

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Металлургия черных и цветных сплавов»

## ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Практикум

для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (по направлениям)»  
специализации 1-42 01 01 – 01 01 «Литейное производство  
черных и цветных металлов»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области металлургического оборудования и технологий*

Минск  
БНТУ  
2021

УДК 621.744.3 (076.5)

ББК 34.7

Т38

**С о с т а в и т е л ь**

*А. М. Михальцов*

**Р е ц е н з е н т ы:**

зав. кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»  
ГГТУ им. П. О. Сухого, канд. техн. наук, доцент *Ю. А. Бобарикин*;  
доцент кафедры «Машины и технология литейного производства»  
БНТУ, канд. техн. наук *В. А. Скворцов*

**Технология** литейной формы: практикум для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» специализации 1-42 01 01 – 01 01 «Литейное производство черных и цветных металлов» / сост. А. М. Михальцов. – Минск : БНТУ, 2021. – 49 с.

ISBN 978-985-583-247-9.

Лабораторные работы предназначены для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении соответствующего курса, приобретения практических навыков при определении марок песков, свойств формовочных и стержневых смесей.

**УДК 621.744.3 (076.5)**

**ББК 34.7**

**ISBN 978-985-583-247-9**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## Лабораторная работа № 1

### ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА

**Цель работы:** ознакомиться с устройством разовой песчано-глинистой литейной формы, выяснить функциональное назначение элементов литниковой системы, приобрести навыки изготовления разовой формы.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом формируется отливка. Литейная форма состоит из собственно формы для воспроизведения наружных контуров отливок и литейных стержней для образования внутренних полостей, отверстий, поднутрений. По количеству заливок формы разделяют на разовые и постоянные (многokrратно используемые).

Литниковая система – совокупность каналов, служащих для заполнения рабочей полости литейной формы расплавленным металлом. Основные элементы литниковой системы для СЧ: чаша, стояк, шлакоуловитель, питатель. Для регулирования скорости заполнения формы металлом используют дроссели, представляющие собой местное сужение и располагаемые между стояком и шлакоуловителем.

В условиях массового и крупносерийного производства, как правило, используется формовка в двух опоках. Модели верха и низа с соответствующими элементами литниковой системы стационарно располагают на подмодельных плитах. При этом на подмодельной плите верха наряду с моделью отливки, как правило, размещают модель шлакоуловителя и место для установки модели стояка с литниковой чашей. На подмодельной плите низа располагают модель низа отливки, модели питате-

лей, дросселя и зумпфа. Зумпф – нижняя часть стояка, принимающая на себя динамический удар заливаемого металла.

В условиях мелкосерийного производства используется формовка в двух опоках по разъемной модели.

### **Оборудование и материалы**

1. Бегуны лабораторные.
2. Шкаф сушильный.
3. Модельный комплект.
4. Печь плавильная.
5. Песок кварцевый.
6. Жидкое стекло.
7. Отработанная формовочная земля.
8. Формовочный инструмент.

### **Порядок выполнения работы**

1. Приготовить стержневую смесь, состоящую из песка и жидкого стекла (5 %).

2. Вручную наполнить стержневой ящик стержневой смесью, уплотнить и поместить в сушильный шкаф для отверждения (200 °С).

3. Через 30 мин вынуть стержневой ящик из сушильного шкафа, разобрать его и извлечь стержень.

4. Приготовить формовочную смесь из отработанной формовочной земли, свежих материалов и воды.

5. Очистить модели и плиты от остатков формовочной земли.

6. Установить модель низа с питателем на подмодельную плиту.

7. Нанести разделительное покрытие на поверхность модели для предотвращения прилипания формовочной смеси.

8. На подмодельную плиту установить опоку и насыпать слой формовочной смеси высотой 50–70 мм. Руками уплотнить смесь вокруг моделей.

9. Насыпать второй слой формочной смеси высотой 50–70 мм и произвести ее уплотнение трамбовкой. И так до заполнения опоки. Излишек смеси над верхним срезом опоки удаляют линейкой.

10. Накрыть опоку подопочной плитой и перекантовать ее на 180°.

11. Снять подопочную плиту и установить вторую половину модели, а также модель шлакоуловителя и стояка.

12. Нанести разделительное покрытие на поверхность моделей.

13. В опоку низа строго вертикально ближе к углам установить металлические штыри для последующей сборки опок.

14. Установить опоку верха и заполнить ее слоем формочной смеси высотой 50–70 мм. Руками уплотнить смесь вокруг моделей.

15. Выполнить пункт 9.

16. В заформованной опоке верха накальваем иглой вентиляционные каналы для выхода газов.

17. Поднимаем опоку верха, кантуем на 180°.

18. Для образования небольших зазоров между уплотненной смесью и моделью ее слегка расталкивают ударами молотка и извлекают из формы, сохраняя вертикальное положение подъема.

19. Аналогичным образом извлекают модели из опоки низа.

20. Сделать эскизы подмодельных плит с моделями и заформованных опок.

21. Собрать форму, предварительно проставив стержень в полуформе низа.

22. Установить на собранную форму груз.

23. Залить форму металлом.

24. Выполнить эскиз с разрезом собранной формы (без отливки).

25. Выполнить эскиз предполагаемой отливки с литниковой системой.

26. Извлечь отливку с литниковой системой и сравнить ее с выполненным эскизом.

### **Содержание отчета**

1. Эскизы подмодельных плит с моделями верха и низа.
2. Эскизы полуформ верха и низа с проставленным стержнем.
3. Эскиз формы в сборе (разрез).
4. Эскизы стержневого ящика и стержня.
5. Эскиз отливки с литниковой системой.

## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ФОРМОВОЧНОГО ПЕСКА

**Цель работы:** изучить классификацию формовочных песков, освоить методики определения марки формовочного песка.

Работа рассчитана на 6 часов.

#### Общие сведения

Для изготовления литейных форм и стержней в качестве формовочного материала в основном используются пески на основе кварца (кремнезема, двуокиси кремния плотностью  $2,650 \text{ кг/м}^3$  с температурой плавления  $1713 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Согласно ГОСТ 2138-91 формовочные пески в зависимости от массовой доли глинистой составляющей подразделяют на кварцевые (К), тощие (Т), жирные (Ж). Под глинистой составляющей подразумевают глинистые материалы, а также обломки зерен кварца и других минералов размером менее  $0,02 \text{ мм}$ .

*Кварцевые и тощие* формовочные пески подразделяют на группы в зависимости от массовой доли глинистой составляющей, кварца, коэффициента однородности и среднего размера зерна (табл. 2.1–2.6). Кварцевые пески содержат до  $2,0 \%$  глинистой составляющей (табл. 2.1–2.4).

Таблица 2.1

Группа	Массовая доля глинистой составляющей в %, не более
1	0,2
2	0,5
3	1,0
4	1,5
5	2,0

Таблица 2.2

Группа	Массовая доля диоксида кремния в %, не менее
K <sub>1</sub>	99,0
K <sub>2</sub>	98,0
K <sub>3</sub>	97,0
K <sub>4</sub>	95,0
K <sub>5</sub>	93,0

Таблица 2.3

Группа	Коэффициент однородности, %
O <sub>1</sub>	свыше 80,0
O <sub>2</sub>	от 70,0 до 80,0
O <sub>3</sub>	от 60,0 до 70,0
O <sub>4</sub>	от 50,0 до 60,0
O <sub>5</sub>	до 50,0

Таблица 2.4

Группа	Средний размер зерна, мм
01	до 0,14
016	от 0,14 до 0,18
02	от 0,19 до 0,23
025	от 0,24 до 0,28
03	свыше 0,28

Обозначение марок кварцевых песков состоит из обозначений групп по массовой доле глинистой составляющей (табл. 2.1), массовой доле кварца (диоксида кремния, табл. 2.2), коэффициенту однородности (табл. 2.3) и среднему размеру зерна (табл. 2.4). Например, 3K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>O<sub>16</sub> – кварцевый формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей до 1,0 %, массовой долей диоксида кремния не менее 98 %, коэффициентом однородности в пределах от 70 до 80 % и средним размером зерна в пределах от 0,14 до 0,18 мм.



