

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова

Факультет металлургии, машиностроения и транспорта

Кафедра металлургии

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Методические указания к лабораторным занятиям

Павлодар

УДК 621.74 (07)
ББК 34.61я7
Л 64

Рекомендовано ученым советом ПГУ им. С. Торайгырова

Рецензенты:

кандидат технических наук, профессор М.М. Суяндиков

Составитель Быков П.О.

Л 64 Литейное производство. Методические указания к лабораторным занятиям/ Сост. П.О. Быков. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2005. – 34 с.

В методическом указании приводятся рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Литейное производство».

Работы выстроены в логической последовательности и способствуют ознакомлению со всеми этапами получения отливок и слитков.

Методическое указание разработано в соответствии с государственными стандартами специальностей: 050709 «Металлургия» ГОСО РК 3.08.084 – 2004; 050724 «Технологические машины и оборудование» ГОСО РК 3.08.099 – 2004.

УДК 621.74
ББК 34.61я7

©Быков П.О., 2005
©Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова, 2005

Введение

Литейное производство – один из технологических процессов обработки металлов, занимающийся изготовлением фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки. При охлаждении металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. Конечную продукцию, получаемую при литье сплавов, называют отливкой, а при разливке металла на металлургических предприятиях – слитком или заготовкой. В процессе кристаллизации расплавленного металла и последующего охлаждения формируются механические и эксплуатационные свойства отливок и слитков.

Литьем получают разнообразные конструкции отливок массой от нескольких грамм до сотен тонн, длиной от нескольких сантиметров до десятков метров, со стенками толщиной 0,5 – 500 мм (блоки цилиндров, поршни, станины станков, станины прокатных станов, турбинные лопатки и т.д.).

Для изготовления отливок применяют множество способов литья: в песчаные формы, в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением, центробежное литье и другие. Область применения того или иного способа литья определяется объемом производства, требованиями к геометрической точности и шероховатости поверхности отливок, экономической целесообразностью и другими факторами.

Разливку металлов на металлургических предприятиях осуществляют различными способами: литьем в изложницы, непрерывным литьем на машинах МНЛЗ и другими. Качество разливаемых слитков и заготовок во многом определяют качество изделий получаемых при их дальнейшей обработке. Поэтому процессу разливки необходимо уделять не меньшее внимание, чем самому получению металлов и сплавов в металлургических печах.

Качество отливок формируется в процессе приготовления расплава, изготовления и подготовки формы, заливке расплава в форму, затвердевании расплава и охлаждении отливок.

Лабораторная работа №1 Технология производства отливок в разовых песчано-глинистых формах

1.1 Цель работы

Ознакомиться с процессом изготовления отливок, этапами производства отливок, применяемым оборудованием.

1.2 Основные теоретические сведения

Литье один из распространенных способов производства заготовок. Литьем заготовки получают путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки.

Заготовка полученная таким способом называется – отливка. Отливки получают различными способами: в песчаные формы, в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением и другими. Выбор способа зависит от требований к качеству изготавливаемых отливок, экономической целесообразностью их производства и другими факторами.

Самым распространенным способом производства отливок является литье в разовые песчано-глинистые формы. Это обусловлено простотой и дешевизной по сравнению с другими способами литья.

Технологический процесс получения отливок в разовых формах включает в себя следующие этапы: разработка технологии получения отливки, изготовление модельного комплекта, приготовление формовочной и стержневой смесей, изготовление литейной формы и стержней, выплавка металла или сплава, заливка формы, выбивка отливок, их очистка и контроль качества.

На этапе разработки технологии получения отливки разрабатывают чертеж отливки, который выполняют непосредственно на конструкторском чертеже детали. При этом на чертеже указывают поверхность разъема модели, положение модели при формовке, положение отливки при заливке ее жидким металлом. Затем назначают припуски на обработку отливок резанием, указывают усадку металла, размеры стержневых ящиков, величину формовочных уклонов, проектируют литниковую систему. После разработки чертежа отливки задают температуру заливки жидкого металла в литейную форму, состав формовочных и стержневых смесей, и другие данные необходимые для изготовления отливки.

На этапе изготовления модельного комплекта изготавливают модели, модельные плиты и стержневые ящики. Также подготавливают

опоки, сушильные плиты, шаблоны для проверки размеров форм и стержней и т.п.

На этапе приготовления формовочных и стержневых смесей готовят формовочные и стержневые смеси необходимого состава, которые затем используются для изготовления разовых литейных форм. Основными компонентами формовочных смесей являются кварцевый песок, глина, вода и различные добавки (связующие и т.д.). Формовочные и стержневые смеси готовят в смесителях.

Этап изготовления литейных форм и стержней. Процесс изготовления литейных форм называют формовкой. В литейном производстве применяют ручную, машинную и автоматическую формовку. Ручную формовку используют в единичном и мелкосерийном производстве; машинную – в серийном и крупносерийном; автоматическую – в крупносерийном и массовом. Для ручной формовки применяют трамбовки, для машинной встряхивающие, прессовые и другие машины.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках или с помощью шаблонов. Готовые стержни сушат в специальных печах (сушилах) для увеличения их прочности, газопроницаемости, уменьшения газотворной способности. Для уменьшения пригара перед сборкой формы и стержни припыливают (графитом, тальком). Затем в форму, по необходимости, устанавливают стержни, далее собирают и скрепляют скобами. Далее собранные формы отправляют на заливку.

На этапе выплавки металлов или сплавов производят выплавку в печах (электрических, пламенных) сплавов необходимого химического состава.

В качестве исходных материалов для отливок из чугуна и стали используют литейные или передельные чугуны, стальной и чугунный лом, ферросплавы, топливо и флюсы. Для отливок из цветных сплавов используют цветные металлы в чушках, лигатуры, флюсы. Эти материалы называют шихтовыми. Флюсами называют материалы, необходимые для образования шлака, очищающего металл от вредных примесей. Расплавленный металл должен быть перегрет в печи до определенной температуры, чтобы он хорошо заполнял литейную форму. Приготовленный жидкий металл сливают в ковши и транспортируют на участок заливки форм.

На этапе заливки осуществляется заливка литейных форм жидким металлом. После этого расплав, залитый в форму, отдавая теплоту последней, охлаждается и затвердевает.

После затвердевания и охлаждения отливки формы разрушают (выбивают) и извлекают из них отливки. Для выбивки форм служат

специальные установки – решетки. После этого от отливки специальным инструментом отрезают или отрубают литники, выпоры, заливки металла, а потом очищают поверхность отливки от пригоревшей формовочной смеси. Очистку производят в очистных барабанах.

После всех операций связанных с изготовлением отливки производят контроль качества ее изготовления. На этом этапе проверяют размеры и герметичность отливок, наличие внутренних и внешних дефектов (усадочных раковин, трещин и т.п.), механические свойства и структуру.

Если необходимо то отливки подвергают термической обработке (нагреву и охлаждению по строго заданным режимам) в нагревательных печах, которая применяется для получения требуемых структуры и механических свойств.

После всех этих операций отливки отправляются на дальнейшую обработку резанием, с целью получения готовой детали.

1.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Модели отливок, модельные плиты, опоки для формовки, смешивающие бегуны, кварцевый песок, глина, вода для приготовления формовочной и стержневой смеси, плавильная печь, шихтовые материалы (металл в чушках или металллом, флюс), заливочный ковш для приготовления жидкого металла, формовочная машина или трамбовки, гладилки, крючки, молоток, серебристый графит для уплотнения форм, молот или пилы, галтовочный барабан, зачистной наждак для обрубки и очистки отливок.

