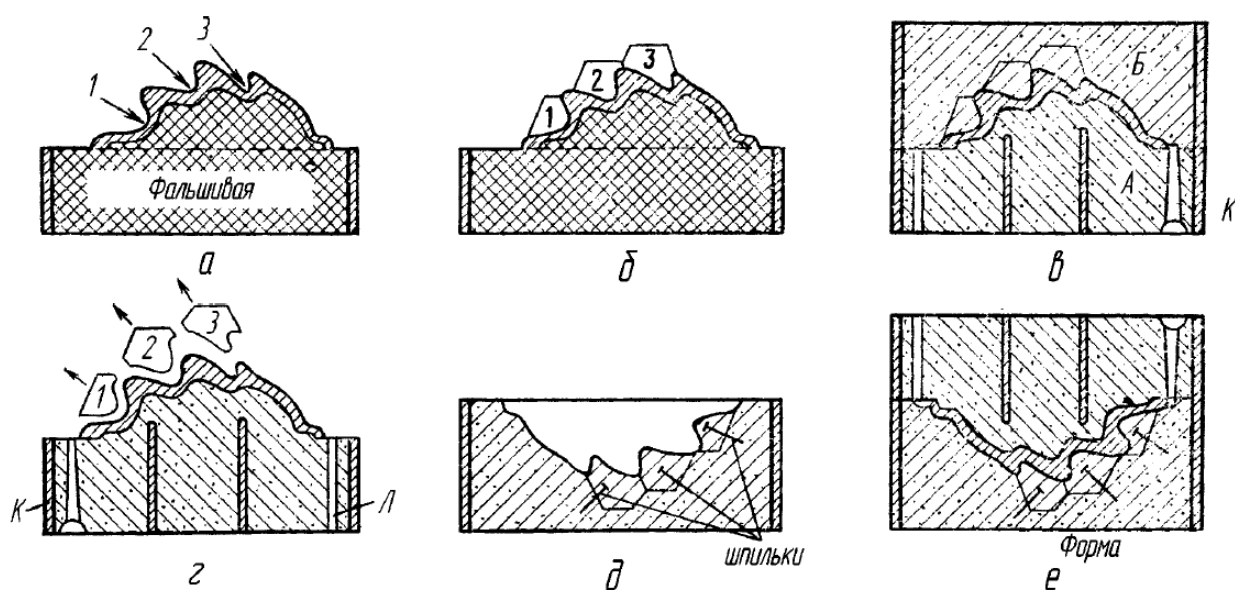


Рисунок 5.4 – Кусковая формовка барельефа

Этот пример является простейшим случаем кусковой формовки. Форма в данном случае имеет сравнительно небольшое число кусков, расположенных на одной стороне модели или в одной опоке. Формы более сложных изделий могут иметь несколько десятков кусков, расположенных на всей поверхности модели.

5.2 Задание

Ознакомится с технологией изготовления художественных отливок в кусковых формах

5.3 Порядок выполнения работы

5.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Набор моделей (барельеф, бюст, статуэтка), опоки, подмодельные плиты, модели элементов литниковой системы, комплекты формовочных

инструментов (сито, совок, трамбовка, деревянный молоток, ланцет, вилочка, гладилка, душник, сушильная печь, формовочные смеси, противопопригарная краска, лycopодий, серебристый графит.

5.3.2 Проведение испытаний

5.3.2.1 Подготовить модели отливок и элементов литниковой системы, опоки, подмодельные плиты, формовочные инструменты.

5.3.2.2 Подготовить формовочную смесь, разделительный состав и противопопригарную краску.

5.3.2.3 Разметить фломастерам на модели границы отдельных кусков и пронумеровать их в соответствии с последовательностью набивки.

5.3.2.4 Изготовить фальшивую опоку с заформованной моделью.

5.3.2.5 Нанести на модель и поверхность разъема разделительное покрытие – натереть серебристым графитом.

5.3.2.6 Набить куски в определенной последовательности, вырезая замки между ними.

5.3.2.7 Установить на фальшивую опоку вторую половину опоки (она будет нижней в собранной форме), нанести разделительный слой и заформовать.

5.3.2.8 Повернуть опоки (заформованную и фальшивую), снять фальшивую опоку, изготовить необходимое количество кусков по нанесенной на модель разметке.

5.3.2.9 Разместить модели литниковой системы и изготовить верхнюю опоку.

5.3.2.10 Снять верхнюю опоку и вилочкой снять верхние куски, отделать их и покрасить. Установить на нижнюю опоку пустую опоку и, припылив модель, слабо ее набить.

5.3.2.11 Изготовить «постель» и извлечь модель.

5.3.2.12 Обе опоки перевернуть и снять нижнюю опоку.

5.3.2.13 Снять вилочкой куски с модели и извлечь модель.

5.3.2.14 Закрепить куски в нижней опoке и покрасить полость полуформы.

5.3.2.15 Установить куски верхней полуформы.

5.3.2.16 Собрать форму (если нужно, установить стержень).

5.3.2.17 Высушить форму в сушильной печи при температуре 250-300 °С в течение 1 часа.

5.3.2.18 Нагрузить форму и залить ее расплавом.

5.3.2.19 Выдержать отливку в форме до температуры 200-300 °С.

5.3.2.20 Выбить отливку из формы и очистить поверхность отливки.

5.3.2.21 Зафиксировать результаты измерений: твердость поверхности формы, поверхности фальшивой опоки и кусков.

5.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, технология изготовления кусковой формы, эскизы моделей с нанесенными на них границами кусков, технология изготовления формы, результаты определения твердости поверхности форм, кусков оценка качества поверхности отливок с описанием дефектов и вероятных причин их образования, выводы по работе.

5.5 Контрольные вопросы

5.5.1. Почему нельзя изготавливать литейные формы бюстов и статуэток обычным способом формовки?

5.5.2 В чем состоит сущность формовки в кусках?

5.5.3 Как правильно заложить модель в фальшивую опоку при формовке в кусках?

5.5.4 Почему при кусковой формовке применяют жирные формовочные смеси?

5.5.5 Почему кусковые формы перед заливкой сушат?

5.5.6 Какие недостатки имеет способ формовки в кусках?

5.5.7 Зачем изготавливают фальшивую опоку?

5.5.8 В чем особенности формовки ажурных отливок?

Лабораторная работа № 6. Литье по выплавляемым моделям

Целью работы является ознакомление с технологией литья по выплавляемым моделям

6.1 Общие сведения о специальных видах литья

Отливки, полученные специальными видами литья (СВЛ), имеют высокую точность, хорошее качество поверхности, требуемые механические свойства и эстетичность, т.е. конкурентоспособны с другими заготовками. Коэффициент использования металла в таких отливках в среднем равен 0,9, в то время как в отливках, полученных традиционным способом, он составляет 0,65, а в поковках и штамповках еще меньше. Меньше металла уходит в стружку, сокращается парк станочного оборудования, повышается экономичность.

Специальными видами литья называются процессы получения литых заготовок, имеющие принципиальное отличие от традиционного процесса литья в одноразовые песчано-глинистые формы (песчано-смоляные формы) и отличающиеся повышенной, точностью, хорошим качеством поверхности и требуемыми механическими свойствами отливок.

Литье по выплавляемым моделям широко применяют в машиностроении, приборостроении и других отраслях. По сравнению с литьем в песчаные формы оно имеет ряд преимуществ:

- отливки характеризуются чистой поверхностью ($R_z = 40-10$ мкм по ГОСТ 2789-73) без пригара, высокой точностью (3-8-й класс по ГОСТ 26645-85) размеров и масс, иногда даже не предусматривают припуски на обработку резанием, в частности из сплавов, которые не подвергаются этой обработке;

- отливки характеризуются самой сложной конфигурацией;

- масса отливок может быть от нескольких граммов до нескольких десятков килограммов, а стенки могут быть толщиной до 0,5 мм.

Технологический процесс изготовления отливок ведут в определенной последовательности.

6.1.1 Модели

Модели отливок и литниковых систем изготавливают в металлических пресс-формах. Размеры внутренней полости пресс-формы учитывают усадку модельного состава, металла отливки и расширение оболочки при прокаливании. Для изготовления моделей применяют легкоплавкую массу, состоящую из 50 % парафина и 50 % стеарина. Расплавление массы ведут на водяной бане.

Существует два способа заполнения пресс-форм: свободная заливка жидкого модельного состава (рисунок 6.1, а) и запрессовка модельного состава в пастообразном состоянии (рисунок 6.1, б). При первом способе рабочую полость пресс-форм смазывают тонким слоем трансформаторного масла или раствором касторового масла в спирте (1:1). Затем пресс-форму собирают и заливают из ковша через воронку модельным составом при температуре 60-70 °С. Через 3-10 мин пресс-форму раскрывают и извлекают из нее затвердевшую модель. Так же изготавливают модели элементов литниковой системы. При втором способе модельный состав, охлажденный до пастообразного состояния, запрессовывают в пресс-форму с помощью шприца. Через 2-3 мин затвердевшую модель удаляют из пресс-формы.

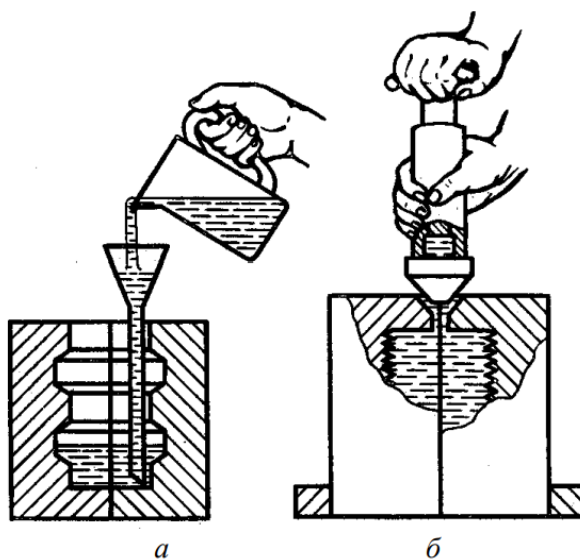
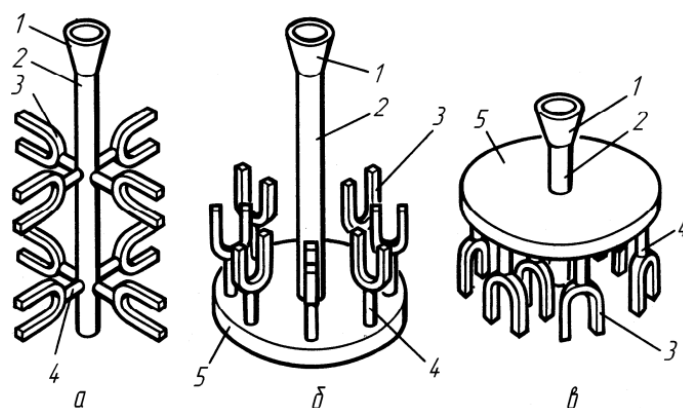


Рисунок 6.1 – Способы заполнения пресс-форм модельной массой

После снятия заусенцев модели отливок и элементов литниковой системы собирают в блоки – припаивают. Шпателем или ножом, нагретым до температуры 150 °С, подплавляют нижний торец стояка и центр коллектора, после чего их соединяют в месте пайки и выдерживают до полного затвердевания и упрочнения оплавленного слоя. Модели мелких отливок простой конфигурации собирают в блок-елку непосредственно на стояке (рисунок 6.2, а). Модели, имеющие большие размеры по высоте, собирают в блоки на дисковом коллекторе (рисунок 6.2, б). Модели массивных отливок, требующих дополнительного питания металлом в процессе затвердевания, монтируют в блоки с подводом металла сверху (рисунок 6.2, в). Коллектор в этом случае выполняет роль прибыли.