Тощие пески содержат от 2,0 до 12,0 % глинистой составляющей (табл. 2.5, 2.6).

Таблица 2.5

Группа	Массовая доля глинистой составляющей в %, не более
1	4,0
2	8,0
3	12,0

Таблица 2.6

Группа	Массовая доля диоксида кремния в %, не более
T <sub>1</sub>	96,0
T <sub>2</sub>	93,0
T <sub>3</sub>	90,0

Маркируют тощие формовочные пески аналогично кварцевым, используя данные по массовой доле глинистой составляющей и диоксида кремния из табл. 2.5 и 2.6, а по коэффициенту однородности и среднему размеру зерна – из табл. 2.3 и 2.4. Например, 2Т<sub>2</sub>О<sub>4</sub>02 – тощий формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей не более 8,0 %, массовой долей диоксида кремния не менее 93,0 %, коэффициентом однородности от 50,0 до 60,0 % и средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм.

Жирные формовочные пески содержат от 12,0 до 50,0 % глинистой составляющей. Они подразделяются на группы в зависимости от предела прочности во влажном состоянии (табл. 2.7) и среднего размера зерна (табл. 2.4).

Таблица 2.7

Группа	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, МПа
Ж <sub>1</sub>	свыше 0,08
Ж <sub>2</sub>	от 0,05 до 0,08
Ж <sub>3</sub>	до 0,05

Соответственно, маркировка жирного песка состоит из обозначений групп по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии и среднему размеру зерна. Например, Ж<sub>1</sub>025 – жирный формовочный песок с пределом прочности при сжатии во влажном состоянии свыше 0,08 МПа и средним размером зерна от 0,24 до 0,28 мм.

## **Определение глинистой составляющей**

### **Материалы и оборудование**

1. Шкаф сушильный.
2. Весы лабораторные с погрешностью  $\pm 5$  мг.
3. Стакан высотой 170 мм.
4. Трубка U-образная диаметром 6...9 мм.
5. Мешалка лабораторная с сосудом емкостью 1 дм<sup>3</sup>.
6. Палочка стеклянная длиной 0,3 м.
7. Печь муфельная с терморегулятором до 1000 °С.
8. Чаша кварцевая.
9. Натрий фосфорнокислый пиро по ГОСТ 342-77, раствор 10 г/дм<sup>3</sup>.

### **Нормальный метод**

1. Готовят две навески массой по 50 г каждая.
2. Первую навеску высушивают при 105...110 °С и помещают в эксикатор.
3. Вторую навеску помещают в сосуд, приливают 475 см<sup>3</sup> воды и 25 см<sup>3</sup> раствора пирофосфата натрия (10 г/дм<sup>3</sup>). Сосуд плотно закрывают пробкой, устанавливают на лабораторную мешалку и взбалтывают в течение 1 ч.
4. Сосуд снимают с мешалки, открывают пробку, тщательно смывают водой глину с пробки в сосуд. Смесь переливают в стакан для отделения глинистых частиц. Смесь доливают водой до отметки 150 мм, перемешивают стеклянной палочкой и дают отстояться в течение 10 мин.

5. Сливают воду до уровня 12 мм от поверхности осадка с помощью U-образной трубки. Операцию отмучивания повторяют два раза.

6. Сосуд в третий раз доливают водой до того же уровня, смесь перемешивают палочкой и дают отстояться 5 мин. Сливают воду. Отмучивание повторяют до тех пор, пока вода в стакане после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной.

7. Осадок из сосуда полностью переносят в кварцевую чашу, отстаивают в течение 5 минут, воду сливают.

8. Осадок высушивают при температуре 105...110 °С.

9. Обе навески переносят в муфельную печь и прокаливают при температуре 1000 °С в течение 1 ч. Охлаждают в эксикаторе. Взвешивают.

### Обработка результатов

Остаточную массу первой навески ( $x_1$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$x_1 = \frac{[m - (m_1 - m_2)]}{m} \cdot 100 \%,$$

где  $m$  – исходная масса навески, г;

$m_1$  – масса навески после сушки в шкафу, г;

$m_2$  – масса навески после прокаливания, г.

Остаточную массу второй навески ( $x_2$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$x_2 = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \%,$$

где  $m$  – исходная масса навески, г;

$m_1$  – масса навески после удаления глинистых частиц и прокаливания, г.

Массовую долю глинистых частиц ( $x$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$x = (x_1 - x_2).$$

### Ускоренный метод

1. Навеску массой 20 г помещают в стакан высотой 170 мм, доливают 300 см<sup>3</sup> воды и кипятят в течение 10 мин.

2. В стакан добавляют 200 см<sup>3</sup> воды и перемешивают в течение 5 мин с помощью обычной лабораторной мешалки.

3. Стакан со смесью доливают водой до отметки 150 мм, перемешивают стеклянной палочкой и дают отстояться в течение 10 мин.

4. По истечении указанного времени воду сливают до уровня 12 мм от поверхности осадка с помощью  $U$ -образной трубки. Отмучивание повторяют два раза.

5. В третий раз смесь отстаивается 5 мин. После чего вода вновь сливается. Отмучивание повторяют до тех пор, пока вода в стакане после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной.

6. Остаток отстаивают в течение 5 мин (либо переносят в кварцевую чашу), воду сливают. Осадок высушивают при температуре 105...110 °С и взвешивают. При наличии органических примесей высушенный осадок переносят в открытый кварцевый тигель и прокаливают при температуре 1000 °С в течение 1 часа. Испытание проводят параллельно на двух навесках.

7. Массовую долю глинистых частиц ( $x$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$x = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%,$$

где  $m$  – масса навески песка, г;

$m_1$  – масса навески песка после удаления глинистых частиц, г.

## **Определение среднего размера зерна и коэффициента однородности**

Средний размер зерна и коэффициент однородности рассчитывают по данным гранулометрического состава. Метод определения гранулометрического состава основан на определении количественного распределения частиц по крупности рассевом на ситах.

### **Оборудование и материалы**

1. Прибор для определения гранулометрического состава (модель 029).
2. Комплект сит по ГОСТ 6613-73.
3. Весы лабораторные погрешностью  $\pm 5$  мг.
4. Кисть мягкая.

### **Порядок выполнения**

1. Навеску песка после определения в ней массовой доли глинистой составляющей помещают на верхнее сито комплекта, в котором сита расположены в нисходящем порядке.
2. Рассев ведут в течение 15 мин.
3. После окончания отсева снимают остатки песка отдельно с каждого сита, количественно переносят на глянцевую бумагу и взвешивают.

### **Обработка результатов**

Массовую долю остатка песка на сите ( $x$ ) в процентах вычисляют по формуле

$$x = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \%,$$

где  $m_1$  – масса остатка на сите, г;

$m$  – масса исходной навески, г.

Для определения среднего размера зерна и коэффициента однородности строят интегральную кривую распределения частиц по размерам.