1.4 Порядок проведения работы

Под руководством преподавателя ознакомиться с последовательностью операций изготовления отливки и применяемым для этого оборудованием, в частности:

- 1) подготовкой модельного и формовочного комплекта;
- 2) подготовкой формовочной и стержневой смеси;
- 3) изготовлением литейных форм и стержней;
- 4) приготовлением жидкого металла;
- 5) заливкой форм жидким металлом;
- 6) выбивкой литейных форм;
- 7) обрубкой и очисткой отливок;
- 8) контролем качества изготовления отливок.

Содержание отчета:

- 1) описать технологию изготовления отливок; последовательность операций;

2) зарисовать эскизы отливки, модели с литниковой системой, стержней.

Контрольные вопросы

- 1 Какие операции включает в себя технологический процесс изготовления отливок?
- 2 Что такое формовка?
- 3 Какие материалы необходимы для изготовления формовочных смесей?
- 4 Какое оборудование применяется для приготовления формовочной и стержневой смесей и для изготовления литейных форм?
- 5 Какие операции выполняются после выбивки затвердевших отливок из формы?

Лабораторная работа №2 Плавка алюминиевых сплавов в электрической печи сопротивления

2.1 Цель работы

Ознакомиться с сущностью процесса плавки металлов в печах сопротивления, последовательностью операций при плавке, применяемым оборудованием, расчетом шихты.

2.2 Основные теоретические сведения

Плавкой называется процесс переработки металлов, в плавильных печах с получением конечного продукта в жидком виде.

Для приготовления алюминиевых сплавов применяют различные печи: тигельные индукционные, топливные, электрические печи сопротивления и другие.

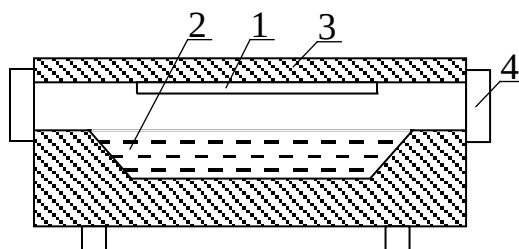
К печам сопротивления для плавки алюминия относятся печи:

- САТ (сопротивления-алюминиевая-тигельная);
- САН (сопротивления-алюминиевая-наклоняющаяся) и другие.

В электрической печи сопротивления (САН) (рисунок 2.1) нагрев металла осуществляется нагревательными элементами 1, расположенными у свода 3. В ванну 2 через окна 4 загружают шихту. Металл сливают, наклоняя печь или вычерпывая металл разливочной ложкой.

Материалы, загружаемые в печь, называются шихтой.

В состав шихты для плавки алюминиевых сплавов входят первичные (чистые) и вторичные металлы и сплавы, отходы собственного производства, а также различные легированные сплавы для легирования).



- 1 – нагревательные элементы;
- 2 – ванна;
- 3 – свод;
- 4 – окна для загрузки шихты.

Рисунок 2.1 - Электрическая печь сопротивления

Плавка в печах САН ведется следующим образом. Печь в начале (после ремонта) просушивают, а затем медленно нагревают до 900 °С для полного удаления влаги. Далее в ванну загружают шихту расчетного состава, включают источник энергии, расплавляют шихту, перегревают расплав до заданной температуры, затем сплав доводят до заданного состава, рафинируют (очищают расплав от вредных примесей) и модифицируют (вводят добавки уменьшающие величину зерна в сплавах и улучшающие механические свойства сплавов). При загрузке более легкоплавкие части шихты загружают на под печи, а более тугоплавкие в зону более высоких температур.

2.3 Расчет шихты

Для расчета шихты необходимо знать химический состав всех исходных шихтовых материалов и приготавливаемого сплава. Кроме того, необходимо учесть угар элементов, который зависит от конструкции печи, и от метода плавки и способа рафинирования.

Для примера рассмотрим упрощенный расчет шихты сплава марки АЛ5. Расчет ведется на 100 кг сплава.

Химический состав сплава АЛ5: 5% кремния, 0,4% магния, 1,25% меди, остальное – алюминий.

Шихтовые материалы: чушковый первичный алюминий, лигатуры – алюминиево-магниевая (90% Al и 10%Mg), алюминиево-медная (50% Al и 50%Cu) и чушковый силумин (87% Al и 13%Si).

Угар элементов: 1% кремния, 3% магния, 1% меди и 1% алюминия.

Количество шихтовых материалов, на которое надо увеличить вес шихты для компенсации угара отдельных элементов $m_{ув.}(кг)$ рассчитывается по формуле

$$m_{ув} = (m_{эл} \cdot n_{эл}) / 100,$$

где $m_{эл}$ – содержание химического элемента в сплаве, %;

$n_{эл}$ – угар химического элемента при плавке, %.

В данном случае необходимо рассчитать $m_{ув}$ для кремния, магния, меди и алюминия. Данные заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчетный состав шихты

	Si	Mg	Cu	Al	Всего
Средний химический состав, %	5,0	0,4	1,25	93,35	100
Вес на 100 кг шихты, кг.	5,0	0,4	1,25	93,35	100
Угар, %	1	3	1	1	-
Угар, кг.	0,05	0,012	0,012	0,933	1,007
Расчетный состав шихты, кг.	5,05	0,412	1,262	94,283	101,007

Далее определяется количество вводимого в печь чушкового силумина и лигатур.

Количество силумина и лигатур (m_i , кг) определяется по формуле (определяется для каждого компонента шихты отдельно)

$$m_i = (m_{эл.ших} \cdot 100) / n_{эл},$$

где $m_{эл.ших}$ – количество соответствующего химического элемента (Si, Mg, Cu) в шихте, кг;

$n_{эл}$ – содержание соответствующего химического элемента (Si, Mg, Cu) в силумине и лигатурах, %.

В данном примере количество силумина 38,85 кг; алюминиево-магниево-медной лигатуры 4,12 кг; алюминиево-медной лигатуры 2,524 кг.

После подсчета количества вводимых в шихту силумина, алюминиево-магниево-медной и алюминиево-медной лигатуры подсчитывается количество чушкового алюминия необходимого ввести в шихту.

Содержание чушкового алюминия (m_{Al}) в шихте подсчитывается по формуле, кг

$$m_{Al} = m_{Al.ших} - (m_{Al.сил-не} + m_{Al.ал-маг.лиг.} + m_{Al.ал-мед.лиг.}),$$

где $m_{Al.ших}$ – количество алюминия в шихте, кг;

$m_{Al.сил-не}$ – количество алюминия в силумине, кг;

$m_{Al.ал-маг.лиг.}$ – количество алюминия в алюминиево-магниево-лигатуре, кг;

$m_{Al.ал-мед.лиг.}$ – количество алюминия в алюминиево-медной лигатуре, кг;

Количество алюминия в силумине и лигатурах определяется по формуле (определяется для каждого компонента шихты отдельно)

$$m_{Al.i} = m_i - n_i,$$

где n_i – содержание соответствующих химических элементов (Si, Mg, Cu) в силумине и лигатурах, кг.

В данном примере количество алюминия в силумине 33,8 кг; алюминиево-магниево-лигатуре 3,708 кг; алюминиево-медной лигатуре 1,262 кг. Количество чушкового алюминия 55,513 кг.