1 – литниковая воронка; 2 – стояк; 3 – модель; 4 – питатель; 5 – коллектор

Рисунок 6.2 – Модельные блоки

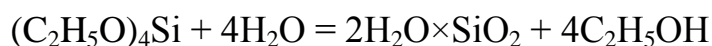
6.1.2 Керамические оболочки

Процесс изготовления керамических оболочек включает следующие операции: приготовление связующего раствора и суспензии, формирование керамического покрытия на поверхности блока моделей, выплавление моделей, формовка керамической оболочки и прокаливание форм.

Для приготовления связующего раствора используют этилсиликат (ЭТС), дистиллированную воду, ацетон или этиловый спирт, соляную кислоту. Этилсиликат относится к группе кремнийорганических соединений и представляет собой смесь эфиров кремниевых кислот.

Марка этилсилката характеризуется условным содержанием SiO_2 , которое может колебаться от 28 до 42 % по массе. Чем больше в этилсилкате высокомолекулярных эфиров, тем выше содержание SiO_2 . Наиболее часто используются ЭТС 32 и ЭТС 40. Чтобы получить связующий раствор, необходимо провести гидролиз этилсилката. Образующиеся при этом нестойкие кремниевые кислоты переходят в коллоидное состояние, выделяется золь кремниевой кислоты, а затем и твердый гель, обладающий связывающими свойствами.

Одну из реакций гидролиза эфира ортокремниевой кислоты можно представить в следующем виде:



Так как этилсиликат не смешивается с водой, гидролиз проводят раствором дистиллированной воды в ацетоне или спирте, которые хорошо смешиваются как с этилсилкатым, так и с водой. В качестве катализатора используют соляную кислоту.

Расчет количества составляющих для получения связующих растворов ЭТС проводят по номограмме, приведенной на рисунок 6.3. Исходными данными являются способ сушки и необходимая прочность оболочки, состав

ЭТС, содержание SiO_2 , этоксильных групп $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ и HCl . Значение $m = \text{H}_2\text{O}/(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})$ принимают в зависимости от способа сушки: при воздушно-аммиачной $m = 0,25-0,35$, во влажном воздухе $m = 0,6-0,7$, в сухом воздухе $m \approx 1$.

При определении количества воды для получения связующего раствора из 1 кг ЭТС на оси абсцисс номограммы находят точку, соответствующую содержанию SiO_2 в ЭТС, и от нее проводят вертикальную линию до пересечения с необходимой заштрихованной областью «Вода». Из этой точки проводят горизонталь до пересечения с левой вертикальной осью, на которой показано необходимое количество воды.

Для области «Вода I» характерна высокая прочность оболочек, высыхание которых происходит медленно, для их необратимого твердения необходимы влажные пары аммиака. Оболочки, соответствующие области «Вода II», необратимо твердеют при повышенной влажности воздуха (до 80 %), но прочность их ниже, чем оболочек области «Вода I». Оболочки области «Вода III» быстро сохнут и твердеют, однако они имеют примерно в 2 раза меньшую прочность по сравнению с оболочками области «Вода I».

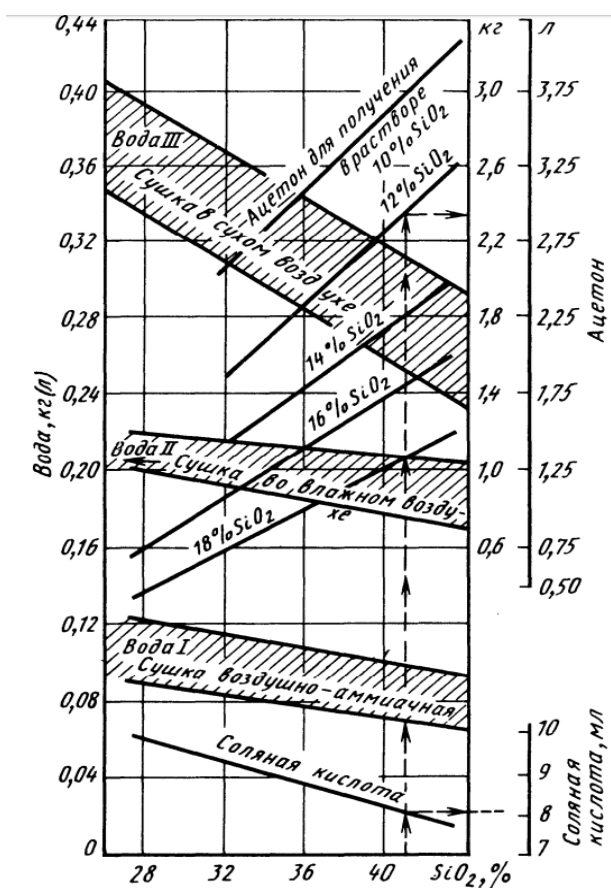


Рисунок 6.3 – Номограмма для определения количеств воды и ацетона, необходимых для гидролиза 1 кг этилсиликата

Для определения количества растворителя из точки на оси абсцисс, соответствующей содержанию SiO_2 в ЭТС, проводят вертикальную линию до

пересечения с одной из линий «Ацетон для получения в растворе». Из этой точки проводят горизонталь до правой вертикальной оси, на которой обозначено необходимое количество ацетона.

Номограммой можно пользоваться, если вместо ацетона применять другой растворитель, например этиловый спирт, гидрозит или эфиральдегидную фракцию. При введении воды для гидролиза ЭТС нужно учитывать воду, содержащуюся в растворителе.

Количество соляной кислоты плотностью $\rho = 1190 \text{ кг/м}^3$ определяют аналогичным образом по линии «Соляная кислота».

Гидролиз проводят в определенной последовательности. В стеклянную колбу вводят отмеренные количества воды, ацетона и соляной кислоты. При непрерывном перемешивании в колбу вливают этилсиликат. Реакция гидролиза идет с выделением теплоты. Температуру раствора контролируют ртутным термометром и записывают его показания через каждую минуту. Когда температура достигнет максимума и начнет снижаться, перемешивание прекращают. Для приготовления суспензии в непрерывно перемешиваемый гидролизованный раствор вводят пылевидный кварц, предварительно прокаленный при 120-140 °С и просеянный через сито 0063. После получения однородной массы перемешивание прекращают и суспензию выдерживают в течение нескольких минут до прекращения выделения пузырьков воздуха. На 1 % по массе связующего раствора берут 2,4-2,5 % по массе пылевидного кварца. Для ЭТС 40 это соотношение принимается 1:3.

Для получения керамического покрытия блок моделей погружают в суспензию. После удаления из нее блок несколько раз поворачивают в различных направлениях для стекания излишков суспензии. Далее с помощью сита блок равномерно со всех сторон обсыпают сухим кварцевым песком, сушат в вытяжном шкафу при нормальной температуре. Продолжительность сушки должна быть не менее 4 ч. Во время сушки за счет коагуляции кремниевой кислоты, испарения ацетона и частично воды происходит необратимый процесс твердения и упрочнения покрытия. Таким же образом наносят еще три слоя и получают керамическую оболочку.

Сушку можно производить также сухим воздухом и в воздушно-аммиачной атмосфере.

Перед выплавлением модели напильником стачивают участок керамической оболочки с торцевой части литниковой воронки. Затем блок помещают в металлическую корзину и погружают в воду, нагретую до 90°С. Через 12-15 мин (после полного выплавления модели) керамическую оболочку вынимают из корзины и освобождают от заполняющей ее воды.

Готовые керамические оболочки заформовывают в металлическую опоку (рисунок 6.4). Свободное пространство между керамической оболочкой 2 и стенками опоки 3 заполняют сухим кварцевым песком 1. Для предотвращения попадания песка в полость керамической оболочки во время засыпки литниковую воронку накрывают крышкой.

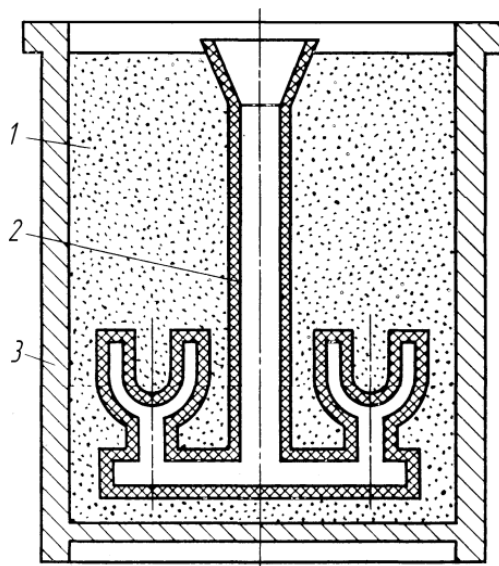


Рисунок 6.4 – Форма для литья по выплавляемым моделям

Формы прокаливают в термической печи при 850-900 °С в течение 2,0-2,5 ч. При этом выгорают остатки модельной массы, удаляется влага, повышается газопроницаемость оболочки, снижается ее прочность, что уменьшает опасность возникновения внутренних напряжений и трещин в отливках. Сталь, никелевые и медные сплавы заливают в горячие формы, алюминиевые сплавы – в холодные.

Залитые формы охлаждают в течение 30-40 мин и извлекают из них блоки. Поверхность отливок очищают от остатков керамического покрытия. Отливки отрезают от литниковой системы с помощью механической пилы или ручной ножовки.

6.2 Задание

Ознакомится с технологией литья по выплавляемым моделям.

6.3 Порядок выполнения работы

6.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Пресс-формы для изготовления моделей отливок и элементов литниковой системы, водяная баня для расплавления модельного состава, ковши, воронка для заливки модельного состава, шприц, термическая печь (до 1100 °С), сито 0063, ртутный термометр со стоградусной шкалой, опоки, профилемер, напильник, ножовка, молоток, клещи, шпатель, парафин, стеарин, трансформаторное или касторовое масло, ЭТС 32 или ЭТС 40, дистиллированная вода, ацетон или этиловый спирт, техническая соляная кислота, пылевидный кварц, кварцевый песок, жидкий металл, ковши, спецодежда.

6.3.2 Порядок проведения работы

6.3.2.1 Приготовить модельный состав.

6.3.2.2 Изготовить модели отливок и элементов литниковых систем в пресс-формах.

6.3.2.3 Собрать модельные блоки.

6.3.2.4 Приготовить связующий раствор и суспензию.

6.3.2.5 Нанести керамическое покрытие на поверхность модельных блоков.