По оси абсцисс в логарифмическом масштабе откладывают значения размеров сторон ячеек сит начиная с 0,05 мм, а по оси ординат в линейном масштабе – количество прошедшего через данное сито песка в процентах. Численные значения сторон ячеек сит после логарифмирования приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Численные значения сторон ячеек (Д), мм	2,5	1,6	1,0	0,63	0,4
Lg Д (округлено)	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4
Численные значения сторон ячеек (Д), мм	0,315	0,2–0,16	0,1	0,063	0,05
Lg Д (округлено)	-0,5	-0,7–0,8	-1,0	-1,2	-1,3

Вычисленные значения наносим на ось абсцисс в мм с коэффициентом 10 (для удобства). Полученные при рассеивании песка данные сводим в таблицу (см. пример, табл. 2.9, вторая колонка).

Таблица 2.9

Размер стороны ячейки сит, мм	Остаток на сите, г	Остаток на сите, %	Прошедший через сито песок, %
2,5	0	–	100
1,60	0	–	100
1,00	0,1	0,21	99,79
0,63	0,82	1,64	98,11

Размер стороны ячейки сита, мм	Остаток на сите, г	Остаток на сите, %	Прошедший через сито песок, %
0,40	4,05	8,28	89,83
0,315	8,85	18,10	71,73
0,20	13,05	26,70	45,03
0,16	11,40	23,30	21,73
0,10	7,85	16,03	5,70
0,063	2,50	5,12	0,58
0,05	0,15	0,31	0,27
Поддон	0,13	0,27	0,00
	= 48,90		

Рассчитываем значения колонок 3 и 4. Последние наносим на график (рис. 2.1). Соединяем полученные на графике точки ломаной кривой.

Средний размер зерна ( $D_{\text{ср}}$ ) соответствует размеру сторон ячеек сита, через которые проходит 50 % песчаной основы. На оси абсцисс перпендикуляр отсекает отрезок, равный 6,7 или с учетом коэффициента 0,67. Находим значение, обратное логарифму числа 0,67. Оно равно 0,214 или округленно 0,21. Согласно табл. 2.4 песок следует отнести к группе 0,2 со средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм. Далее для определения коэффициента однородности (O) по интегральной кривой находим процентное содержание песка, прошедшее через условное сито с размером ячейки  $4/3 D_{\text{ср}}$  и  $2/3 D_{\text{ср}}$ . Для этого находим, что в нашем случае  $4/3 D_{\text{ср}} = 0,28$  и  $2/3 D_{\text{ср}} = 0,14$ . После логарифмирования этих значений получим соответственно 0,55 и 0,85, с учетом масштабного коэффициента – 5,5 и 8,5. Из точек с данными координатами на оси абсцисс восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с ломаной кривой (см. рис. 2.1) и на оси ординат находим процентное содержание песка, которое может пройти через 2 сита со сторонами ячеек 0,14 и 0,28 мм соответственно. Это 17 и 64 %. Разность полученных значений и дает коэффициент однородности:  $O = 64 - 17 = 47 \%$ .

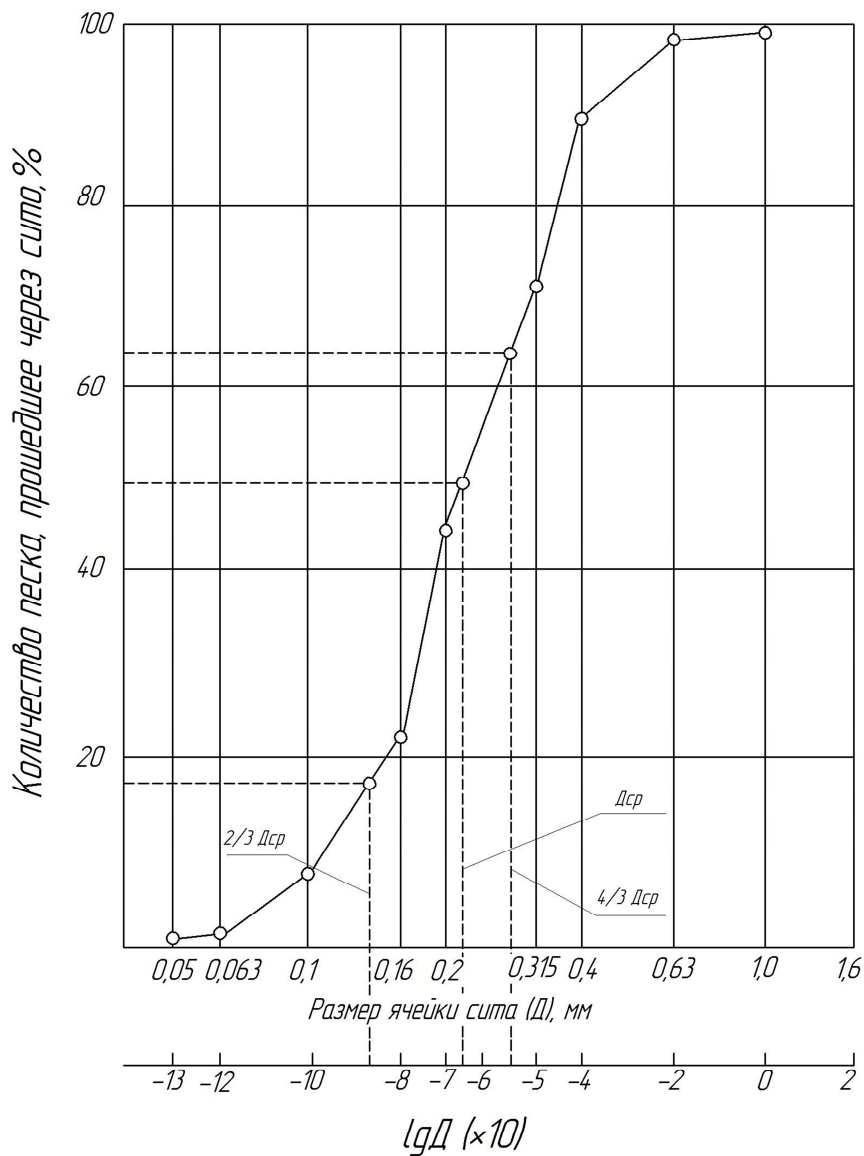


Рис. 2.1. Интегральная кривая распределения зерен песка по размерам



Согласно табл. 2.3 данный песок относится к группе О<sub>5</sub>. Таким образом, приведенный в качестве примера песок имеет марку 1Т<sub>1</sub>О<sub>5</sub>02.

### **Содержание отчета**

1. Таблица экспериментальных и расчетных данных.
2. Интегральная кривая распределения.
3. Значения  $D_{ср}$ ,  $4/3 D_{ср}$ ,  $2/3 D_{ср}$ , расчет коэффициента однородности.
4. Марка песка.

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

**Цель работы:** изучить методики определения влажности, газопроницаемости, прочности, текучести и осыпаемости стержневых смесей при использовании в качестве связующего формовочной глины.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

На качество отливок, изготавливаемых в разовых литейных формах, влияют различные факторы. Среди них можно выделить факторы, зависящие от таких свойств формовочных и стержневых смесей, как влажность, газопроницаемость, текучесть, прочность, осыпаемость. В свою очередь, указанные свойства зависят от содержания связующего, марки песка и др. В данной лабораторной работе изучается влияние количества формовочной глины на различные свойства стержневых смесей, определяемые по стандартным методикам.