Полученные данные заносятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Количество исходных материалов на 100 кг шихты

Чушковый алюминий, кг	55,513
Силумин, кг	38,85
Лигатура алюминиево-магниево-лигатуре, кг	4,12
Лигатура алюминиево-медная, кг	2,524
Всего, кг	101,007

Для ответственных сплавов также проверяется количество вредных примесей, вносимых вместе с материалами. Их количество, равное количеству вносимых вредных элементов с каждым компонентом шихты, сравнивается с допустимым количеством этих элементов в выплавляемом сплаве. Это количество не должно превышать допустимого количества.

2.4 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Электрическая печь сопротивления, шихтовый материал: чушковый алюминий, силумин, лигатуры и чистые металлы (магний, цинк и т.д.), флюс, заливочный ковш, термопара.

2.5 Порядок проведения работы

Под руководством преподавателя и мастера производственного обучения выплавить алюминиевый сплав заданного состава, рассчитать количество шихты для заданной марки сплава.

Последовательность плавки:

- 1) Проверить готовность печи к работе.
- 2) Загрузить шихту заданного состава в печь.
- 3) Включить печь и произвести плавку, соблюдая требуемые режимы.
- 4) В конце плавки провести необходимые технологические операции (рафинирование и модифицирование).
- 5) При достижении необходимой температуры (температура определяется с помощью термопары) и химического состава расплава снимается шлак с поверхности расплава.
- 6) Разливается жидкий металл в разливочный ковш и далее отправляется на заливку литейных форм.

Содержание отчета:

- 1) краткое описание последовательности приготовления жидкого металла;
- 2) привести расчет шихты.

Контрольные вопросы

- 1 Какой процесс называется плавкой?
- 2 Что называется шихтой? Какие материалы входят в состав шихты для плавки алюминиевых сплавов?
- 3 Какова последовательность плавки сплавов?
- 4 Как производится расчет шихты при плавке алюминиевых сплавов?

Лабораторная работа №3 Ручная формовка литейных форм

3.1 Цель работы

- 1 Ознакомиться с технологией ручного изготовления форм.
- 2 Приобрести практические навыки формовки в опоках.

3.2 Основные теоретические сведения

Формовкой называется совокупность технологических операций по изготовлению литейных форм и стержней.

Ручную формовку применяют при единичном и мелкосерийном производстве. Существуют следующие разновидности ручной формовки:

- 1) По конструкции модельной оснастки: по неразъемной модели, разъемной модели, шаблонами, скелетным моделям.
- 2) По количеству опок: в одной, в двух, в почве, безопочная.
- 3) По технологическим приемам: обычными приемами, с подрезкой, фальшивой опокой, перекидным болваном и т.д.

Для формовки применяют формовочные смеси. Основными компонентами формовочных смесей являются кварцевый песок, глина, вода и различные добавки (связующие и т.д.). Для приготовления формовочных смесей применяют смешивающие бегуны, в которых перемешивают загружаемые в определенной пропорции формовочный песок, глину и крепитель.

Все способы формовки имеют ряд общих операций. Рассмотрим эти операции на примере формовки в двух опоках с разъемной моделью:

- 1) Установка нижней половины модели, элементов литниковой системы и нижней опоки на подмодельную плиту. Припыливание модели графитом для устранения прилипаемости формовочной смеси к модели (Рисунок 3.1а).

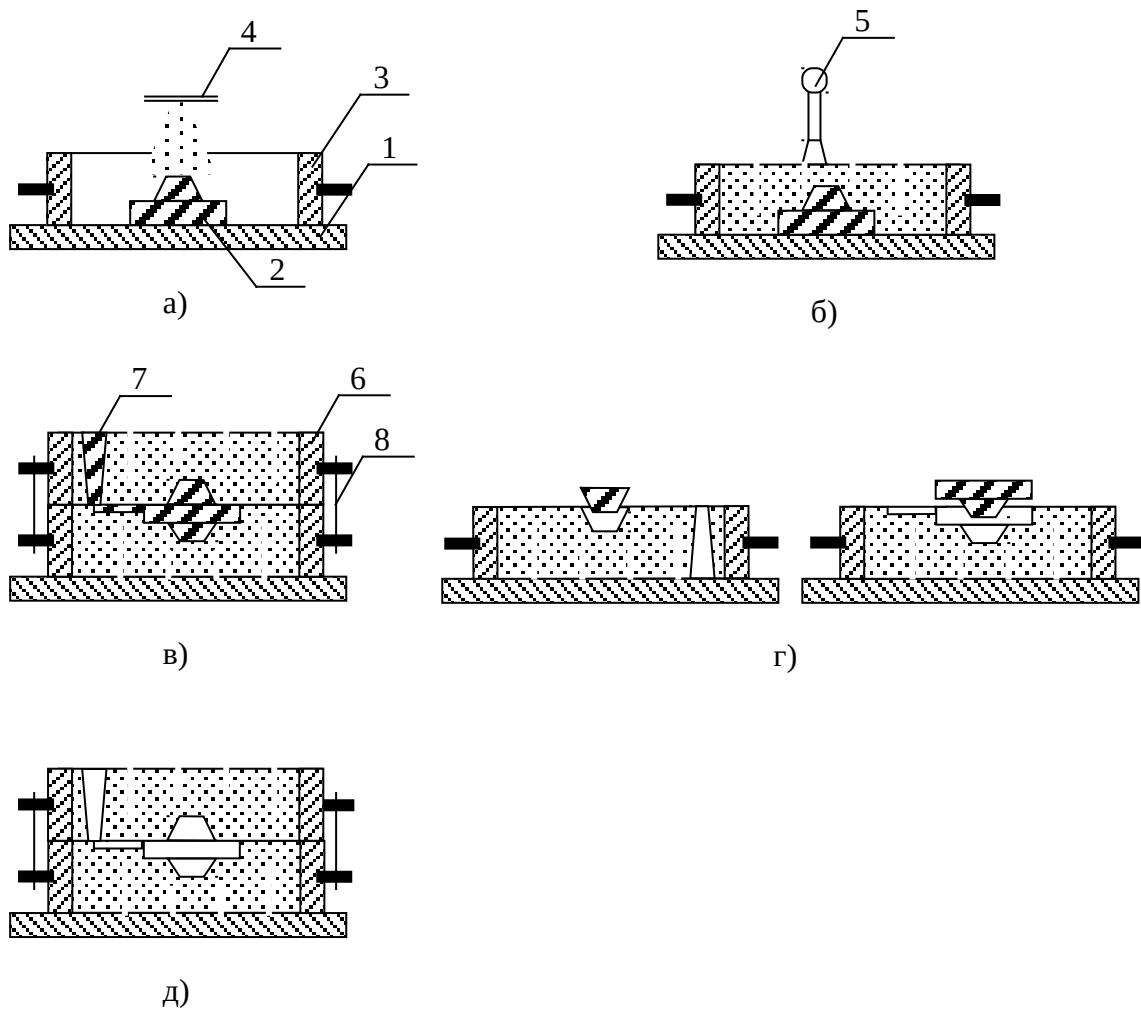
- 2) Наполнение нижней опоки формовочной смесью и уплотнение ее трамбовкой, затем удаление избытка формовочной смеси линейкой и накалывание отверстий для улучшения газопроницаемости (Рисунок 3.1б).

- 3) Кантование нижней опоки на 180° и установка ее на подмодельную плиту. Посыпка графитом поверхности разъема формы. Укладка верхней половины модели отливки, модели литника и прибылей на нижнюю. Установка верхней опоки и закрепление ее штырями. Наполнение верхней опоки формовочной смесью и ее уплотнение. Удаление избытка формовочной смеси (Рисунок 3.1в).