6.3.2.6 Выплавить модели из керамической оболочки.

6.3.2.7 Заформовать керамическую оболочку в опоку.

6.3.2.8 Прокалить литейную форму.

6.3.2.9 Залить форму сталью, чугуном или другим сплавом.

6.3.2.10 После охлаждения, выбивки и очистки блоков отрезать отливки от литниковой системы.

6.3.2.11 Оценить качество и шероховатость поверхности отливок.

6.3.2.12 Провести статистическую обработку результатов измерения шероховатости.

6.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, описание технологии изготовления отливок по выплавляемым моделям, эскизы пресс-форм, модельного блока и литейной формы, результаты определения шероховатости поверхности отливок и описание качества поверхности.

6.5 Контрольные вопросы

6.5.1 В чем заключается сущность способа литья по выплавляемым моделям?

6.5.2 Каковы преимущества, недостатки и область применения способа литья по выплавляемым моделям?

6.5.3 Какие исходные материалы применяют для изготовления моделей и оболочковых форм?

6.5.4 Как изготавливают модели и формы?

6.5.5 Каковы технологии изготовления гидролизованного раствора этилсиликата и огнеупорной суспензии?

6.5.6 В каких режимах сушат оболочки?

6.5.7 С какой целью проводится термическая обработка оболочковых форм?

6.5.8 Как заливают формы?

6.5.9 Каковы финишные операции обработки отливок?

Лабораторная работа №7. Исследование жидкотекучести сплавов

Целью работы является закрепление и развитие знаний о жидкотекучести как о литейном свойстве сплавов, приобретение практических навыков определения жидкотекучести по технологическим пробам.

7.1 Общие сведения

При заливке расплава металл, протекая через литниковую систему в полость холодной формы, охлаждается, теряет теплоту перегрева, и начав кристаллизоваться, его поток может остановиться. Литейные свойства металла должны быть подобраны так, чтобы в момент окончания заливки он должен быть жидким.

Различные сплавы обладают разной способностью течь и заполнять литейную форму. Рассчитать и смоделировать процесс заполнения формы, назначить режим заливки затруднительно, так как это является тяжелоразрешимой многофакторной задачей. Кроме того, практически невозможно соблюсти все условия при моделировании, которые полностью соответствовали бы реальным.

Жидкотекучесть – способность сплава в жидком состоянии заполнять литейную форму и воспроизводить контуры полостей формы и стержней. Она определяется по специальным технологическим пробам.

При низкой жидкотекучести в крупных тонкостенных отливках течение металла может прекратиться раньше, чем будет заполнена форма (дефект «недолив»). Также при низкой жидкотекучести в полости формы могут образоваться встречные потоки, приводящие к их несоединению и нарушению сплошности отливки (дефект «неслитина»). Если размеры этого дефекта невелики, то он может быть вырублен до чистого металла и заварен.

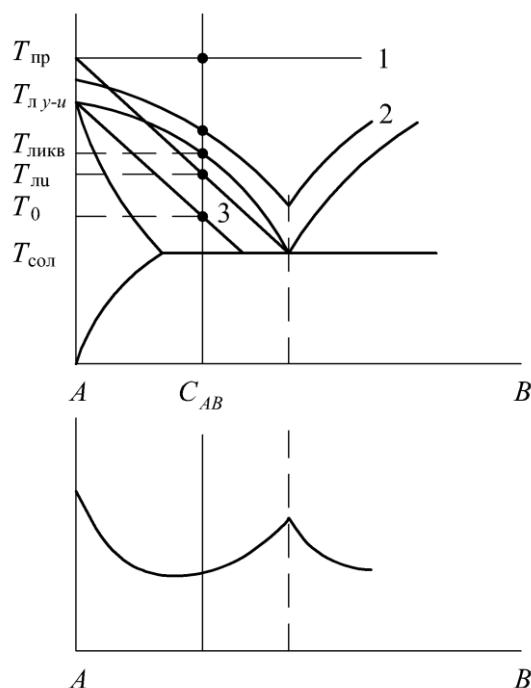
Различают следующие виды жидкотекучести (рисунок 7.1): практическая, условно-истинная, истинная и нулевая.

Практическую жидкотекучесть определяют в условиях постоянной температуры заливки сплава $T_{\text{зал}}$ и, следовательно, неодинакового перегрева для всех сплавов данной группы. Ее удобно оценивать в зависимости от химического состава сплава, когда температура в печи поддерживается постоянной.

Истинная жидкотекучесть определяется в условиях одинакового перегрева над температурой линии нулевой жидкотекучести. Нулевая жидкотекучесть наступает при температуре, лежащей между ликвидусом и солидусом, при определенном количестве твердой фазы, когда сплав теряет свою подвижность. Однако практически трудно найти положение линии истинной жидкотекучести. Поэтому в условиях одинакового перегрева

сплавов над линией ликвидуса определяют условно-истинную жидкотекучесть при одинаковом перегреве их выше температуры ликвидуса.

Для различных диаграмм состояния двойных сплавов можно нанести линии жидкотекучести и определить зависимость ее от вида диаграммы.



1 – практическая; 2 – условно-истинная; 3 – истинная

Рисунок 7.1 – Жидкотекучесть сплавов:

На рисунке 7.1 показана связь жидкотекучести с диаграммой состояния эвтектического типа. Наибольшей жидкотекучестью обладают эвтектические сплавы, чистые металлы и интерметаллиды, кристаллизующиеся при постоянных температурах. По мере увеличения интервала кристаллизации жидкотекучесть уменьшается. Однако минимальная жидкотекучесть наблюдается в точке пересечения линии нулевой жидкотекучести с линией эвтектической платформы, а не при концентрации предельной растворимости добавки в основе сплава, где интервал кристаллизации достигает максимального значения. Разница между жидкотекучестью в этих двух точках обычно невелика.

На жидкотекучесть решающее влияние оказывает область, заключенная между линиями ликвидуса и нулевой жидкотекучестью. Максимальный интервал температур в пределах этой области соответствует условиям образования центров кристаллизации в виде зародышей в потоке сплава, которые за кратчайшее время образуют достаточно прочную пробку для остановки расплава. И наоборот, в сплавах, в которых кристаллы образуются только при определенной температуре или в узком интервале, накопление зародышей будет происходить медленно.

Жидкотекучесть зависит от трех основных групп факторов:

- факторы, связанные со свойствами сплава (вязкость, теплота и интервал кристаллизации, поверхностное натяжение, теплопроводность, теплоемкость и др.);
- факторы, связанные со свойствами заполняемой формы (теплопроводность, газопроницаемость, шероховатость стенок формы и т.д.);
- факторы, зависящие от условий заполнения формы (избыточное внешнее давление, вид литниковой системы, статический напор, перегрев расплава, температура литейной формы и т.д.).

При изменении условий плавки металла, состава шихты, вида модификаторов, изменении состава сплавов важно оценить изменение жидкотекучести металла и (при необходимости) скорректировать технологию изготовления отливки (температуру, вид литниковой системы, размеры питателей и т.д.).

Для количественного определения жидкотекучести используются специальные пробы, которые учитывают реальные технологические условия литья и формирования отливок. Все пробы можно разделить на три группы:

- постоянного сечения (прутковую, спиральную, лабиринтную, U-образную и др.);
- переменного сечения (шариковую, клиновую);
- комбинированные.

Мерой жидкотекучести является степень заполнения полости формы сплавом. При этом основные параметры должны поддерживаться постоянными (температура, перегрев над ликвидусом, материал формы, ее размеры и конфигурации заливаемой полости).

Исследования на жидкотекучесть с применением всех проб проводятся применительно к конкретным условиям литейного процесса. Поэтому формы для получения проб могут быть песчаные, металлические, из керамических смесей. Результаты отдельных проб могут являться как относительными, так и могут взаимно не сопоставляться; каждая из них подчеркивает значение различного рабочего свойства расплава (вязкости, поверхностного натяжения, характера кристаллизации).

7.1.1 Пробы постоянного сечения

Для определения жидкотекучести с помощью проб постоянного сечения длина и площадь сечения полости формы устанавливается так, чтобы металл к моменту остановки не заполнил всю полость до конца. Мерой жидкотекучести в этих пробах является длина полученного прутка в выбранных условиях заливки и охлаждения. Наиболее широко распространены спиральная (рисунок 7.2), комплексная (рисунок 7.3) и прутковая пробы (рисунок 7.4).

Спиральная проба (рисунок 7.2) состоит из чаши 1, фильтра 2, стояка 3, металлоприемника 4 и спирального канала 5 трапецеидального сечения с небольшими выступами 6. О величине жидкотекучести судят по пути, пройденному металлом до затвердевания, т.е. длине прутка. Небольшие

выступы 6, нанесенные через 50 мм, облегчают измерение спирали. В соответствии с ГОСТ жидкотекучесть по спиральной пробе определяют заливаемым в песчано-глинистые сырые и сухие формы, а также в металлические формы сплавом. Спиральный канал позволяет получить длинные прутки в сравнительно небольших по габаритам формах.

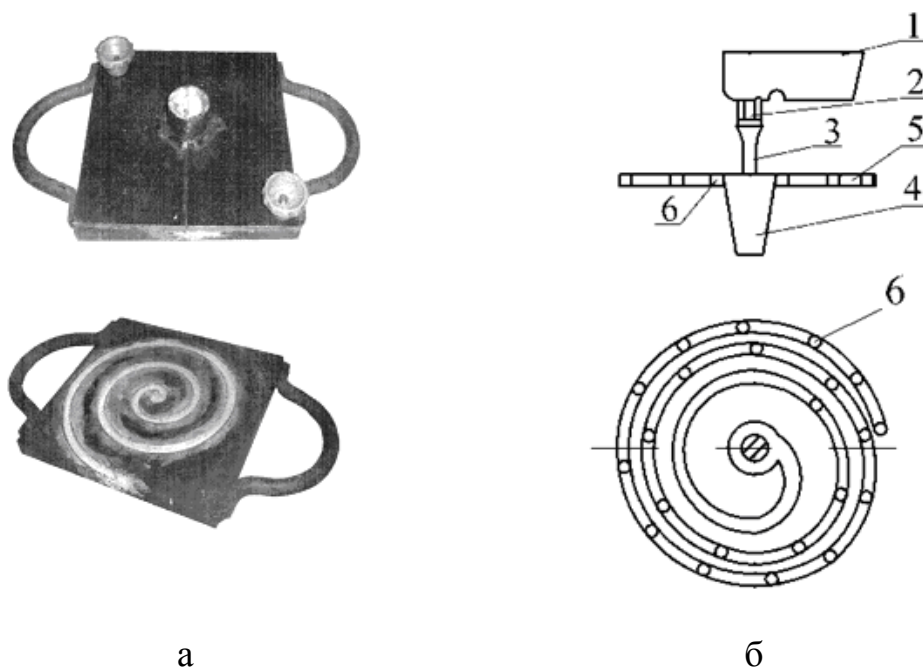


Рисунок 7.2 – Внешний вид (а) и схема (б) спиральной пробы

U-образная проба (рисунок 7.3, проба Ю.А. Нехензи, А.М. Самарина, С.К. Кантеника) имеет вертикальное расположение канала постоянного сечения. Высота подъема металла в канале пробы является количественной характеристикой жидкотекучести. Эта проба позволяет одновременно оценивать усадку сплава и склонность к образованию трещин.