#### Методики определения свойств формовочных и стержневых смесей

*Влажность.* Под влажностью формовочной смеси понимается содержание в ней адсорбированной, капиллярной и свободной воды, которая не входит в состав минералов. Сушка песчано-глинистой смеси сводится к полному удалению капиллярной и свободной воды, частично адсорбционной.

У каждой смеси существует оптимальная влажность, при которой достигается наилучшее сочетание технологических свойств.

Избыточная влажность понижает газопроницаемость и прочность смеси в сыром состоянии, является причиной образования таких дефектов отливок, как пористость, газовые раковины, пригар и др.

Существует нормальный и ускоренный методы определения влажности формовочных и стержневых смесей. Нормальным методом влажность определяется с использованием трехместной излучательной лабораторной сушилки типа I А<sub>р</sub>-3а. Согласно ГОСТ 23409.5-78 навеску смеси массой 50±0,01 г сушат в течение 30 мин. После этого взвешивают, фиксируют полученное значение и вновь загружают навеску в сушилку. Через 15 минут навеску извлекают и взвешивают. Если масса изменилась не более чем на 0,2 г, полученное значение используют для расчета влажности по формуле

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

где  $m_1$  – масса навески с тарой до сушки, г;

$m_2$  – масса навески с тарой после сушки, г.

В случае, когда после повторного взвешивания масса изменилась более чем на 0,2 г, навеску просушивают еще раз в течение 15 минут и так до постоянного веса.

Испытания проводят параллельно на двух навесках.

*Газопроницаемость* – свойство пористых материалов пропускать газ под действием перепада давлений.

Сырые и сухие разовые литейные формы и стержни, изготовленные с использованием формовочных смесей, песка и связующих, представляют собой пористые изделия. Благодаря этому они обладают способностью пропускать через себя газы и пары воды, образующиеся при контакте жидкого металла с поверхностью формы и стержней. При плохой газопроницаемости формы газы и пары воды не могут полностью удалиться из полости формы, что приводит к образованию таких дефектов в отливках, как газовые раковины, пористость, вскипы.

Газопроницаемость выражается в виде безразмерного коэффициента газопроницаемости «К», характеризующего способность формовочной или стержневой смеси пропускать через себя газы.

Газопроницаемость зависит от марки формовочного песка, марки и количества связующего, степени уплотнения смеси. Газопроницаемость определяется с помощью специального прибора типа LPiR1 с сильфонным манометром. Образец из сырой смеси изготавливается в неразрезной втулке диаметром 50 мм и высотой 120 мм тремя ударами копра. После чего втулка с образцом устанавливается на измерительную головку прибора. Движением вниз воротка, находящегося с правой стороны прибора, производится уплотнение втулки. Включается прибор, и производится измерение газопроницаемости. За результат принимается среднее арифметическое трех испытаний.

Для испытания высушенных образцов используются специальные втулки с внутренним уплотнителем.

*Текучесть* формовочных и стержневых смесей подразумевает способность последних к перемещению под действием нагрузки, превышающей сопротивление сдвигу. Этот показатель характеризует способность смеси к перетеканию, перемещению в полости стержневого ящика или по модельной плите при статическом уплотнении.

Текучесть при статическом уплотнении определяют по пробе Г. М. Орлова (ГОСТ 23409.17-78). По этой пробе о величине текучести судят по отношению поверхностной твердости ступенчатой пробы (рис. 3.1), уплотненной тремя ударами копра, в точке *A* к поверхностной твердости в точке *B* (в процентах). Масса одной пробы 110±5 г:

$$T = \frac{H_A}{H_B} 100, \quad \%,$$

где  $H_A$  – твердость образца в точке *A*;  
 $H_B$  – твердость образца в точке *B*.

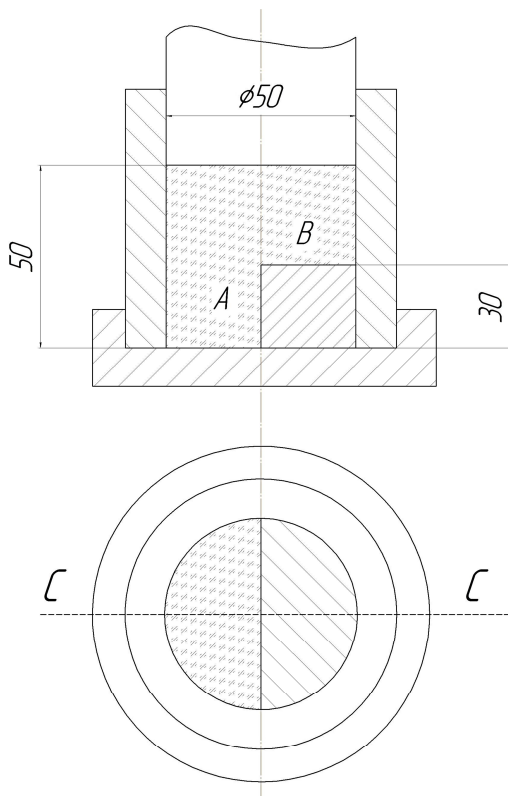


Рис. 3.1. Схема пробы Г. М. Орлова для определения текучести

Испытания проводят на трех образцах. Если результаты замера одного образца отличаются от среднеарифметического значения более чем на 10 %, определение повторяют.

*Прочность* – свойство материалов в определенных условиях и пределах не разрушаясь воспринимать те или иные воздействия. В отношении формовочных и стержневых смесей чаще всего определяют прочность при сжатии в сыром состоянии и прочность при растяжении в высушенном состоянии на специальных образцах по ГОСТ 23409.7-78.

Прочность литейным формам и стержням необходима для того, чтобы выдержать статическое и динамическое воздейст-

вия жидкого металла, давление газов при заливке и затвердевании металла. Прочность формовочных и стержневых смесей зависит от марки связующего, равномерности его распределения, а также от марки формовочного песка.

Для определения предела прочности на сжатие цилиндрические образцы готовят так же, как и для испытания на газопроницаемость. Для определения предела прочности при растяжении в отвержденном состоянии образцы готовят в специальных стержневых ящиках в виде восьмерки.

Для испытаний используется специальный прибор с несколькими измерительными шкалами, которым соответствуют определенные нагрузки. При испытаниях на сжатие используется шкала Rc II, на разрыв – Rr II. За результат принимается среднее арифметическое трех испытаний.

*Осыпаемость* стержневых и формовочных смесей – технологическое свойство смесей, характеризующее их поверхностную прочность. Осыпаемость имеет место при различных операциях перемещения высушенных стержней и форм. При большой осыпаемости формы и стержня нарушаются наружные размеры отливки (увеличиваются), а также размеры внутренних полостей (уменьшаются).

Для определения осыпаемости используется специальный прибор с двумя вращающимися горизонтально расположенными валами, на которые помещается высушенный цилиндрический образец, изготовленный по ГОСТ 23409.6-78.

Продолжительность испытания образца – 1 минута.

Осыпаемость определяется в процентах по формуле

$$O = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%,$$

где  $m$  – масса исходного образца, г;

$m_1$  – масса образца после испытаний, г.

За результат принимается среднее арифметическое трех испытаний.

## Порядок выполнения работы

Приготовить необходимое количество стержневой смеси по каждому из четырех вариантов. Каждый из вариантов отрабатывает подгруппа из 2–3 человек, затем результаты испытаний сводятся в таблицу экспериментальных данных (табл. 3.1).

Таблиц 3.1

Таблица экспериментальных данных

№ варианта	Содержание глины, %	Технологические свойства				
		влажность, %	газопроницаемость, у. е.	текучесть, %	прочность, МПа	осыпаемость, %
1	5					
2	6					
3	7					
4	8					

Газопроницаемость и прочность в данной работе определяются для стержневой смеси в сыром состоянии. Количество воды во всех случаях – 5 %, остальное – глина огнеупорная и песок марок К или Т<sub>1</sub>.