- 4) Снятие верхней половины формы и укладка ее на подмодельную плиту с поворотом на 180° (моделью кверху). Прорезание каналов литниковой системы (если надо). Извлечение из формы моделей отливки, литника и прибылей. Подправление нарушенных мест формы. Удаление осыпавшейся земли (Рисунок 3.1г).

- 5) Укладка в знаки нижней половины формы стержня (если предусмотрен), контроль правильности его положения при помощи

шаблона, установка верхней половины формы и закрепление штырями (Рисунок 3.1д).



- | | |
|---------------------|------------------------------------------|
| Подмодельная плита; | 5 – Трамбовка; |
| Модели отливки; | 6 – Верхняя опока; |
| Нижняя опока; | 7 – Модель стояка и
литникового хода; |
| Сито с графитом; | 8 - Штырь |
| Трамбовка; | |

Рисунок 3.1 – Последовательность операций при формовке в двух опоках с разъемной моделью

Далее форма заливается жидким металлом. А после затвердевания и охлаждения извлекается из формы и подвергается обрубке, очистке, зачистке и контролю качества изготовления.

3.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

модели, подмодельные плиты, плавильная печь, опоки, смешивающие бегуны, формовочная лопата, трамбовки, гладилки, ланцеты, крючки, душники, подъемник для модели, клещи для извлечения отливок из формы, молоток, формовочный материал, серебристый графит, жидкий металл для заливки форм.

3.4 Порядок проведения работы

- 1) приготовить формовочную смесь;
- 2) изготовить литейную форму для заданной отливки;
- 3) залить изготовленную литейную форму расплавленным металлом;
- 4) охлажденную отливку выбить из формы.

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) краткое описание технологии ручной формовки;
- 3) эскизы моделей отливки, литников и прибылей.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое разовые формы?
- 2 Каково назначение модели?
- 3 Из какого материала изготавливаются модели?
- 4 Что такое опока?
- 5 Какова последовательность выполнения операций по изготовлению формы?

Лабораторная работа №4 Машинная формовка литейных форм

4.1 Цель работы

Ознакомиться с технологией машинной формовки.

4.2 Основные теоретические сведения

Машинная формовка по сравнению с ручной формовкой имеет большие экономические и технологические преимущества (повыше-

ние производительности и качества). Поэтому ее применяют в серийном и массовом производстве отливок.

Изготовление форм отливок при машинной формовке осуществляется формовкой в парных опоках по модельным плитам. Основными операциями машинной формовки являются: уплотнение формовочной смеси в опоке и извлечение модели из полуформы. Машины обеспечивают равномерность уплотнения смеси в опоках, что резко снижает брак отливок по таким порокам как ужимины, распоры, песчаные и газовые раковины.

Механизированное извлечение модели из полуформы гарантирует отсутствие повреждений формы.

Основными способами уплотнения формовочной смеси в опоках при машинной формовке являются: прессование, встряхивание и пескометный.

Формовочные машины классифицируются:

- 1) по способу уплотнения формовочной смеси на: прессовые встряхивающие и пескометы;
- 2) по грузоподъемности;
- 3) системе привода;
- 4) методу извлечения моделей из полуформ (со штифтовым подъемом, с помощью протяжных плит, с помощью поворотного или перекидного стола).

Наибольшее распространение получили пневматические формовочные машины.

До настоящего времени наибольшее распространение имеют встряхивающие формовочные машины. Они имеют разнообразную конструкцию (без или с подпрессовкой и т.д.).

Рассмотрим конструкцию и работу встряхивающей формовочной машины с подпрессовкой модели 271 (Рисунок 4.1). Основой машины является станина, в которой располагаются встряхивающий и прессовый механизмы. Прессовый поршень запрессован во встряхивающий стол 7 и ходит в цилиндре 10, отлитом совместно со станиной.

Машина приводится в действие нажимом на коленный клапан 8. Сжатый воздух по каналу во встряхивающем столе поступает в цилиндр 10 прессового поршня. С левой стороны встряхивающего стола 7 установлен вибратор, который включается в процессе работы автоматически. К станине формовочной машины прикреплена колонна 2, в верхней части которой укреплен поворотный траверс 4. Поворот этой траверсы в рабочее состояние ограничивается башмаком 3. На траверсе 4 смонтирована прессовая плита 5.

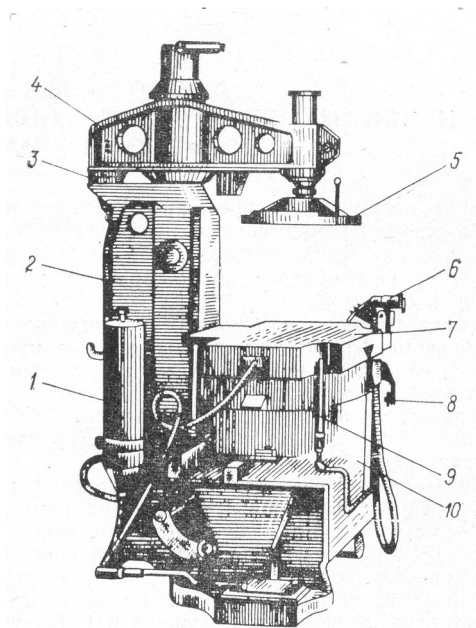


Рисунок 4.1 – Формовочная машина модели 271

Подъемно-вытяжные механизмы машины установлены на станине и соединяются между собой серьгами и рычагами уравнительного вала. При вытяжке четыре подъемных штифта 9 одновременно поднимаются.

На колонне 2 установлен масляный резервуар 1, обеспечивающий подачу масла при вытяжке модели из полуформы для плавного хода механизма подъема штифтов. Управление машиной производится путем переключения рукоятки воздухораспределителя 6 в положения «прессование», «вытяжка», «вибрация».

Формовочные операции при работе осуществляются в такой последовательности:

- 1) очистка на модельной оснастки и покрытие ее разделительным составом;
- 2) установка на модельную плиту опоки и наполнение ее формовочной смесью;
- 3) уплотнение формовочной смеси в опоке встряхиванием;
- 4) дополнительное уплотнение верхних слоев формовочной смеси прессовой плитой;
- 5) включение вибратора и штифтового подъемного механизма;
- 6) съем полуформы с модельной плиты;
- 7) установка полуформы на место сборки формы.

4.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Модели и подмодельная плита, плавильная печь, опоки, смешивающие бегуны, формовочная лопата, встряхивающей формовочной машины с подпрессовкой модели 271, подъемник для модели, клещи для извлечения отливок из формы, молоток, формовочный материал, серебристый графит, жидкий металл для заливки форм.

4.4 Порядок проведения работы

- 1) приготовить формовочную смесь;
- 2) на формовочной машине изготовить литейную форму для заданной отливки;
- 3) залить изготовленную литейную форму расплавленным металлом;
- 4) охлажденную отливку выбить из формы.

Содержание отчета:

- 1) цель работы;
- 2) краткое описание конструкции встряхивающей формовочной машины;
- 3) краткое описание технологии машиной формовки;
- 4) эскизы моделей отливки, литников и прибылей.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое разовые формы?
- 2 Каково назначение модели?
- 3 Что такое опока?
- 4 Какова последовательность выполнения операций по изготовлению формы?
- 5 Какова конструкция встряхивающей формовочной машины?