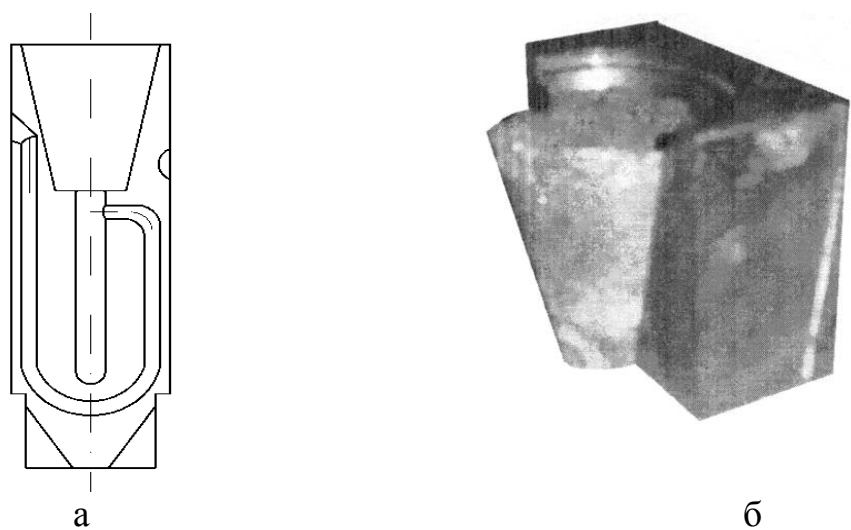


Рисунок 7.3 – Схема U-образной пробы (а) и общий вид огнеупорной воронки в полуформе (б)

Прутковая проба (рисунок 7.4) имеет цилиндрический канал диаметром 5 мм, изготовленный в песчано-глинистой форме. Металл поступает в канал из буферного резервуара, заполняемого из литниковой воронки. Заполнение воронки и вхождение металла в канал значительно зависят от условий заливки. Проба должна устанавливаться точно по уровню.

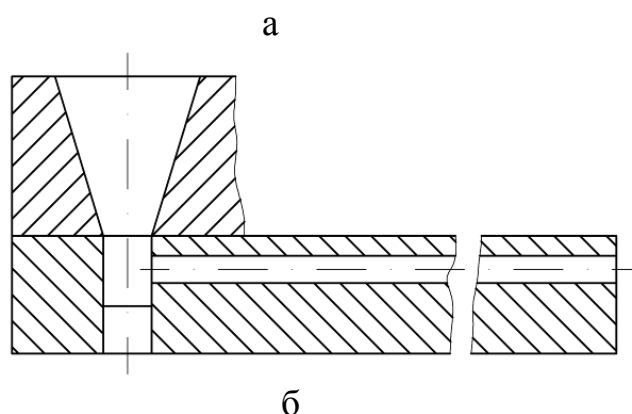
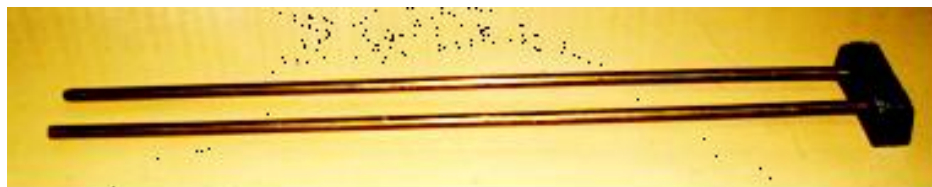


Рисунок 7.4 – Внешний вид (а) и схема (б) прутковой пробы

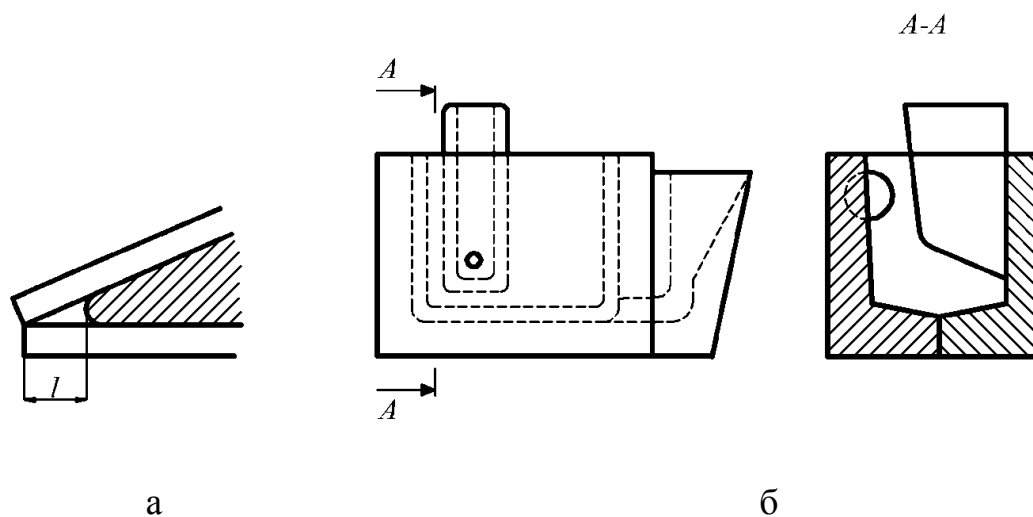
7.1.2 Пробы переменного сечения

На показания проб переменного сечения, влияет подвижность расплава, поверхностное натяжение и смачиваемость сплавом стенок формы.

В случае смачивания формы литейным сплавом (при прочих равных условиях) отверстие имеет минимальные размеры, и наоборот, несмачивающие сплавы образуют отверстие больших размеров. Наибольшее распространение получили клиновья и шариковая пробы (рисунок 7.5).

В клинковой пробе (рисунок 7.5, а) полость формы переменного сечения в виде клина заполняется жидким металлом, который проникает в зависимости от жидкотекучести сплава на определенное расстояние. Показателем жидкотекучести является зазор, образующийся между вершиной конуса формы и вершиной затвердевшего металла: чем меньше это расстояние, тем жидкотекучесть больше.

Металлическая шариковая проба (рисунок 7.5, б проба А.Г. Спасского) имеет вертикальный разъем вставки 3, соприкасающейся с шариком 2 диаметром 20 мм, вмонтированным в одну из половинок металлической формы.



а – клиновая проба; б – шариковая проба

Рисунок 7.5 – Пробы переменного сечения

Металл подводится в нижнюю часть формы через воронку 1 и литниковый канал 4. Он подтекает в пространство между планкой и шариком 2, но не заполняет всего пространства, оставляя отверстие. Жидкотекучесть характеризуется площадью отверстия или его диаметром: чем меньше эти величины, тем больше жидкотекучесть, тем более тонкостенную отливку может заполнить расплав.

7.2 Задание

Определить жидкотекучесть литейных сплавов различными способами.

7.3 Порядок выполнения работы

7.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Для проведения лабораторной работы необходимо использовать следующее оборудование: индукционная печь, переносная хромель-алюмелевая термопара (ХА), подключенную к потенциометру, сушильный шкаф, формовочную смесь (90 % – оборотной смеси; 6,5 % – кварцевого песка, 3,5 % – бентонитовой глины, воду), модель спиральной пробы, модель шариковой пробы, модель U-образной пробы, инструмент формовочный, воронки огнеупорные, огнеупорная краска (мел – 50-60 %, вода – 35-45 %, жидкое стекло – 5-10 %), разливающая ложка, алюминиевый сплав, клещи, рукавицы, халаты, пробы для определения жидкотекучести.

7.3.2 Порядок проведения работы

7.3.2.1 Нагреть в сушильном шкафу окрашенные огнеупорной краской металлические формы (спиральную и U-образную) до температуры 250-270

°С и/или изготовить форму для оценки жидкотекучести по прутковой пробе из песчано-глинистой смеси следующего состава: 90 % – оборотной смеси, 6,5 % – кварцевого песка, 3,5 % – бентонитовой глины, воды.

7.3.2.2 Приготовить в плавильной печи расплав заданного состава.

7.3.2.3 Залить расплав в формы.

7.3.2.4 Охладить отливки, извлечь их из форм и измерить величину жидкотекучести сплава с точностью до $0,1 \cdot 10^{-3}$ м.

7.3.2.5 Построить графики зависимостей жидкотекучести от вида сплава.

7.3.2.6 Сделать вывод о величине жидкотекучести сплава.

7.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, краткое изложение теоретических основ, описание методики и выполнения работы со схемами проб для оценки жидкотекучести, оценка жидкотекучести расплава, используя различные пробы, краткие выводы по результатам работы.

7.5 Контрольные вопросы

7.5.1 Что такое жидкотекучесть?

7.5.2 Перечислите основные методики определения жидкотекучести.

7.5.3 Как определяют практическую, истинную, условно-истинную жидкотекучести?

7.5.4 Перечислите основные факторы, влияющие на жидкотекучесть?

7.5.5 Какова связь величины жидкотекучести с положением сплава на диаграмме состояния?

7.5.6 Какие сплавы обладают наибольшей жидкотекучестью?

7.5.7 Дайте краткое описание проб для определения жидкотекучести.

7.5.8 Что является мерой жидкотекучести в пробах постоянного сечения?

Лабораторная работа №8. Исследование усадки сплавов

Целью работы является закрепление знаний о литейных свойствах сплавов; освоение методики экспериментального определения процесса усадки, исследование состава сплава и литейной формы на величину линейной и литейной усадки и образование усадочных дефектов.

8.1 Общие сведения

При охлаждении тела уменьшают свои линейные размеры и объем. Так как температурное поле формирующейся отливки неоднородно, то объемные изменения в разных участках отливки также развиваются в по-разному, что вызывает напряженное состояние отливки и появление в ней различных дефектов в виде пор и усадочных раковин.

При формировании отливок происходят фазовые превращения, сопровождающиеся объемными изменениями. Большинство металлов и сплавов затвердевают с уменьшением объема. Это также может быть связано с тем, что при охлаждении затвердевших отливок с некоторыми сплавами, происходят полиморфные превращения с изменением удельного объема фаз.

8.1.1 Виды усадочных процессов

Усадка литейных сплавов – это свойство сплавов уменьшать объем металла, залитого в форму, при затвердевании и охлаждении. Усадочные процессы в отливках протекают с момента заливки металла в форму вплоть до полного охлаждения отливки.

Иногда при кристаллизации литейных сплавов происходит выделение новых фаз с увеличенным удельным объемом, что уменьшает усадку на отдельных этапах формирования отливки.

Численные характеристики изменений размеров тел при охлаждении называют коэффициентами усадки, которые могут выражаться в единицах объема или длины, в долях единицы или в процентах.

Усадка жидкого и кристаллизующегося сплава обуславливает образование в отливках незаполненных металлом пустот (усадочных раковин и пор). Уменьшение объема жидкого и кристаллизующегося сплава принято характеризовать коэффициентом объемной усадки ε_v .