### Содержание отчета

1. Таблица экспериментальных данных.
2. Графическая интерпретация результатов испытаний.
3. Выводы.

## Лабораторная работа № 4

### ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗУЮЩЕГО И ВИДА ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

**Цель работы:** определить зависимость газопроницаемости, сырой и сухой прочностей, осыпаемости после продувки  $\text{CO}_2$  и тепловой сушки от количества жидкого стекла в смеси.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Использование жидкого стекла для изготовления литейных форм и стержней получило достаточно широкое распространение. Жидкое стекло представляет собой водный коллоидный раствор силиката натрия или калия различных составов ( $m\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ ,  $m\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$ ).

Показателем, определяющим свойства смеси, является модуль жидкого стекла:

$$m = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{R}_2\text{O}} \cdot \frac{M \text{R}_2\text{O}}{M \text{SiO}_2},$$

где  $\text{R}_2\text{O}$  – оксид калия или натрия;

$\frac{M \text{R}_2\text{O}}{M \text{SiO}_2}$  – отношение молекулярных масс оксида щелочного металла и кремнезема.

Для содового жидкого стекла это соотношение составляет:

$$\frac{M \text{Na}_2\text{O}}{M \text{SiO}_2} = \frac{2 \cdot 23 + 16}{28 + 2 \cdot 16} = \frac{62}{60} = 1,032.$$

Тогда формула для определения модуля содового жидкого стекла принимает вид:

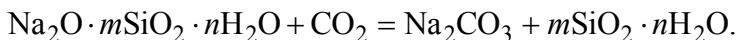


$$m = 1,032 \frac{\%SiO_2}{\%Na_2O},$$

т. е. модуль характеризует избыток кремнезема по отношению к оксиду натрия.

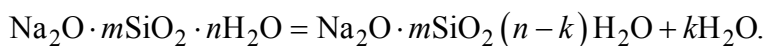
Согласно ГОСТ 13078-81 жидкое стекло подразделяется на три марки: А – с модулем 2,00...2,30; Б – с модулем 2,31...2,60 и В – с модулем 2,61...3,00. Чем выше модуль, тем быстрее происходит затвердевание смеси, но конечная прочность смеси тем выше, чем ниже модуль.

Смеси с жидким стеклом способны затвердевать на воздухе. Однако происходит это достаточно медленно. Процесс ускоряется в присутствии углекислого газа (CO<sub>2</sub>) или при нагреве до 200...220 °С. При продувке углекислым газом процесс затвердевания, в зависимости от объема смеси, протекает за 1...5 мин. Медленнее (в 10...15 раз) процесс затвердевания протекает при тепловой сушке. В результате продувки жидкостекольной смеси углекислым газом происходит разложение жидкого стекла на углекислый натрий и гель кремниевой кислоты:



Выпадающий в виде студнеобразной массы гель кремниевой кислоты в результате продувки теряет часть влаги и, обволакивая зерна песка, связывает их в однородную массу. Однако получаемая при этом прочность невысока, так как в геле кремниевой кислоты после обработки остается значительное количество влаги.

При тепловой обработке жидкостекольных смесей структура образующейся пленки отличается от пленки, полученной при продувке углекислым газом. Здесь прочность смеси достигается за счет удаления влаги и образования стекловидной пленки силиката натрия:



## Оборудование и материалы

1. Лабораторные бегуны.
2. Лабораторный копер.
3. Сушильный шкаф с регулятором температуры.
4. Приборы для испытания прочности образцов при сжатии и растяжении, влажности, газопроницаемости и осыпаемости.
5. Баллон  $\text{CO}_2$  с редуктором.
6. Стержневые ящики.
7. Песок кварцевый.
8. Жидкое стекло.

## Порядок выполнения работы

1. Рассчитать и приготовить необходимое количество стержневой смеси по каждому из вариантов согласно таблице экспериментальных данных.

2. Выполнить необходимые испытания, результаты занести в таблицу экспериментальных данных (табл. 4.1). Продолжительность продувки  $\text{CO}_2$  – 1...1,5 мин.

Таблица 4.1

Таблица экспериментальных данных

№ п/п	Содержание жидкого стекла	Влажность, %	Технологические свойства					
			при продувке			при сушке		
			газопро- ницае- мость, у. е.	проч- ность, МПа	осы- пае- мость, %	газопро- ницае- мость, у. е.	проч- ность, МПа	осы- пае- мость, %
1	4							
2	5							
3	6							
4	7							

## Содержание отчета

1. Краткие сведения о механизме процесса.
2. Таблица экспериментальных данных.
3. Графические зависимости свойств от содержания жидкого стекла и вида обработки.
4. Выводы.

## Лабораторная работа № 5

### ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СТЕРЖНЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

**Цель работы:** установить влияние количества связующего и отвердителя на технологические свойства стержней.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Теоретическая часть

В настоящее время используются две разновидности технологического процесса изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей с синтетическими смолами:

- процесс изготовления стержней из смесей, содержащих в своем составе катализатор отверждения (ХТС-процесс);
- процесс изготовления стержней из смесей, отверждаемых продувкой газообразным катализатором (ХТСГ-процесс).

ХТС-процесс распространен достаточно широко, ХТСГ-процесс широко внедряется в производство.

При изготовлении стержней по ХТС-процессу используются наполнитель, синтетическое связующее, катализатор отверждения и технологические добавки.

В качестве наполнителя рекомендуется применять кварцевые пески первой и второй групп по ГОСТ 2138-91. Для холоднотвердеющих смесей содержание глины в песках не должно превышать 0,5 %. Увеличение содержания глины свыше 0,5 % потребует повышенного расхода связующего и отвердителя. Для ХТС-процесса наиболее приемлемы пески фракций 02 и 016 с округлой или полукруглой формой зерен. При использовании песков этих фракций, а также их смесей в соотношении 70:30 получают удовлетворительное качество поверхности отливок и достаточную прочность стержней при оптимальном

расходе связующего. Недопустимо загрязнение песка жидким стеклом и жидкостекольной смесью.

При изготовлении толстостенных стальных отливок могут использоваться наполнители повышенной огнеупорности: дис-тен-силлиманит ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ), циркон ( $\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ ), рутил ( $\text{TiO}_2$ ), зернистый корунд ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ставролит ( $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ).

Связующие материалы для холоднотвердеющих песчано-смоляных смесей классифицируются на следующие группы: карбамидные, карбамидно-фурановые, карбамидно-феноло-фурановые, фенолформальдегидные, фурило-фенолформальдегидные.

Карбамидные смолы получают конденсацией мочевины с формальдегидом в кислой или щелочной среде. Они наиболее пригодны для отверждения стержней в нагреваемой оснастке благодаря высокой скорости отверждения в присутствии кислого катализатора. К тому же, они относительно дешевы и не дефицитны (КФЖ, М2, М3, КФ-МТ).

Из-за низкой термостойкости и высокого содержания азота карбамидные смолы используют для отливок из цветных сплавов и некоторых тонкостенных чугуновых отливок.

Для изготовления чугуновых и стальных отливок наиболее пригодны карбамидно-феноло-фурановые, феноло-фурановые, карбамидно-фурановые связующие (фуритол 107, фуритол 127, ФФ-1Ф, КФ-90, ФМЛ, ФФ65).