Лабораторная работа №5 Изготовление стержней

5.1 Цель работы

Ознакомление с процессом изготовления стержней в разъемных стержневых ящиках.

5.2 Основные теоретические сведения

Стержни служат для оформления внутренних полостей отливок (отверстий и т.п.). Стержни изготовляют ручным и машинным способом (на встряхивающих, прессовых, пескометных, пескодувных машинах).

Для изготовления стержней применяются неразъемные и разъемные стержневые ящики. Наиболее часто встречаются разъемные стержневые ящики (рисунок 5.1), состоящие из 2-х частей, центрирующихся с помощью шипов, втулок и скрепляющихся скобами, барашками.

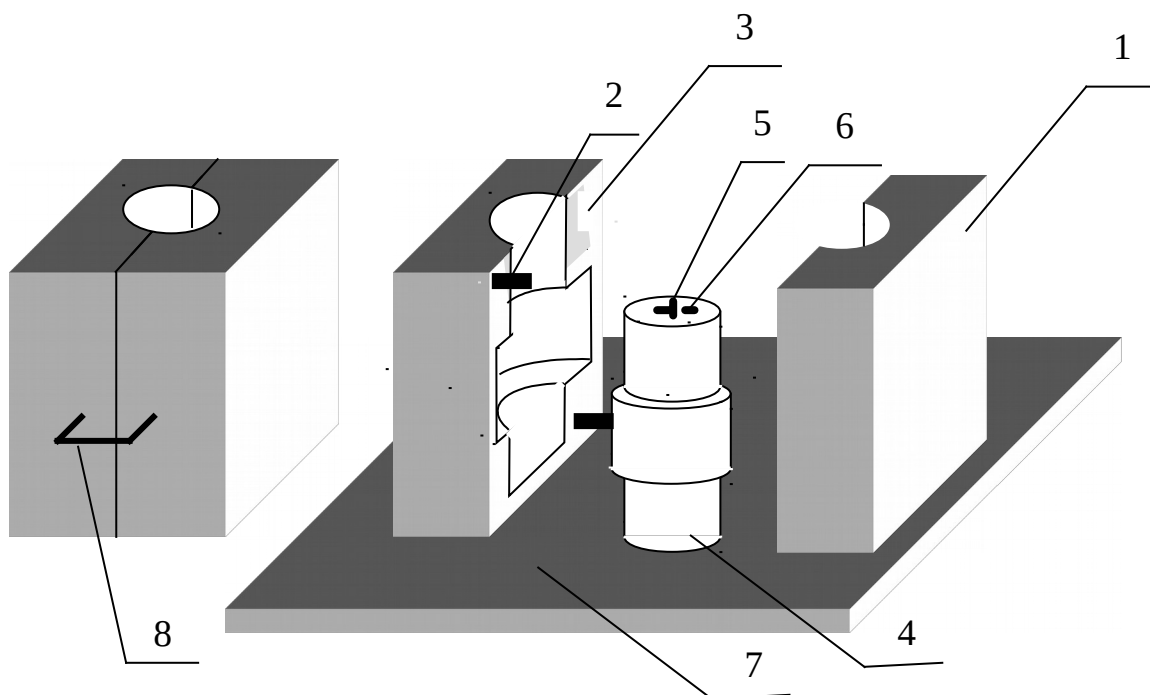


Рисунок 5.1 – Изготовление стержня в разъемном ящике

Стержень изготавливают в определенной последовательности. Рабочую полость стержневого ящика 1 очищают от приставшей стержневой смеси и протирают хлопчатобумажной тканью, смоченной в керосине, и тщательно посыпают графитом. По центрирующим шипам 2 и втулкам 3 обе части ящика соединяются и скрепляются скобами 8. Ящик устанавливают на щиток 7 и наполняют стержневой смесью. Далее смесь уплотняют. С торцевой стороны в стержень вводят каркас 5 из железной проволоки. Каркасы закладывают внутрь стержня для увеличения его прочности и жесткости. Торцы стержня заглаживают гладилкой, а затем в них накалывают вентиляционные каналы 6, необходимые для выхода газов из стержня при заливке литейных форм жидким металлом. Готовый стержень 4 извлекают из стержневого ящика и устанавливают на специальную плиту для сушки, которая придает дополнительную прочность стержню. Режим сушки выбирается с учетом состава смеси и размеров стержня. Сушку можно производить в сушильном шкафу.

5.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Стержневой ящик, трамбовки, гладилки, ланцеты, душники, молоток металлический, молоток деревянный, смешивающие бегуны, формовочный материал (кварцевый песок, глина, крепитель).

5.4 Порядок проведения работы

- 1) приготовить в смешивающих бегунах стержневую смесь;
- 2) подготовить стержневой ящик, формовочный инструмент, рабочее место;
- 3) изготовить стержни;
- 4) провести сушку стержней;
- 5) составить отчет о проделанной работе.

Содержание отчета:

- 1) описать технологию изготовления стержней;
- 2) сделать эскизы стержневого ящика и стержней;
- 3) выбрать состав стержневой смеси.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего используется стержень?
- 2 Какую роль в стержне выполняет каркас, вентиляционный канал, знаковая часть?
- 3 Какие виды стержневых ящиков вы знаете?
- 4 Какова последовательность операций изготовления стержня?

Лабораторная работа №6 Финишные операции при изготовлении отливок

6.1 Цель работы

Ознакомление с финишными операциями изготовления отливок.

6.2 Основные теоретические сведения

К числу финишных операций относят выбивку, очистку, обрубку, зачистку отливок, их термическую обработку, контроль и исправление дефектов. На финишные операции в среднем приходится 25 – 50% трудоемкости изготовления отливок.

После заливки литейных форм жидким металлом отливки охлаждаются в них до температуры выбивки.

Выбивка отливок – процесс удаления затвердевших и охлажденных до температуры выбивки отливок из литейной формы, при этом литейная форма разрушается. Выбивку отливок осуществляют на вы-

бивных установках, с помощью пневматического инструмента и т.п. Выбивку стержней осуществляют вибрационно-пневматическими и гидравлическими устройствами.

Обрубка отливок – процесс удаления с отливки прибылей, литников, выпоров и заливок по месту сопряжения полуформ. Обрубку производят пневматическими зубилами, ленточными и дисковыми пилами, газовой резкой. Литники от чугунных отливок отбивают молотками сразу же после выбивки из форм перед удалением стержней. Литники и прибыли от стальных отливок отрезают газовой или плазменной резкой. Ленточные и дисковые пилы используют для обрубки отливок из алюминиевых, магниевых, медных сплавов.

После обрубки отливки зачищают, удаляя мелкие заливки, остатки прибылей, выпоров и литников. Зачистку выполняют маятниковыми и стационарными шлифовальными кругами, пневматическими зубилами, газопламенной обработкой.

Очистка отливок – процесс удаления пригара, остатков формочной и стержневой смеси с наружных и внутренних поверхностей отливок. Ее осуществляют в галтовочных барабанах, гидropескоструйных и дробеметных камерах, химической или электрохимической обработкой.

Дефекты отливок по внешним признакам подразделяют на наружные (песчаные раковины, перекося, недолив и т.д.) и внутренние (усадочные и газовые раковины, горячие и холодные трещины и т.д.).

Наружные дефекты обнаруживаются внешним осмотром после извлечения отливок из формы или после их очистки.