Усадка твердого сплава является причиной развития внутренних напряжений в отливки и образования в ней трещин. Усадку такого сплава принято характеризовать коэффициентом линейной усадки ε_l .

Различают коэффициенты усадки: в жидком состоянии, при затвердевании и в твердом состоянии.

8.1.1.1 Усадка в жидком состоянии

Сразу после заливки расплава в форму начинается отвод тепла перегрева от металла в форму. Одновременно происходит усадка расплава,

которая заканчивается при его затвердевании. Она проявляется снижением уровня металла, залитого в форму. Величина усадки пропорциональна степени перегрева:

$$\varepsilon_{Vж} = \alpha_{Vж} (t_3 - t_{сол}),$$

где $\varepsilon_{Vж}$ – объемная усадка в жидком состоянии, %;

$\alpha_{Vж}$ – коэффициент объемной усадки в жидком состоянии, K^{-1} ;

t_3 – температура заливки, $^{\circ}C$;

$t_{сол}$ – температура солидуса, до которой еще существует жидкая фаза, $^{\circ}C$.

Объемная усадка расплава происходит как выше температуры ликвидуса, так и в интервале затвердевания. В последнем случае ее внешнее проявление заметно в меньшей степени, так как в интервале затвердевания (при понижении температуры к солидусу) качество жидкой фазы непрерывно уменьшается за счет образования твердой фазы. На рисунке 8.1 показаны все виды объемных изменений металла. Здесь проявляется изменение объема, обусловленное кристаллизацией расплава, а также усадкой образовавшихся кристаллов при понижении температуры (иногда происходит и отрицательная усадка – расширение) и усадкой оставшейся жидкой фазы. Объемная усадка в жидком состоянии растет с увеличением перегрева. Поэтому эту усадку можно оценить в интервале понижения температуры на определенное количество градусов (например, $100^{\circ}C$).

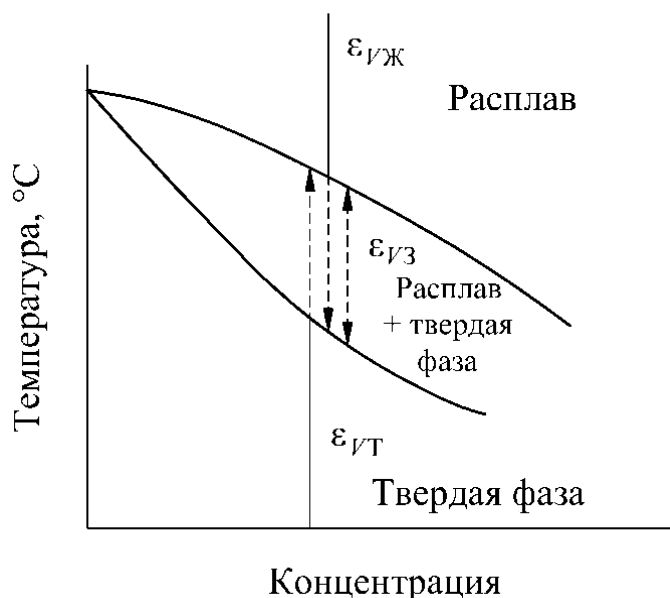
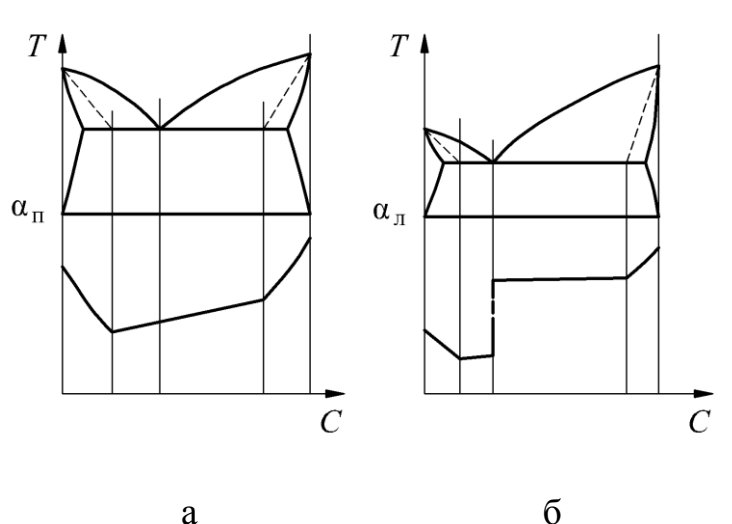


Рисунок 8.1 – Виды объемных изменений при охлаждении и затвердевании расплава

8.1.1.2 Усадка при затвердевании

В интервале затвердевания (между температурами ликвидуса и солидуса) жидкая фаза превращается в твердую. В соответствии с теоретическими представлениями о внутреннем строении расплава можно ожидать, что образовавшаяся после затвердевания расплава кристаллическая фаза при той же температуре будет иметь меньший объем.

В сложных литейных сплавах влияние состава сплава на усадку и твердом состоянии вблизи температуры кристаллизации связано с его положением на диаграмме состояния (рисунок 8.2).



а – при небольшой разнице коэффициентов усадки компонентов;
б – при значительной разнице коэффициентов усадки компонентов
Рисунок 8.2 – Связь коэффициентов литейной усадки α_n с диаграммами состояния сплавов

Добавки различных элементов, как правило, снижают усадку чистых металлов в твердом состоянии. Это понижение возрастает при увеличении содержания добавки до концентрации C , соответствующей точке пересечения линии температур на границе выливаемости и эвтектической платформы.

В пределах эвтектических сплавов усадка изменяется либо по линейному закону (рисунок 8.2 а), либо в средней части диаграммы происходит ее скачкообразное изменение (рисунок 8.2, б). В каждой из двух частей «разорванной» линии усадка определяется свойствами фазы, входящей в эвтектику в преобладающем объеме. Эта зависимость проявляется на сплавах, компоненты которых имеют значительную разницу в коэффициентах усадки.

Усадка в процессе затвердевания происходит в узком интервале температур кристаллизации. Разные металлы во время кристаллизации имеют различную усадку (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Усадка литейных сплавов при переходе из жидкого в твердое состояние в интервале температур затвердевания

Сплав	Усадка при изменении агрегатного состояния, % от объема	Сплав	Усадка при изменении агрегатного состояния, % от объема
Углеродистая сталь (0,5 % С)	2,5–3,0	Магний	4,2
Углеродистая сталь (1,0 % С)	4,0	Цинк	6,5
Белый чугун 4,0–	4,5	Медь	4,9
Серый чугун	Расширение 2,5	Латунь (Cu Zn 30)	4,5
Алюминий	6,6	Силумин (Al Si 12)	3,8

8.1.1.3 Усадка в твердом состоянии

Изменение объема расплав при изменении температуры описывается следующим уравнением:

$$V_1 = V_0 [1 - \alpha_{VT} (t_1 - t_0)],$$

где V_1 – объем отливки при температуре t_1 , м³;

V_0 – объем отливки при температуре t_0 , м³;

α_{VT} – коэффициент объемной усадки в твердом состоянии, К⁻¹.

Объемную усадку отливки в твердом состоянии α_{VT} можно выразить формулой

$$\varepsilon_{VT} = \alpha_{VT} (t_1 - t_0) \frac{V_1 - V_0}{V_0} \cdot 100\%$$

Объемная усадка ε_V приблизительно равна троекратной линейной усадке ε_l . Это следует из рассмотрения усадки куба объемом V_0 с гранями длиной l_0 до объема V_1 :

$$V_1 = l_1^3$$

$$l_1^3 = l_0^3 (1 - \varepsilon_l)^3 = l_0^3 (1 - 3\varepsilon_l) = V_0 (1 - \varepsilon_V)$$

$$\varepsilon_V = \varepsilon_l.$$

Величина тепловой усадки является физической константой данного материала, если считать его гомогенным (без учета влияния выделившихся газов и т.п.).

Коэффициент объемной усадки в твердом состоянии α_{VT} в целом ниже, чем коэффициент усадки в жидком состоянии $\alpha_{Vж}$ ($\alpha_{VT} < \alpha_{Vж}$). Его абсолютная величина постепенно уменьшается при снижении температуры.

У ряда сплавов в определенных условиях усадке предшествует предусадочное расширение, связанное с увеличением объема при затвердевании (кристаллизация серого чугуна), расширением первоначально образовавшейся переохлажденной оболочки отливки, интенсивным выделением газов и др. Величина расширения обычно не превосходит 0,05-0,3 %, но может оказать влияние на общую величину линейной усадки.

С помощью приборов, фиксирующих изменение длины охлаждающегося образца, можно получить кривую протекания линейной усадки во времени. На кривой линейной усадки (рисунок 8.3) находят отражение также фазовые превращения в твердом металле, идущие с изменением объема.

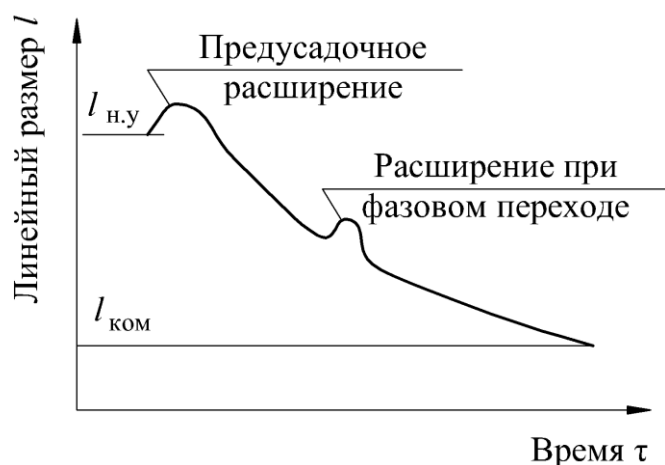


Рисунок 8.3 – Типовая кривая линейной усадки

Предусадочное расширение сплавов вызывает появление в отливках горячих трещин, ликвации, пористости, что ведет к снижению механических свойств, герметичности и плотности изделий. Знание природы этого явления может дать возможность управлять техпроцессами, с целью эффективной борьбы с данными пороками.

Накопленный практический опыт позволяет оценить действие различных факторов на развитие предусадочного расширения. Большинство исследований содержат ряд противоречивых и труднообъяснимых положений. Предусадочное расширение по данным разных исследователей происходит при различных температурах внутри интервала ликвидус-солидус: либо ближе к температуре ликвидус, либо при температуре, близкой к температуре границы солидус.

Отсутствует объяснение влияния незначительного количества легирующих элементов на изменение предусадочного расширения сплавов. Например, 1 % Те к сплаву МЛ12 увеличивает предусадочное расширение вдвое, а по 1 % Cu, Nd, Pb снижает предусадочное расширение до нуля.

По данным некоторых ученых причиной предусадочного расширения считают газовыделение; тогда как другие исследователи считают, что предусадочное расширение наблюдается только при отсутствии газов.

Отмеченные выше противоречия получают логическое объяснения, связанные с тем, что предусадочное расширение рассматривают с учетом особенностей формирования структуры сплавов, формы и размеров образующихся и растущих кристаллитов и др.