Фурановые связующие получают на основе фурановых соединений (например фурилового спирта). К ним относят также смолы фенольного и карбамидного классов, модифицированные фуриловым спиртом. Фуриловый спирт увеличивает термостойкость карбамидных смол и частично нейтрализует отрицательное влияние азота.

Связующее КФ-107 (наиболее дешевое из связующих фуранового класса) представляет собой механическую смесь карбамидной смолы (КЖФ) с 0,5–0,7 частями по массе фурилового спирта. Добавка к карбамидной смоле фурилового спирта позволяет получить связующее с высокой реакционной способ-

ностью и повышенной термостойкостью, снижает опасность появления газовой пористости на отливках из чугуна и стали.

Для увеличения реакционной способности связующих, повышения прочности стержней, уменьшения расхода связующих материалов применяют модифицирующие добавки на основе кремнийорганических веществ.

Для отверждения карбамидных, фенольных, фурановых связующих применяют в основном кислые катализаторы, которые изменяют рН среды связующего и сами участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, ускоряющих отверждение связующего. В качестве катализаторов холодного отверждения применяют неорганические кислоты (ортофосфорную  $H_3PO_4$ , азотную  $HNO_3$ ), неводные и водные растворы ароматических сульфокислот (бензолсульфокислоту  $C_6H_6O_3$ ), синтетические сульфокислоты, не содержащие растворителей.

Ортофосфорная кислота является активным катализатором отверждения для карбамидных и карбамидно-фурановых связующих.

## **Материалы и оборудование**

В качестве наполнителя используется кварцевый песок – связующее, полученное на основе смолы КЖФ и фурилового спирта, отвердитель – ортофосфорная кислота. Смесь готовится в лабораторных бегунах, стержни в виде «восьмерок» и цилиндрические стержни для испытаний изготавливаются с использованием лабораторного копра. Прочность, газопроницаемость, осыпаемость стержней определяются на специальном оборудовании.

## **Порядок выполнения работы**

По заданию преподавателя готовят два состава стержневой смеси, из которых изготавливаются образцы для исследования технологических свойств. Полученные результаты заносятся в таблицу (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Таблица экспериментальных данных

№ п/п	Песок	Связующее, смола, КФ-107, %	Отвер- дитель ОК, %	Время выдерж- ки, мин	Свойства		
					газопро- ницае- мость	проч- ность, МПа	осыпае- мость, %
1				15			
2				30			
3				45			
4				60			

### Содержание отчета

1. Таблица с экспериментальными данными.
2. Графические зависимости свойств от времени выдержки.
3. Выводы.

## Лабораторная работа № 6

### ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ С ОТВЕРЖДЕНИЕМ В НАГРЕВАЕМОЙ ОСНАСТКЕ

**Цель работы:** ознакомиться с технологическим процессом изготовления стержней в нагреваемой оснастке, изучить влияние типа и количества связующих на свойства стержней.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Способ изготовления стержней в нагреваемой оснастке является одним из самых эффективных, в цехах крупносерийного и массового производства подавляющее большинство номенклатуры стержней изготавливается по этому способу.

Особенности процесса – быстрое (15...150 с) отверждение стержня и приобретение им высоких технологических свойств непосредственно в оснастке (стержневом ящике). Заполнение стержневого ящика смесью и ее уплотнение осуществляется пескодунным или пескострельным способом с использованием специального оборудования.

Нагрев стержневых ящиков производится либо газом, либо с помощью электрических нагревателей. Смеси, отверждаемые в нагретой оснастке, состоят из следующих компонентов: кварцевый песок, связующее и добавки (катализатор и др.). При этом содержание глинистой составляющей не должно превышать 0,5 %. Чем меньше песок содержит глинистой составляющей, тем ниже расход связующего.

В качестве связующих материалов применяют синтетические фенолоформальдегидные (СФЖ305, СФЖ514А и др.), карбамидные (КФЖ, КФ-МТ и др.), фурановые (ФФ-1СМ и др.) смолы, а также быстротвердеющие связующие на основе продуктов переработки древесины, кукурузы, жидкого стекла.



Катализаторами процесса отверждения смол служат органические и неорганические кислоты (сульфокислоты, щавелевая и соляная кислоты, раствор ортофосфорной кислоты и др.). Смеси могут содержать также до 1,5 % оксида железа и до 0,5 % серебристого графита (для уменьшения прилипаемости смеси к оснастке, увеличения ее текучести и живучести). Стержни, изготавливаемые в нагреваемой оснастке, обладают высокими прочностными и противопопригарными свойствами, высокой газопроницаемостью, облегченной выбиваемостью из отливок.

### **Оборудование и материалы**

1. Лабораторный прибор модели 4735 для изготовления стандартных образцов в нагреваемой оснастке.
2. Смешивающие лабораторные бегуны.
3. Сушильный шкаф.
4. Прибор для испытания образцов на прочность, осыпаемость и газопроницаемость.
5. Лабораторные весы.
6. Кварцевый песок.
7. Связующие материалы 2-х типов, катализатор.
8. Пульверизатор.
9. Разделительный состав.

### **Порядок выполнения работы**

1. Включить лабораторный прибор модели 4735 на прогрев стержневого ящика. Включить сушильный шкаф. Температуру задает преподаватель.
2. Рассчитать и приготовить, используя весы и бегуны, составы стержневых смесей согласно заданию преподавателя.
3. Подготовить по две навески различных составов стержневых смесей для изготовления стандартных образцов, подвергаемых испытанию на газопроницаемость.

4. Заполнить гильзы стержневой смесью и тремя ударами копра уплотнить ее.

5. Загрузить гильзы со стержневой смесью в сушильный шкаф на 20...30 мин.

6. После отверждения образцов в печи определить их газопроницаемость.

7. Извлечь образцы из гильзы и определить их осыпаемость.

8. После достижения стержневым ящиком заданной температуры (493...573 К) изготовить образцы-восьмерки для испытания на разрыв (под руководством инженера).

9. Извлеченные из стержневого ящика образцы выдержать на воздухе в течение 10 мин и приступить к определению прочности на разрыв.

Полученные данные заносят в таблицу экспериментальных данных (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Таблица экспериментальных данных

№ п/п	Состав смеси, %			Продол- житель- ность вы- держки	Свойства		
	песок	связующее			проч- ность, Па	газопро- ницае- мость, у. е.	осыпае- мость, %
		№ 1	№ 2				
			катали- затор				

### Содержание отчета

1. Общие сведения о процессе изготовления стержней в нагрываемой оснастке.

2. Порядок выполнения работы, эскиз стержневого ящика.

3. Таблица экспериментальных данных.

4. Графическая интерпретация результатов.

5. Выводы.

## Лабораторная работа № 7

### ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОТЛИВОК

**Цель работы:** изучить структуру и механические свойства отливок, полученных при заливке в сухие, сырые разовые песчано-глинистые формы и в кокиль.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Свойства сплавов зависят от размеров, формы и взаимного расположения отдельных кристаллов. При переходе из жидкого состояния в твердое формируется первичная структура, которая в ряде случаев является окончательной либо оказывает существенное влияние на образование окончательной структуры при термообработке.

Наряду с другими факторами (положение на диаграмме состояния, внешние воздействия) условия охлаждения часто оказывают определяющее влияние на формирование первичной структуры сплава и, следовательно, на уровень его механических свойств.