Внутренние дефекты отливок выявляются радиографическими (рентгеноскопия и другие) или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

Трещины в отливках выявляют люминесцентным контролем, магнитной или цветной дефектоскопией.

Незначительные дефекты в ответственных местах отливок исправляют заделкой замазками или мастиками, пропиткой различными составами, газовой или электрической сваркой.

6.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Затвердевшие отливки в полуформах, отливки с литниками и прибылями из различных сплавов, галтовочный барабан, наждак, молотки, шлифовальный круг.

6.4 Порядок проведения работы

- 1) выбить отливку с литниками из формы;
- 2) провести обрубку литника от отливки;
- 3) зачистить отливку на наждаке;
- 4) провести очистку отливок в галтовочном барабане;
- 5) провести внешний осмотр отливки на наличие дефектов.

Содержание отчета:

- 1) описать последовательность финишных операций изготовления отливки;
- 2) зарисовать эскизы отливок и литников.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите финишные операции при изготовлении отливок.
- 2 Назначение выбивки.
- 3 Назначение обрубки и зачистки.
- 4 Назначение очистки.
- 5 Методы определения дефектов.

Лабораторная работа №7 Влияние скорости охлаждения сплава на структуру слитка

7.1 Цель работы

Ознакомление с факторами влияющими на структуру отливок и слитков.

7.2 Основные теоретические сведения

Свойства сплава в отливках и слитках зависят от его внутреннего строения, размеров, формы и взаимного расположения отдельных кристаллов. При переходе из жидкого состояния в твердое образуется усадочные раковины и пористость, происходит выделение газов, протекают ликвационные процессы, формируется первичная структура, которая является окончательной в отливках из сплавов, не имеющих превращений в твердом состоянии. В сплавах, претерпевающих такие превращения, первичная литая структура оказывает большое влияние на окончательную структуру и свойства отливок и слитков.

Процесс кристаллизации определяется свойствами сплава (теплопроводность, теплоемкость), положением на диаграмме состояния, условиями заливки, различными воздействиями на кристаллизирующийся сплав, условиями охлаждения. Все эти факторы определяют

последовательный (по фронту) или объемный переход жидкой фазы в твердую.

Сплавы, затвердевающие при постоянной температуре или в узком температурном интервале, кристаллизуются последовательно (рисунок 7.1 а). Твердая фаза нарастает от стенок формы к центру отливки по мере снижения температуры. Эти сплавы склонны к образованию обширной зоны столбчатых кристаллов в отливках. Сплавы же с широким интервалом кристаллизации затвердевают обычно объемно (рисунок 7.1 б, в). В этом случае зарождение и рост кристаллов возможны во всей области, где сосуществуют твердая и жидкая фазы. Такие сплавы образуют равноосные кристаллы в отливках.

В период затвердевания отливки, условия охлаждения ее различных зон меняются, поэтому структура этих зон может быть различной.

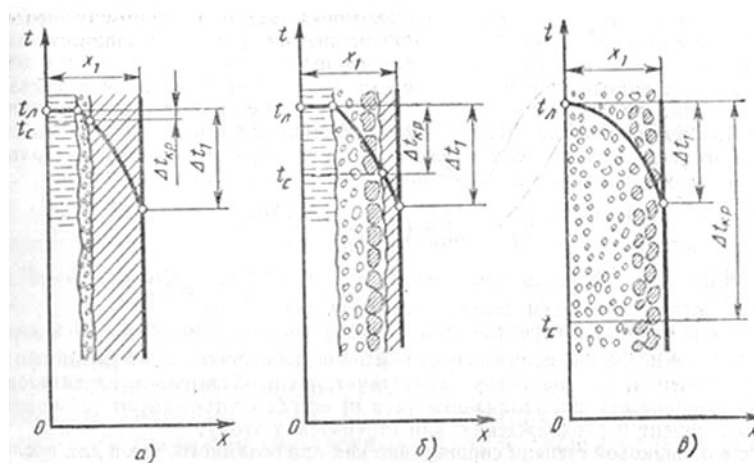


Рисунок 7.1 – Схемы процессов затвердевания сплавов

Мелкие, беспорядочно ориентированные кристаллы обеспечивают высокие эксплуатационные свойства отливок, равномерность этих свойств в различных сечениях. Только в некоторых специальных областях предпочтительным является применение отливок со столбчатой структурой (постоянные магниты). Поэтому состав сплавов и технологию их обработки выбирают преимущественно таким образом, чтобы получать в отливках мелкозернистую равноосную структуру.

Сплавы в отливках всегда кристаллизуются неравновесно из-за неполного диффузионного массопереноса в расплаве и почти полного отсутствия массопереноса в кристаллах. В этих условиях имеет место дендритная кристаллизация, когда кристаллы приобретают разветвленную форму, часто напоминающую ствол дерева с ветвями. На металлографическом шлифе, плоскость которого расположена произ-

вольно по отношению к направлению стволов и ветвей дендритов, случайные сечения этих стволов и ветвей выглядят как ячейки. Эти ячейки, называемые дендритными, выявляются на шлифах благодаря локальным различиям состава, т.е. дендритной ликвации. Если сплав представляет собой однородный твердый раствор, то ячейки занимают все поле шлифа. Если в сплаве имеется эвтектическая составляющая, дендритные ячейки разделены полями эвтектики. Увеличение скорости охлаждения при кристаллизации сплавов всегда вызывает измельчение дендритной ячейки. Это происходит в результате следующих обстоятельств.

Рост кристаллов сплавов при обычных скоростях охлаждения, не превышающих 10^4 °C/с, происходит за счет диффузионного массопереноса в расплаве, который определяется площадью поверхности кристалла, коэффициентом диффузии в расплаве, градиентом концентрации компонентов в слое расплава около растущего кристалла. При увеличении скорости охлаждения должно происходить увеличение массы вещества, кристаллизующегося в единицу времени, соответственно возросшему количеству теплоты, отводимой от расплава. Коэффициент диффузии постоянен для заданной температуры, поэтому необходимое для развития кристаллов увеличение массы вещества может быть достигнуто за счет роста площади поверхности кристаллов и увеличения градиента концентрации в слое расплава около кристалла.

Обе эти возможности реализуются при более частом расположении ветвей на стволах дендритов. В структуре эти изменения проявляются как измельчение дендритной ячейки. Расчеты по описанному механизму дают следующую зависимость размера дендритной ячейки d от скорости охлаждения v в интервале кристаллизации: $dv^{0,5+0,3}=A$. Коэффициент A зависит от концентрации легирующего компонента в сплаве, коэффициента распределения этого компонента, коэффициента диффузии. Действие указанной зависимости наблюдается в очень широком диапазоне скоростей охлаждения, примерно от 10^{-3} до 10^3 °C/с. При очень малых скоростях охлаждения диффузионный массоперенос перестает быть «узким местом» процесса. В этих условиях образуется плоский фронт кристаллизации и формально d стремится к бесконечности. При очень больших скоростях охлаждения изменяется сущность процесса: кристаллизация становится недендритной, затем начинается образование аморфного металла. Практически размер дендритной ячейки изменяется от $0,5 \div 1$ мм в массивных сечениях крупных отливок до $3 \div 5$ мкм в поверхностных слоях мелких отливок, получаемых в металлических формах.