Все данные экспериментов свидетельствуют о том, что предусадочное расширение проявляется при одновременном присутствии в расплаве жидкой фазы и твердых кристаллов. При этом предусадочному расширению обычно предшествует некоторая усадка.

Усадка сопровождается перемещением кристаллитов. Отсюда естественно, что предусадочное расширение необходимо связывать с особенностями поведения расплава, содержащего твердые кристаллиты, разделенные жидкой фазой; во время движения дисперсных, зернистых сред они увеличиваются в объеме – «разбухают». Это явление объясняется тем, что во время движения нарушается плотная упаковка зерен. При наличии градиента скорости в результате трения о стенки формы соседние зерна перемещаются с различной скоростью, в результате чего происходит перемещение зерен относительно друг друга. Грани равноосных полиэдрических зерен расположены под разными углами. Поэтому движение зерен может не совпадает с направлением действующей силы при усадке, зерна перемещаются по граням в различных направлениях, также возможны и повороты зерен. В результате образуются межзеренные полости, приводящие к увеличению объема – разбуханию всех движущейся массы расплава. Это увеличение объема и представляет собой предусадочное расширение сплава. Величина разбухания движущейся зернистой массы в среднем совпадает с величиной предусадочного расширения – в линейном выражении до ~ 1,5 %.

Причиной отсутствия предусадочного расширения при затвердевании чистых металлов, а также при формировании столбчатой структуры при кристаллизации, является более направленный характер, где твердые кристаллиты достаточно жестко связаны и не способны перемещаться для компенсации усадки. Усадка компенсируется за счет движения жидкой фазы между кристаллитами и их ветвями.

При больших скоростях охлаждения в отливках возникают значительные температурные градиенты, приводящие к сугубо направленному затвердеванию с узкой двухфазной зоной. Предусадочное расширение здесь либо совсем отсутствует, либо бесконечно мало.

Малые скорости затвердевания сопровождаются медленными скоростями усадки. Такую же величину имеют градиенты скоростей. Следовательно, сдвиг зерен относительно друг друга маловероятен, поэтому маловероятно и предусадочное расширение. С увеличением газосодержания расплава предусадочное расширение возрастает из-за благоприятного выделения газа в молекулярной форме; в результате межкристаллитные полости увеличиваются в объеме под давлением выделившегося газа.

В литейном производстве различают объемную и линейную усадку. Под объемной усадкой подразумевают разницу между объемом жидкого

сплава, заполнившего полость формы, и объемом отливки после ее полного охлаждения. Линейной усадкой называют разницу линейных размеров полости формы и охлажденной отливки. Для удобства усадку обычно выражают в процентах по отношению к первоначальному объему жидкого сплава (объемная усадка) или к первоначальным размерам полости формы (линейная усадка). Можно считать, что для ряда сплавов объемная усадка в три раза больше линейной.

Если при усадке сплава нет препятствий (трение отливки о ее стенки, наличие стержней, выступающих частей, стояка, прибылей, выпоров и т.д.) к уменьшению его объема и размеров, то такую усадку называют свободной. Кроме механического торможения усадки, отливки испытывают также термическое торможение, связанное с различием скоростей охлаждения отдельных частей. Поэтому действительное изменение линейных размеров характеризуется не коэффициентом линейной (свободной) усадки сплава, а литейной (затрудненной) усадкой, значения которой могут быть неодинаковы в различных направлениях даже для одной и той же отливки.

Соответственно, линейная (свободная) усадка ($\varepsilon_{лин}$) развивается свободно, без каких-либо затруднений, а литейная (затрудненная) усадка ($\varepsilon_{лит}$) протекает с определенным торможением. Литейная усадка всегда меньше, чем линейная. При высоких температурах сплавы не подчиняются закону Гука и в отливках под воздействием сил, препятствующих усадке, могут развиваться значительные пластические деформации. Следовательно, линейная усадка уменьшается на величину пластических деформаций.

Фактическая величина литейной усадки зависит от от податливости формы. Соответственно, при кокильном литье литейная усадка равна нулю. Вследствие расширения формы при ее прогреве может происходить даже увеличение размеров отливки. Однако при этом в отливках могут возникнуть трещины из-за исчерпания резерва пластичности металла кокиля.

Кроме механического торможения необходимо учитывать и термическое торможение. Отливка представляет собой связанные в одну конструкцию отдельные ее элементы. Охлаждение различных элементов отливки, имеющие различную конфигурацию и разные толщины стенок, происходит с разной скоростью и следовательно, усадочные процессы тоже будут развиваться с разной скоростью. В результате литейная усадка будет меньше линейной.

На рисунке 8.4 представлены четыре основные стадии усадки. На первой стадии (рисунок 8.4, а) полость формы заполнена расплавом, залитым при температуре ликвидуса, так что расплав начинает затвердевать сразу же после контакта с формой, а затем затвердевает постепенно. На второй стадии (рисунок 8.4, б) затвердевает корка – получается своего рода закрытый сосуд, внутри которого заключен расплав. По мере охлаждения происходит усадка расплава и затвердевшей корки, а также имеет место уменьшение объема при изменении агрегатного состояния (на плоскости кристаллизации).

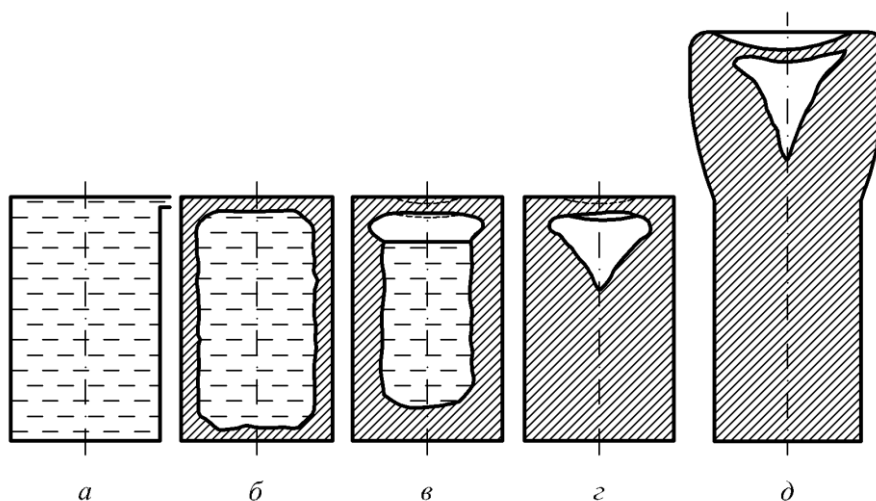


Рисунок 8.4 – Ход образования усадочной раковины у отливки без прибыли

Усадка расплава и уменьшение объема при кристаллизации превышают усадку корки. Поэтому в определенный момент расплав отделяется под действием силы тяжести от верха затвердевшей корки и опускается (рисунок 8.4, в). Над расплавом остается полость – закрытая усадочная раковина (рисунок 8.4, г). В образовавшейся раковине из дегазированных сплавов создается разрежение, вследствие чего верхняя тонкая корка может прогнуться внутрь раковины, как это показано пунктирными линиями на рисунке 8.4, в, г. Таким образом, усадочная раковина состоит из наружной (впадины) и внутренней частей.

Чтобы не допустить образования в отливке усадочной раковины, надо к отливке присоединить резервуар – прибыль (рисунок 8.4, д), из которой под действием силы тяжести расплав переместится в затвердевающую отливку. Усадочная раковина в этом случае образуется только в прибыли, которую отделяют от отливки.

Изменения объема в результате усадки целесообразнее оценивать суммарно:

$$\Delta V_{затв} = V_{н.у} + V_{рак} + \Sigma V_{пор},$$

где $V_{н.у}$ – объем усадки прибыли;
 $V_{рак}$ – обем усадочной раковины;
 $\Sigma V_{пор}$ – суммарный объем пор.

Усадочной раковиной называют группу концентрированных пустот образующихся в результате усадки сплава. Часть отливки, в которой располагаются усадочные раковины, называет областью усадочной раковины. Слои металла, разделяющие пустоты усадочной раковины и закрывающие ее сверху, называют мостами. В плоских отливках мосты более развиты (рисунок 8.5).

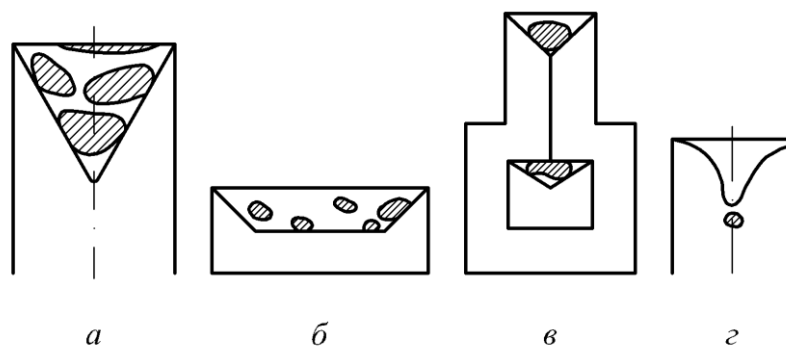


Рисунок 8.5 – Типы усадочных раковин

Если усадочная раковина сверху закрыта мостом, она называется закрытой (рисунок 8.5, а-в), при отсутствии моста – открытой (рисунок 8.5, г).

В случае опускания зеркала расплава или деформации затвердевшей корки на поверхности отливки образуется утяжина (рисунок 8.5, б).

Иногда в процессе затвердевания отливки какая-то ее часть обособляется и в ней образуется изолированный бассейн в виде самостоятельной вторичной усадочной раковины.

У разных сплавов и для сплавов одного типа, величина усадочной раковины имеет широкие интервалы значений: у стали она составляет 3-10 % начального объема расплава, у белого чугуна – 2,5-6 %, у серого чугуна – 1,5-2,5 %, у высокопрочного чугуна – 2-3,5 %, у ковкого чугуна – 0-13 %. Причиной являются следующие факторы:

- материал отливки: малая разница в химическом составе сплавов одного типа; разное содержание газов; вид графитизации; разная температура заливки; различные теплофизические свойства;
- форма: податливость под давлением сплава; расширение, прочность и теплофизические свойства формы (зависит от техники формовки и заливки);
- конструкция отливки: стойкость к деформации (податливость или жесткость).

Приведенные три основных фактора проявляют себя одновременно, и их влияние алгебраически складывается.

Форма усадочной раковины обусловлена скоростью перемещения частиц жидкого сплава и ходом нарастания затвердевшей корки (рисунок 8.6). Оба эти фактора отражаются отношением между поверхностью кристаллизации F_k и соответствующей ей поверхностью зеркала жидкого сплава F_3 :

$$\frac{F_k}{F_3} = \varphi$$

Величины F_k и F_3 изменяются во время затвердевания. Вместе с ними изменяется и отношение φ . Чем больше φ , тем круче поверхность усадочной раковины. Усадочная раковина с меняющейся крутизной, таким образом,

свидетельствует о соответствующих изменениях в процессе затвердевания (рисунок 8.7).