Высокие механические свойства обеспечивают мелкие, беспорядочно ориентированные кристаллы. Величина кристаллов связана с их количеством. Чем больше количество кристаллов или центров кристаллизации, тем мельче зерна. Г. Тамманом установлена в общем виде зависимость между числом центров кристаллизации, скоростью их роста и степенью переохлаждения. При большом значении скорости роста кристаллов и малом значении числа центров, что наблюдается при небольшом переохлаждении, образуются немногочисленные крупные кристаллы. При малом значении скорости кристаллизации и большом значении числа центров, что имеет место при высоком переохлаждении, образуется большое число мелких кристаллов.

Величина переохлаждения в большой степени зависит от материала литейной формы, его теплопроводности и теплоемкости. Кроме того, при контакте разовой формы с жидким металлом возможно образование паров воды, продуктов разложения связующих, которые влияют на газосодержание сплава и, следовательно, на его механические свойства.

### **Оборудование и материалы**

1. Печь плавильная лабораторная.
2. Тигель графито-шамотовый.
3. Кокиль для изготовления разрывных образцов.
4. Оснастка для изготовления разовых форм разрывных образцов.
5. Песок кварцевый формовочный.
6. Смола для изготовления стержней.
7. Бегуны лабораторные.
8. Земля формовочная.
9. Глина формовочная огнеупорная.
10. Ковш разливочный.
11. Ножовка по металлу.
12. Штангенциркуль.
13. Напильники.
14. Машина разрывная.
15. Установка для приготовления шлифов.
16. Металлографический микроскоп.

### **Порядок выполнения работы**

1. Приготовить формовочную и стержневую смеси.
2. Изготовить разовые формы для разрывных образцов из формовочной и стержневой смесей.
3. Высушить форму из стержневой смеси.
4. Довести температуру алюминиевого сплава (АК12) до 690 °С.

5. Произвести заливку форм, предварительно разогрев кокиль тремя заливками жидкого сплава. В каждой форме изготовить по 6 образцов.
6. После затвердевания образцов и охлаждения отделить литниковую систему.
7. Промаркировать образцы.
8. На рабочую поверхность образцов нанести контрольные метки с помощью штангенциркуля.
9. Разорвать образцы на разрывной машине Р5.
10. Изготовить 3 шлифа.
11. Рассчитать прочность и пластичность полученных образцов.
12. Зарисовать структуру образцов, полученных в различных формах.

### **Содержание отчета**

1. Краткое описание порядка выполнения работы.
2. Таблица результатов.
3. Структуры образцов.
4. Выводы.

## Лабораторная работа № 8

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ И СОСТАВА СПЛАВА НА СВОЙСТВА КОКИЛЬНЫХ ОТЛИВОК

**Цель работы:** изучить различные типы литниковых систем при литье в кокиль.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

В общем объеме производства отливок из цветных металлов и сплавов на долю кокильного литья приходится около 40 %. Это обусловлено такими преимуществами литья в кокиль, как повышенная размерная точность отливок, высокая производительность процесса, многократность использования литейных форм, возможность автоматизации процесса, стабильность плотности и структуры отливок, высокие механические и эксплуатационные свойства.

Недостатки литья в кокиль: высокая трудоемкость изготовления и стоимость металлической формы, повышенная склонность к возникновению внутренних напряжений в отливке вследствие затрудненной усадки, более узкий, по сравнению с литьем в песчаную форму, интервал оптимальных режимов литья, обеспечивающий получение качественной отливки.

При литье в кокиль цветных сплавов используют верхнюю, боковую, нижнюю (сифонную), вертикально-щелевую, ярусную литниковые системы.

Для изучения влияния типа литниковой системы на свойства отливок в настоящей лабораторной работе используются два кокиля: с боковой и с вертикально-щелевой литниковыми системами.

## **Необходимые приборы, оборудование, инструмент и материалы**

1. Две печи сопротивления с регулирующей аппаратурой.
2. Три кокиля.
3. Два алюминиевых сплава с содержанием кремния 5 % и 10 %.
4. Разливочная ложка.
5. Разрывная машина.
6. Штангенциркуль.
7. Ножовка по металлу.
8. Напильники.

## **Порядок выполнения работы**

В двух печах сопротивления расплавляются сплавы алюминия с содержанием кремния 5 % и 10 % по 15 кг. Кокили подогреваются до температуры 100...130 °С и окрашиваются теплоизоляционной краской. Рабочие части разрывных образцов не окрашиваются. Кокили просушиваются. Сплав с содержанием кремния 10 % перегревается до температуры 670 °С, а с содержанием 5 % кремния – до 700 °С. Посредством трех предварительных заливок производится разогрев кокилей до рабочей температуры. После этого производится заливка контрольных образцов. Полученные образцы в количестве 6 штук для каждого сплава и типа кокиля охлаждаются и отрезаются от литниковой системы. На рабочие поверхности образцов посредством штангенциркуля наносят метки на расстоянии 60 мм. После этого образцы разрываются на разрывной машине. Рассчитывается прочность и определяется пластичность образцов.

Исходя из полученных результатов, сделать выводы о чувствительности сплавов к различным типам литниковых систем.

Таблица 8.1

Таблица экспериментальных данных

№ п/п	Усилие разрыва, кН	Прочность, МПа	Расстояние между метками после разрыва, мм	Пластичность, %

### Содержание отчета

1. Эскизы кокилей.
2. Таблица результатов.
3. Выводы.



## Лабораторная работа № 9

### ВЕРТИКАЛЬНОЕ НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК

**Цель работы:** изучить конструкцию машины вертикального непрерывного литья, твердости и структурообразования полых чугунных заготовок.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Способ вертикального непрерывного литья предназначен для получения преимущественно полых заготовок различного профиля.

Сущность процесса состоит в следующем. В полость водоохлаждаемого кристаллизатора *1* вводят затравку *2* с установленным на ней стержнем *3* (рис. 9.1). Через заливочное устройство *4* в пространство, образованное рабочей поверхностью кристаллизатора и стержнем, подают жидкий металл.

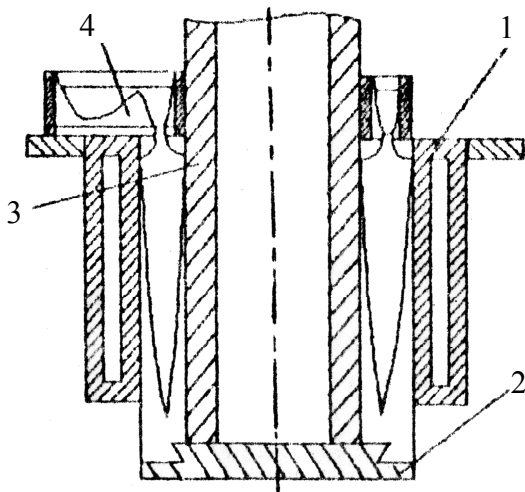


Рис. 9.1. Принципиальная схема литья полых заготовок

После затвердевания в захватывающих элементах затравки и образования со стороны кристаллизатора прочной корки начинают вытягивание затвердевающей заготовки при непрерывном поступлении жидкого металла и погружении в расплав непрерывно подаваемого стержня. Разделение отливки на мерные заготовки производят либо методами резки, либо отламывают по местам перемычек, выполняемых фланцем стержня. Припуски на механическую обработку назначают соответственно габаритным размерам отливки, профилю ее сечения и техническим условиям на нее. Для заготовок с размерами сечения 50...500 мм принимают припуски 2...6 мм на сторону по наружной поверхности, по внутренней – в соответствии с ГОСТ 26645-85.

Для осуществления процесса используются машины. Их исполнение зависит от конструкции, сочетания и компоновки отдельных узлов, режима работы, номенклатуры получаемых заготовок. Основные узлы машин: кристаллизатор, механизм извлечения заготовки, устройство подачи жидкого металла в кристаллизатор, вторичное охлаждение, центрирование вводимых в кристаллизатор стержней, съем и выдача заготовок, привод, системы подвода и отвода охлаждающей воды, электропитания и управления.