7.3 Необходимое оборудование, инструменты и материалы

Плавильная печь с рабочей температурой до 900 °С, металлографический микроскоп, полировальные круги, приборы для записи показаний термопар со скоростью движения ленты не менее 0,5 см/с; хромель-алюмелевые термопары из проволоки диаметром 0,3÷0,5 мм, изложницы с поддоном для получения цилиндрических слитков диаметром 35÷40, высотой до 150 мм, модели указанных размеров для изготовления песчаной формы, опоки, плавильный и формовочный инструмент, ножовка, напильники, шлифовальная шкурка, первичный алюминий, лигатура алюминий-медь (50:50), вата, металлографические реактивы для травления алюминиевых сплавов на микроструктуру, спецодежда, рукавицы, прозрачные лицевые щитки.

7.4 Порядок проведения работы

- 1) Рассчитать требуемое количество алюминия и лигатуры для получения 1,5÷2 кг сплава. Состав сплава задается преподавателем.
- 2) Загрузить шихту в тигель, поставить тигель в печь, и довести температуру расплава до 700 °С.
- 3) Изготовить песчаную форму по модели для получения отливки в виде цилиндра.
- 4) Собрать и подогреть металлическую изложницу до 80 °С.
- 5) Установить термопару с обнаженным горячим спаем в песчаной форме и изложнице. Спай должен находиться примерно в центре сечения на половине высоты полости формы.
- 6) Подсоединить термопары к самопишущим потенциометрам, включаем движение ленты прибора.
- 7) Залить обе формы расплавом.
- 8) Тигель с оставшимся расплавом поместить обратно в отключенную печь, погрузить в расплав горячий спай термопары, подсоединенный к самопишущему потенциометру.
- 9) После достижения температуры (по показаниям приборов) 300÷400 °С отсоединить термопары от приборов, извлечь отливки из форм и металл из тигля и дать им охладиться до нормальной температуры.
- 10) Вырезать куски диаграммной ленты с записью кривых охлаждения.
- 11) Разрезать отливки и металл из тигля по месту расположения горячего спая термопары, вырезать образцы около горячего спая размером 15×15×15 мм.

12) Зачистить на образцах площадку размером 10×10 мм, обработать ее напильниками и шлифовальной шкуркой, отполировать поверхность на полировальном круге.

13) Протравить шлиф до выявления дендритной структуры.

7.5 Результаты наблюдений и их обработка

По приведенным в таблице 7.1 данным определить температуру ликвидуса и солидуса исследуемого сплава.

Таблица 7.1

Содержание Cu, % по массе	2	5	8	10	15	20
Температура ликвидуса, °C	635	647	633	627	610	590
Температура солидуса, °C	614	570	548	548	548	548

По кривым охлаждения, записанным на диаграммной ленте, определить с учетом скорости движения ленты скорости охлаждения сплава в интервале кристаллизации при литье в металлическую и песчаную формы и при кристаллизации металла в печи.

На микроскопе с помощью объект-микрометра и окуляра с сеткой определить средний размер дендритной ячейки в полученных образцах сплава по 30÷50 измерениям.

Провести статистическую обработку результатов измерения дендритной ячейки. Рассчитать дисперсию и найти доверительный интервал при вероятности 0,95, оценить относительную погрешность измерений.

Содержание отчета:

- 1) краткое изложение теории;
- 2) методика проведения работы;
- 3) результаты определения размера дендритной ячейки и скоростей охлаждения сплава;
- 4) графические зависимости d от v в простой и логарифмической форме;
- 5) фотографии (рисунки) микроструктур;
- 6) выводы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется дендритной ячейкой?

2 Как влияет скорость охлаждения при кристаллизации сплава на размер дендритной ячейки?

3 Каков приблизительно размер дендритной ячейки при скоростях охлаждения от 1 до 10 °С/с?

4 Влияет ли размер дендритной ячейки на механические и эксплуатационные свойства литого сплава?

Лабораторная работа №8 Общие сведения о непрерывном литье заготовок

8.1 Цель работы

Ознакомление с факторами влияющими на качество непрерывнолитых слитков.

8.2 Основные теоретические сведения

При непрерывном литье жидкий металл непрерывно поступает в кристаллизатор, придающий слитку надлежащее поперечное сечение, а затвердевшая часть слитка непрерывно вытягивается из него. В зависимости от особенности сплава и размеров слитка кристаллизатор имеет конструктивное различное оформление. В производственных условиях используют кристаллизаторы двух конструкций. В одной из них вода не только омывает гильзу кристаллизатора, формирующей слиток, но и через специальные отверстия или щель на нижней кромке подается на выходящий из него слиток. Такие кристаллизаторы нельзя применять при литье слитков из сплавов, склонных к образованию горячих трещин, так как в слитках образуются трещины из-за интенсивного охлаждения. В таких случаях используют кристаллизаторы, конструкция которых не предусматривает подачу воды на слиток, охлаждение и кристаллизация расплава осуществляется лишь за счет отвода теплоты через гильзу, охлаждаемую водой.

Непрерывное литье слитков осуществляют на специальных машинах, имеющих различные механизмы вытягивания слитков из кристаллизатора (роликовый, винтовой, тросовый, цепной, гидравлический).

Основным технологическим параметром непрерывного литья является скорость вытягивания слитка из кристаллизатора, или, иначе, скорость литья. Она должна быть такой, чтобы при наибольшей производительности машины, получаемые слитки имели хорошую поверхность и не имели усадочной пористости в центральной зоне, а также трещин. Ее обычно определяют по эмпирическим формулам. Например, оптимальную скорость литья v круглых слитков сплава Д19 в низ-

кий кристаллизатор ($H/D = 0,25 \div 0,4$, где H – высота кристаллизатора, м; D – диаметр слитка, м) находят из эмпирического соотношения

$$\vartheta = 1,6/D^n$$

где n – показатель степени (для слитков диаметром 100÷400 мм $n = 1$; для слитков большего диаметра $n > 1$).

Усадочная пористость в слитках, полученных непрерывным литьем, появляется при чрезмерно большой скорости литья, когда центральная часть слитка не успевает затвердеть и остается, жидкой на большой глубине, образуя глубокую лунку. При этом значительно расширяется двухфазовая зона, что неизбежно приводит к образованию усадочной пористости.

Скорость литья существенно влияет на структуру слитков, поскольку предопределяет скорость кристаллизации в любой его точке

$$\vartheta_k = \vartheta \cdot \cos \alpha$$

где v_k – скорость кристаллизации, см/с;

α – угол между осью слитка и нормалью к поверхности кристаллизации в этой точке.

Для таких слитков характерны значительные внутренние термические напряжения, которые появляются вследствие различия температур слоев слитка в период затвердевания и охлаждения. Трещины могут быть холодными и горячими.

В круглых слитках наблюдаются внутренние и поверхностные радиальные трещины. Внутренние радиальные трещины появляются при излишне большой скорости вытягивания слитка, когда разность температур внутренних и наружных слоев становится очень большой. Внутренние слои в ходе затвердевания и охлаждения стремятся сократить свои размеры, но этому препятствуют наружные, более холодные и потому более прочные слои, и внутренние слои оказываются под действием растягивающих напряжений. Во избежания внутренних трещин уменьшают скорость вытягивания и интенсивность охлаждения слитков (применяют высокие кристаллизаторы, для непосредственного охлаждения слитка вместо воды используют воздух).

Поверхностные радиальные трещины возникают при слишком низкой скорости литья, когда лунка в кристаллизаторе располагается выше уровня поступления воды непосредственно на слиток. Темпера-

тура наружных слоев, попавших в зону непосредственного охлаждения водой, резко понижается, слои начинают сокращаться, но этому препятствует уже затвердевшая сердцевина слитка. В результате наружные слои оказываются растянутыми и в них могут появиться трещины. Направленное затвердевание металла и интенсивный отвод теплоты при непрерывном литье способствуют получению более плотных слитков и снижают вероятность образования в них усадочных раковин и пор.