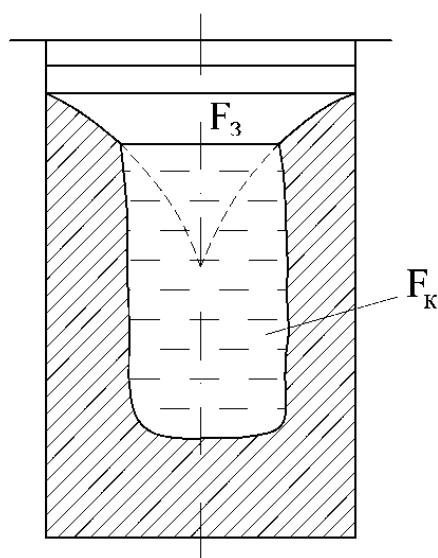
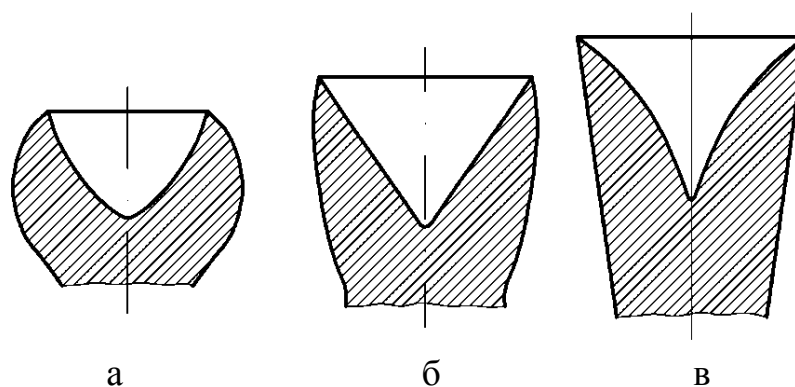


Рисунок 8.6 – Эскиз для определения мгновенного значения отношения φ

Такая раковина имеет глубокое сужение (рисунок 8.7, в). Наилучшая форма раковины представлена на рисунке 8.7, а. Здесь имеет место просто опускание всего уровня, когда φ в течение всего периода затвердевания понижается.

На отношение φ , а тем самым и на глубину усадочной раковины можно влиять путем охлаждения отливок за счет соответствующей комбинации формовочных материалов с разной теплопроводимостью.



а – величина φ снижается во времени; б – $\varphi = const$; в – φ увеличивается во времени

Рисунок 8.7 – Зависимость между формой усадочной раковины и величиной φ , а тем самым и формой прибыли

Этой же цели может служить и надлежащее изменение конструкции. При определенных обстоятельствах φ не будет увеличиваться к концу

затвердевания и может даже снижаться, при этом уменьшится и крутизна стенок усадочной раковины. Такие случаи весьма благоприятны при расширенной прибыли, потому что можно достигнуть небольшого остаточного веса прибыли после ее затвердевания, т.е. после того, как определенная часть расплава переместилась в отливку (рисунок 8.7, а). При определенных условиях усадочная раковина может получиться точно конусной (рисунок 8.7, б).

Если малое численное значение ρ сохранится до конца затвердевания, то усадочная раковина будет мелкой, а оставшаяся часть прибыли будет невелика. Таким образом, знание и использование приведенных зависимостей дают и экономические результаты.

Положение усадочной раковины зависит в основном от конструкции отливки. Отливки по конструкции можно разделить на простые, представляющие собой один термический узел, и сложные – из многих термических узлов.

Для определения линейной усадки используют различные по своим размерам и конфигурации образцы и приборы регистрации линейных изменений отливок. Принципиальной особенностью обычно используемых образцов для исследования линейной усадки является неравномерное распределение температуры в объеме образца, а особенно по длине бруска, в связи с чем различные участки отливки могут одновременно претерпевать усадку и расширение, а получаемая экспериментально кривая отмечает суммарный эффект линейных изменений в отливке.

Для исследования линейной усадки можно использовать прибор И.Ф. Большакова, метод А.А. Бочвара, а также пробу в виде круглого бруска с фланцами.

8.1.2 Прибор И.Ф. Большакова

Линейную (свободную) усадку определяют на приборе И.Ф. Большакова. На металлическом каркасе 1 прибора (рисунок 8.8) смонтирован диск 2 циферблата с индикаторной головкой 3. Прибор отградуирован так, что каждое деление шкалы соответствует изменению линейного размера образца длиной 200 мм на 0,001 %.

В каркас прибора устанавливают опоку 5 с формой образца 8 размером $(30 \times 25 \times 250) \cdot 10^{-3}$ м. Над опокой помещают две подвижные каретки, одна из которых штоком 6 соединяется с иглой индикатора, а другая 10 закрепляется в прорези торцевой стенки каркаса 11. В каждой из кареток перпендикулярно оси пробного образца закрепляют шпильки 7. Нижние концы шпилек входят в полость формы на глубину $(18-20) \cdot 10^{-3}$ м, а верхние выступают на $(3-10) \cdot 10^{-3}$ м.

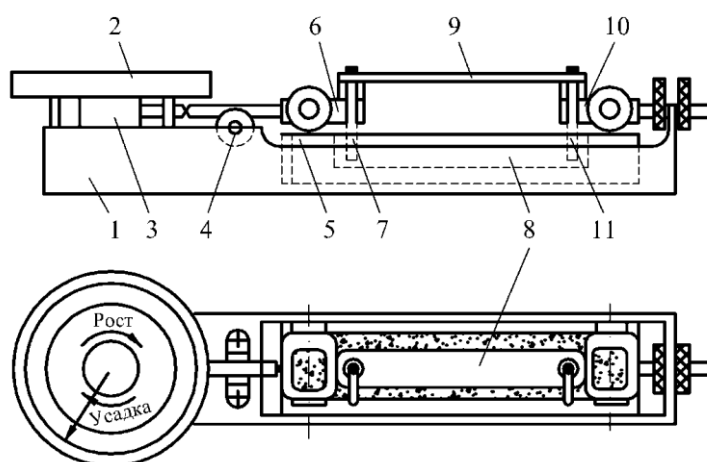


Рисунок 8.8 – Прибор для определения линейной усадки конструкции И.Ф. Большакова

Перед снятием контрольной планки 9 со шпилек прибор приводят в исходное положение, для этого штоком передней каретки поддерживаемым роликом 4 нажимают на иглу индикатора так, чтобы стрелка его, сделав пять оборотов по окружности циферблата вправо, останавливалась точно на нуле шкалы. В таком положении задняя каретка 10 крепится к торцевой стенке каркаса, а передняя после снятия контрольной планки остается в свободном состоянии, фиксируя исходное положение.

После сборки прибора в полость формы заливают металл и следят за перемещением стрелки индикатора. Одновременно фиксируют температуру металла в центре образца.

8.1.3 Метод А.А. Бочвара

Линейную (свободную) усадку определяют также по методу А.А. Бочвара с помощью прямых прутков. Прибор (рисунок 8.9) представляет собой полуметаллическую форму, полость которой имеет вид двутавра. Средняя часть ее оформляется смесью, а обе полочки – металлическими частями формы. Одна из полочек образца находится в неподвижной части 1 формы, укрепленной на штырях, другая – находится в подвижной головке 3 формы. Подвижная головка формы упирается в ножку индикатора 4, который и фиксирует ее перемещение вследствие усадки образца 5.

Для определения усадки между подвижной и неподвижной головками формы помещают вкладыш, фиксирующий расстояние между ними ($50 \cdot 10^{-3}$ м). Между вкладышем и неподвижной частью формы 1 уплотняют формовочную смесь 2, устанавливают индикатор 4. После этого из формы извлекают вкладыш, устанавливают стрелку индикатора на 0 и заливают металл. После того как образовалась твердая корка, вокруг отливки рыхлят смесь, уменьшая тем самым сопротивление усадке образца.

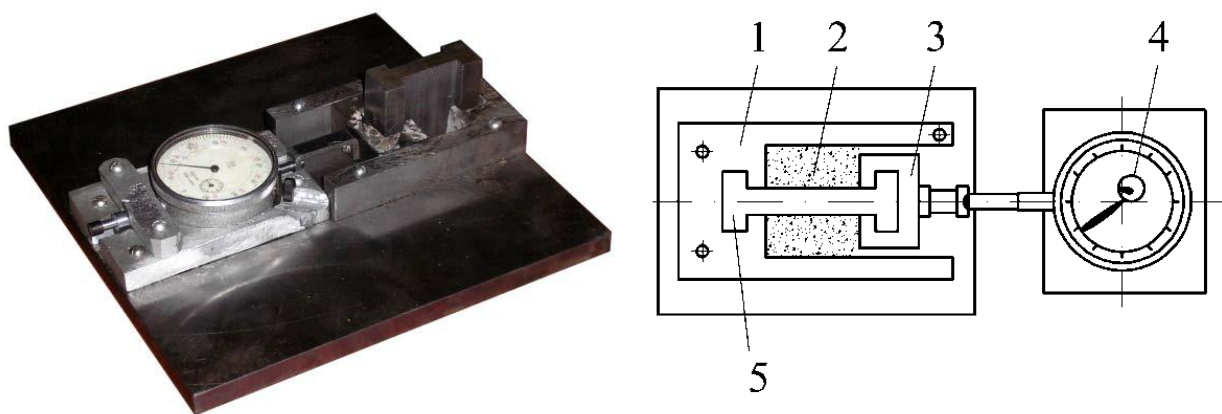


Рисунок 8.9 – Общий вид (а) и схема (б) прибора для определения линейной усадки по методу А.А. Бочвара

Температура металла при заливке измеряется в ковше погружаемой термопарой с помощью переносного потенциометра. Сокращая линейные размеры, образец увлекает за собой подвижную головку. Это перемещение отмечается индикатором.

Относительная величина линейной усадки определяется по соотношению

$$\varepsilon = \frac{\text{показание индикатора}}{\text{длина образца}} \cdot 100\% .$$

За длину образца принимают расстояние между внутренними сторонами полочек.

Метод определения линейной усадки на описанном приборе удобен тем, что не требует больших порций металла и большой затраты времени и физического труда на формовку. Необходимо отметить, что для полного проявления линейной усадки образец следует охлаждать до комнатной температуры.

8.1.4 Проба в виде круглого бруска

Свободную линейную усадку определяют также на отдельно отливаемых образцах (рисунок 8.10). Образец для определения свободной усадки имеет вид прямого прутка. По этим моделям в парных опоках изготавливают формы. В моделях имеются отверстия, расстояние между центрами которых $20 \cdot 10^{-3}$ м. После расталкивания моделей перед их извлечением через эти отверстия при помощи металлического керна на стенке формы выполняют конусные углубления.