8.3 Оборудование, инструмент и материалы

Для отливки слитков используют установку МНЛЗ (рисунок 8.1). Она представляет собой сварной металлический корпус 2, внутри которого смонтирован механизм вытягивания слитка из кристаллизатора 1. Механизм вытягивания состоит из электропривода 12, приводящего во вращение винт 8, по которому вверх и вниз перемещается стол машины 3 с затравкой 4. Для предотвращения перекосов стола машина снабжена двумя направляющими стойками 5. Перед началом

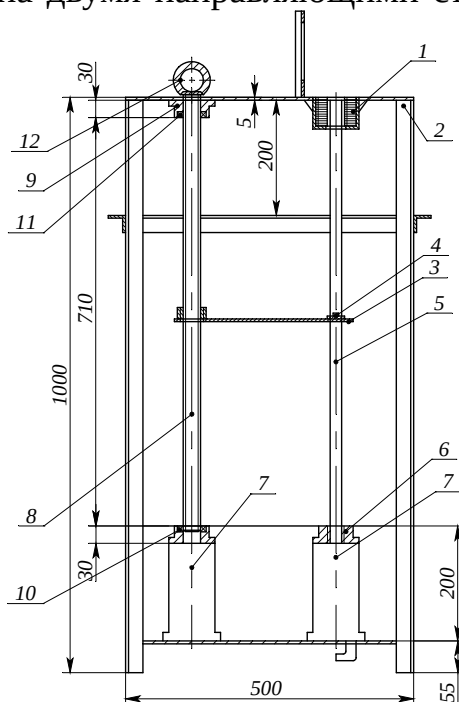


Рисунок 8.1 – Схема установки МНЛЗ

литья включением пускателя стол машины поднимают вверх так, чтобы затравка вошла в кристаллизатор.

Для выполнения работы также необходимы печь для плавки металла, технические весы, переносной гальванометр с термопарой, твердомер, станок для разрезки слитков, набор плавно-разливоч-

ного инструмента и материалов для изготовления макрошлифов, сплав Д16 или АК6 и т.п., спецодежда.

8.4 Порядок проведения работы

- 1) Ознакомиться с устройством и работой установки для литья слитков. Определить скорость движения стола машины.
- 2) Подготовить установку к литью:
 - а) смазать кристаллизатор вакуумным маслом;
 - б) ввести затравку в кристаллизатор;
 - в) в зазор между кристаллизатором и затравкой заложить асбестовый шнур;
 - г) направить желоб в кристаллизатор;
 - д) установить пускатель на необходимую скорость литья.
- 3) Отобрать порцию жидкого сплава из миксера в тигель.
- 4) Измерить температуру металла в тигле и начинаем заливку через желоб в кристаллизатор при неподвижной затравке. Температура сплава перед заливкой должна быть $710 \div 730$ °С. Заливку металла в кристаллизатор производить только в присутствии лаборанта.
- 5) По достижении уровня металла в кристаллизаторе на $5 \div 10$ мм ниже верхнего предела включить установку на опускание стола машины. Во время литья уровень металла в кристаллизаторе следует поддерживать постоянным. После окончания литья дать слитку выйти из кристаллизатора, и выключить установку.
- 6) Выключить воду и снять слиток с затравки.
- 7) Подготовить машину к заливке еще двух слитков при тех же условиях литья.
- 8) Подготовить машину к заливке трех слитков при других скоростях литья, отличающихся между собой на 50 – 80 %, остальные параметры остаются прежними.
- 9) Отлить новые слитки.
- 10) Оценить качество слитков:
 - а) по чистоте поверхности (неслитины, поры, плены, неспаи, ликвационные наплавы и др.);
 - б) по глубине усадочной раковины;
 - в) по макроструктуре и плотности. Для этого от каждого слитка отрезать литниковую часть длиной 100- 120 мм для изготовления продольного (по диаметру слитка) макрошлифа и поперечный темплет толщиной 30 мм, обе стороны которого обрабатываем под макрошлиф.
- 11) Протравить макрошлифы реактивом Келлера.

12) Определить размер макрозерна и угол наклона столбчатых зерен к оси слитка. Измерить твердость в поперечных и продольных темплетах [3, с. 237].

8.5 Результаты наблюдений и их обработка

Результаты измерений внести в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Результирующая таблица

Номер слитка	Условия литья			Размер макрозерна	Глубина усадочной раковины	Твердость шлифа, МПа		Качество поверхности слитка
	Скорость заливки, см ³ /с	Температура металла, С ⁰	Количество охлаждающей воды, см ³ /с			мм		

Провести статистическую обработку результатов определения размера макрозерна, твердости и глубины усадочной раковины слитков. Оценить относительную погрешность определений, найти доверительный интервал при вероятности 0,95.

Построить графические зависимости структуры, плотности и твердости слитков от скорости литья.

Содержание отчета:

- 1) схема и описание установки непрерывного литья заготовок;
- 2) технология литья слитков;
- 3) таблица с данными по условиям литья и результаты исследования структуры, твердости и качества поверхности;
- 4) фотографии (рисунки) макроструктуры слитков;
- 5) графики;
- 6) выводы.

Контрольные вопросы

1 В чем принципиальное отличие непрерывного литья слитков от литья слитков в изложнице?

- 2 Перечислите основные узлы установки непрерывного литья.
- 3 Какая зависимость существует между скоростью непрерывного литья и скоростью кристаллизации?
- 4 Опишите механизм образования внутренних и наружных радиальных трещин в слитках, полученных непрерывным литьем.
- 5 Как влияет скорость непрерывного литья на глубину лунки слитков?

Литература

1 Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и плавка их в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.

2 Емельянова А.П. Технология литейной формы. - М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.

3 Лабораторные работы по технологии литейного производства: Учеб. пособие. А.В. Курдюмов, А.М. Михайлов, Б.В. Бауман./ Под общ. ред. А.В. Курдюмова. – 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.

4 Технология конструкционных материалов./ Под ред. А.М. Дальского. - М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

5 Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства. - М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

Содержание

Введение	3
1 Технология производства отливок в разовых песчано-глинистых формах	4
2 Плавка алюминиевых сплавов в электрической печи сопротивления	7
3 Ручная формовка литейных форм	11
4 Машинная формовка литейных форм	14
5 Изготовление стержней	17
6 Финишные операции при изготовлении отливок	19
7 Влияние скорости охлаждения сплава на структуру слитка	21
8 Получение слитков непрерывным литьем	26
Литература	32

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
Пфейфер Н.Э.

(подпись)

«__» _____ 200__ г.

Составитель магистр, старший преподаватель Быков П.О.

Кафедра металлургии

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 200__ г. Протокол № _____
Заведующий кафедрой _____ Суюндиков М.М.
Одобрено учебно-методическим советом факультета металлургии, машиностроения и транспорта «__» _____ 200__ г. Протокол № _____

Председатель УМС _____ Дудак Н.С.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета _____ Токтаганов Т.Т. «__» _____ 200__ г.
(подпись)

Н/к ОМК _____ Баяхметова Г.С. «__» _____ 200__ г.
(подпись)

ОДОБРЕНО УМО

Начальник УМО _____ Головерина Л.Т. «__» _____ 200__ г.
(подпись)