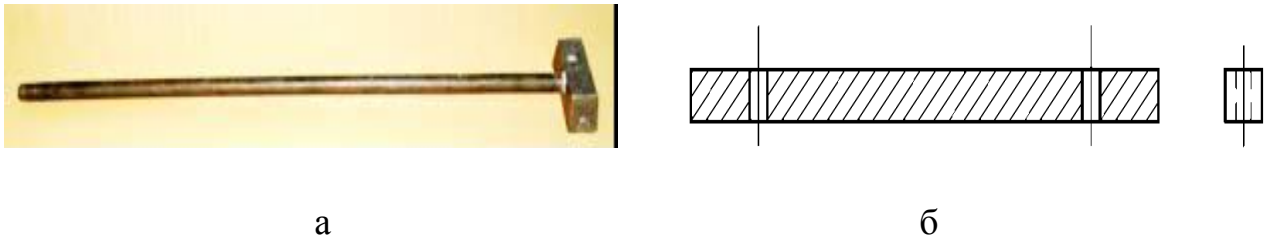


Рисунок 8.10 – Общий вид (а) и схема (б) модели для определения свободной усадки сплавов

После заливки, охлаждения, выбивки и очистки отливок штангенциркулем измеряют расстояние между выступами на отливке. а модели пробы предусмотрены небольшие выступы или углубления диаметром 3 мм и высотой 250 мм друг от друга. Они служат для замера размеров формы (l_{ϕ}) и отливки ($l_{отл}$), необходимых для определения линейной усадки по формуле:

$$\varepsilon_{лин} = \frac{l_{\phi} - l_{отл}}{l_{отл}} \cdot 100\%.$$

8.1.5 Исследование кинетики линейной усадки

Для непрерывной регистрации кинетики линейной усадки используют прямоугольный образец квадратного сечения $(40 \times 40) \cdot 10^{-3}$ м и длиной $300 \cdot 10^{-3}$ м, заливаемый в песчаную форму (рисунок 8.11).

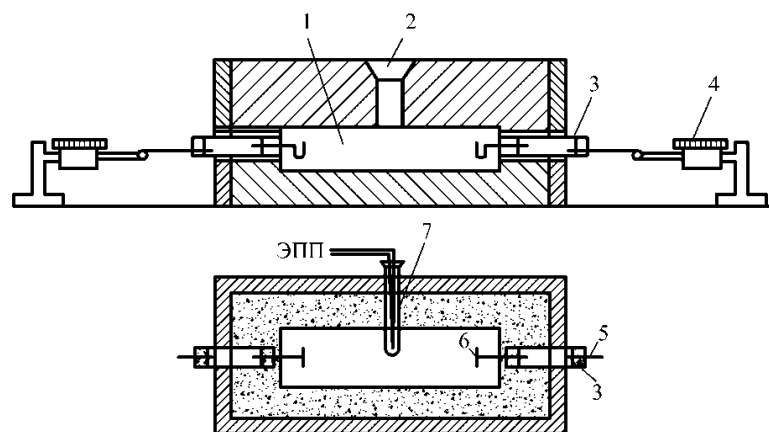


Рисунок 8.11 – Установка для регистрации кинетики линейной усадки

Металл в форму 1 заливают через литниковую систему 2. В месте подвода металла устанавливают термопару 7, показания которой регистрируются с помощью потенциометра в течение всего времени затвердевания и охлаждения образца. При подготовке формы под заливку в ее торцевые участки устанавливают кварцевые трубки 3, в которых с

помощью хромомагнетитовой жидкостекольной смеси закреплена медная 5 и W-Re 6 проволока для передачи линейных изменений образца стрелочным индикатором 4. Петля из W-Re проволоки располагается непосредственно у поверхности формы (на расстоянии $(2-3) \cdot 10^{-3}$ м) и обеспечивает регистрацию усадки сразу же после образования скелета твердожидкого металла в поверхностном слое отливки.

При охлаждении линейные размеры отливки начинают изменяться с момента, когда на поверхности образовалась достаточно прочная твердая корка или скелет кристаллов, способных противостоять статическому давлению металла. Для сплавов, кристаллизующихся в интервале температур, начало линейной усадки соответствует образованию 75-95 % твердой фазы; для чистых металлов температура начала линейной усадки совпадает с температурой кристаллизации.

Литейную (затрудненную) усадку отливок определяют на образцах, модели которых показаны на рисунке 8.12. Концы образца для определения затрудненной усадки имеют Т-образную форму за счет поперечных полок. Эти полки препятствуют усадке образца в продольном направлении.

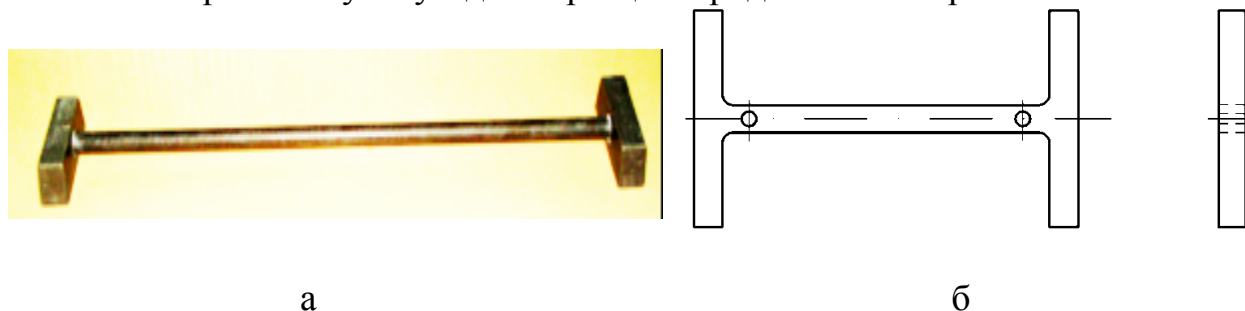


Рисунок 8.12 – Общий вид (а) и схема (б) модели для определения свободной усадки сплавов

Технология изготовления такой пробы аналогичная технологии изготовления пробы, предназначенной для исследования затрудненной усадки в виде круглого бруска с фланцами.

Знание коэффициентов усадки α_t и величины усадки (расширения) по этапам необходимо для оценки условий образования горячих трещин и усадочных пустот, усадочных, термических и фазовых напряжений.

В отливках усадка сплавов проявляется в виде усадочных раковин и усадочных пустот.

Литейная усадка – выраженное в процентах изменение размеров отливки после полного охлаждения $l_{отл}$ по сравнению с начальными размерами залитой металлом полости формы (размерами модели $l_{мод}$):

$$\varepsilon_{лин} = \frac{l_{мод} - l_{отл}}{l_{мод}} \cdot 100\%$$

Знание этой характеристики позволяет определить требуемые размеры модели $l_{мод}$ для получения отливки заданного размера $l_{отл}$.

8.2 Задание

Изучить методики определения усадочных процессов в сплавах цветных металлов и исследовать величину усадочных дефектов при свободной и затрудненной усадке алюминиевого сплава.

8.3 Порядок выполнения работы

8.3.1 Приборы, оборудование и принадлежности

Для проведения лабораторной работы необходимо использовать следующее оборудование: индукционную печь, переносную хромель-алюмелевую термопару (ХА), подключенную к потенциометру, сушильный шкаф, лабораторные бегуны типа 02113, формовочную смесь (90 % – оборотной смеси; 6,5 % – кварцевого песка; 3,5 % – бентонитовой глины, воду), пробы для исследования свободной и затрудненной усадки, разливочную ложку, алюминиевый сплав АК12, клещи, рукавицы, халаты.

8.3.2 Порядок проведения работы

8.3.2.1 В бегунах приготовить формовочную смесь.

8.3.2.2 Изготовить две формы для исследования свободной и затрудненной усадки.

8.3.2.3 Приготовить алюминиевый сплав и залить его в готовые формы при температуре 720-750 °С.

8.3.2.4 Охладить формы и выбить из них отливки.

8.3.2.5 Рассчитать величину свободной и затрудненной усадки алюминиевого сплава.

8.3.2.6 По полученным данным сделать выводы о влиянии конфигурации формы на величину усадки алюминиевого сплава.

8.4 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы, краткие теоретические сведения, схематические рисунки проб для изучения свободной и затрудненной усадки, а также расчеты значений литейной и объемной свободной и затрудненной усадки, выводы по работе.

8.5 Контрольные вопросы

8.5.1 Какова основная причина линейной усадки?

8.5.2 В чем различие свободной и затрудненной линейной усадки?

8.5.3 Почему нельзя определять величину линейной усадки сплавов расчетным путем?

8.5.4 В чем состоит различие между линейной усадкой сплава и линейной усадкой отливки?

8.5.5 Каковы причины того, что линейная усадка отливки оказывается меньше линейной усадки сплава?

8.5.6 Может ли литейная усадка отливки оказаться больше линейной усадки сплава?

8.5.7 Как определяют линейную усадку?

8.5.8 Что такое усадочная раковина?

8.5.9 От чего зависит фактическая величина литейной усадки?

8.5.10 В чем состоит определение линейной (свободной) усадки на приборе И.Ф. Большакова?

8.5.11 Как определить линейную усадку по методу А.А. Бочвара?

Список использованных источников

- 1 Анисимов, Н.Ф. Проектирование литейных деталей [Текст] / Н.Ф. Анисимов, Б.Н. Благов. – М. : Машиностроение, 1967. – 277 с.
- 2 Болдин, А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия : Справочник [Текст] / А.Н Болдин. Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский и др. – М. : Машиностроение, 2006. – 507.
- 3 Василевский, П.В. Технология стального литья [Текст] : Инженерная монография / П.В. Василевский. – М. : Машиностроение, 1974. – 408 с.
- 4 Воронин, Ю.Ф. Атлас литейных дефектов «Черные сплавы» [Текст] / Ю.Ф. Воронин, В.А. Камаев. – М. : Машиностроение, 2005. – 328 с.
- 5 Косников, Г.А. Литейное производство. Проектирование технологии получения отливок в разовых формах [Текст] : учеб. пособие / Г.А. Косников, Л.М. Морозова / СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2000. – 51 с.
- 6 Мамина, Л. И. Теоретические основы литейного производства [Электронный ресурс] : лаб. практикум / Л. И. Мамина, Т. Р. Гильмашина, В. Н. Баранов. — Красноярск : ИПК СФУ, 2009.
- 7 Назаратин, В.В. Технология изготовления стальных отливок отечественного назначения [Текст] / В.В. Назаратин. – М. : Машиностроение, 2006. – 234 с.
- 8 Рекомендации по разработке литейной технологии на отливки из чугуна, стали и цветных сплавов [Текст] / НИИцветмет экономики и информации. – М., 1980. – 140.
- 9 Саначева, Г.С. Технология литейного производства. Лабораторный практикум [Текст] : учеб. пособие / Г.С. Саначева, Степанова Т.Н., Баранов В.Н., Губанов И.Ю. / ГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – Красноярск, 2008. – 86 с.
- 10 Саначева, Г.С. Технология литейного производства. Проектирование литейных форм [Текст] : учеб. пособие / Г.С. Саначева / ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет. металлов и золота». – Красноярск, 2006. – 100 с.
- 11 Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства [Электронный ресурс] : учебник / под ред. С. И. Богодухова; – Оренбург : ГОУ ОГУ. – 2011.
- 12 Технология литейного производства [Текст] / Б.С. Чуркин [и др.]; УГППУ. – Екатеринбург, 2000. – 199 с.