Значительная неравномерность условий охлаждения и затвердевания приводит к неоднородности структуры и свойств по толщине заготовки. В наружной зоне, формирующейся при скорости затвердевания до 1 мм/с, образуется цементит. Снижение скорости затвердевания при формировании последующих слоев до 0,5...0,7 мм/с способствует образованию феррито-перлитной структуры с точечным и мелкопластинчатым междендритным графитом. Внутренние слои отливки, затвердевающие при скоростях менее 0,3...0,4 мм/с, имеют перлитно-ферритную и перлитную металлическую основу с пластинчатым графитом.

Высокая интенсивность охлаждения внешних слоев отливки облегчает протекание процессов самоотжига при повышении температуры поверхности отливки после выхода ее из кри-

таллизатора. В результате в наружных слоях появляется графит отжига.

### **Необходимые приборы, оборудование, инструмент и материалы**

1. Лабораторная установка-макет непрерывного литья.
2. Пресс Бринелля модели ТШ2М.
3. Микроскоп МПБ2.
4. Микроскоп металлографический.
5. Полая чугунная заготовка, полученная методом вертикального непрерывного литья.
6. Лабораторная установка для изготовления шлифов.
7. Реактив для травления чугунных шлифов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с устройством и работой установки непрерывного вертикального литья.
2. Выполнить эскиз установки с указанием ее основных узлов.
3. Определить твердость в различных зонах полой чугунной заготовки, изготовленной методом вертикального непрерывного литья.
4. Вырезать образец из чугунной заготовки и изготовить шлиф.
5. Изучить и зарисовать строение графита в зонах измерения твердости.
6. Протравить шлиф, изучить и зарисовать структуру металлической основы.

### **Содержание отчета**

1. Эскиз установки вертикального непрерывного литья.
2. График изменения твердости по зонам заготовки.
3. Зарисовать строения графита в различных зонах заготовки.
4. Зарисовать строения металлической основы в различных зонах заготовки.
5. Выводы.

## Лабораторная работа № 10

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПЛОТНОСТЬ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**Цель работы:** исследовать влияние скорости прессования, характера заполнения и условий вентиляции пресс-формы на плотность отливок при литье под давлением.

Работа рассчитана на 4 часа.

#### Общие сведения

Литье под давлением является одним из наиболее производительных способов получения отливок. Наряду с высокой размерной точностью и чистотой поверхности отливок литье под давлением позволяет получать особо тонкостенные детали с развитой поверхностью. В настоящее время литьем под давлением изготавливаются детали массой 0,005...34 кг, габаритами до 2000 мм, с толщиной стенок 0,4...20 мм, выдерживающие при испытании на герметичность давление до 1,5 МПа и значительные вибрационные нагрузки.

Продолжительность заполнения полости формы при литье под давлением составляет сотые, реже десятые доли секунды и определяется скоростью прессования. Ограниченная вентиляция и высокие скорости заполнения создают условия для захвата воздуха и газов запрессовываемым металлом и образования пористости в отливках. Наряду с указанными факторами существенное влияние на захват воздуха и газов металлом оказывает также характер заполнения полости формы и наличие вентиляции.

Пористость в отливках можно фиксировать косвенно, по плотности, определяемой методом гидростатического взвешивания.

## **Необходимые приборы, оборудование, инструмент и материалы**

1. Машина литья под давлением.
2. Печь плавильная силитовая.
3. Алюминиевый сплав АЛ2.
4. Пресс-форма для литья под давлением.
5. Ножовка по металлу.
6. Ковш разливочный.
7. Напильник.
8. Потенциометр с термопарой ХА.
9. Весы аналитические.
10. Вода дистиллированная.
11. Емкость для воды на 1000 мл.

## **Порядок выполнения работы**

### *1. Изготовление литых образцов*

1. Приготовить и загрузить шихту в плавильную печь.
2. Довести температуру в печи до 630 °С.
3. Разливочным ковшом произвести заливку жидкого металла в камеру прессования машины литья под давлением.
4. Произвести запрессовку жидкого металла в полость пресс-формы.
5. Произвести раскрытие пресс-формы и извлечение отливки.
6. Процесс изготовления отливок осуществить при нескольких скоростях прессования (по указанию преподавателя).
7. Охладить полученные отливки и пронумеровать образцы в соответствии с их расположением в пресс-форме (рис. 10.1).
8. Отделить образцы от питателей и промывников с помощью ножовки.
9. Зачистить образцы напильником в местах удаления питателей и промывников.

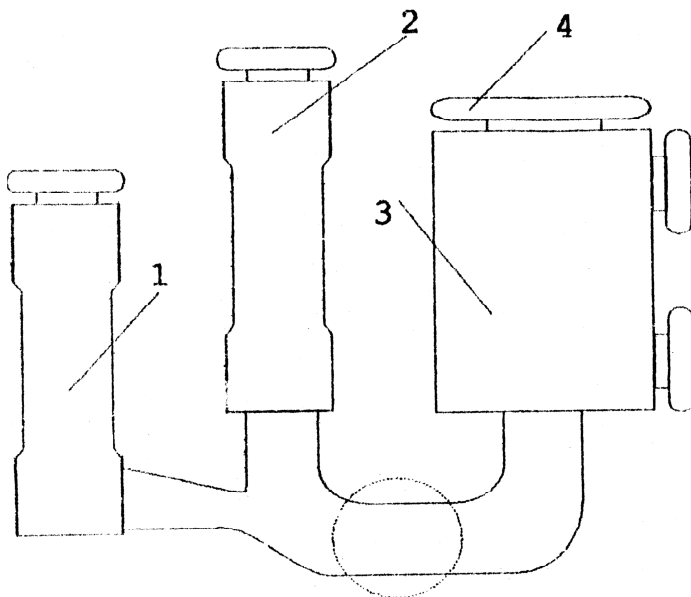


Рис. 10.1. Схема питания отливок и вентиляции пресс-формы:  
 1, 2, 3 – отливки с различными условиями подвода металла и вентиляции;  
 4 – промывники

*II. Определение плотности образцов методом гидростатического взвешивания*

1. Определить вес образцов на воздухе ( $P_0$ ); взвешивание производить на аналитических весах с точностью до одной тысячной грамма.
2. Определить вес образцов в воде ( $P_в$ ) с той же точностью.
3. Определить плотность образцов по формуле

$$\rho = \frac{P_0}{P_0 - P_в}, \text{ г/см}^3.$$

4. Полученные данные занести в таблицу экспериментальных данных (средние значения) (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Таблица экспериментальных данных

№ полости	Скорость прессования, м/с	Масса образцов, г		Плотность
		на воздухе	в воде	
1	0,4			
	0,8			
	1,2			
2	0,4			
	0,8			
	1,2			
3	0,4			
	0,8			
	1,2			

5. По полученным данным построить графическую зависимость плотности отливок от скорости прессования.

6. Зарисовать схему питания отливок и вентиляций пресс-формы (рис. 10.1).

7. Проанализировать результаты исследований и оценить влияние скорости прессования, характера заполнения и условий вентиляции пресс-формы на плотность отливок при литье под давлением.

### Содержание отчета

1. Описание методики проведения работы.
2. Результаты опытов в виде таблицы и графиков.
3. Технологическая схема питания отливок и вентиляции пресс-формы.
4. Выводы.

## Литература

1. Специальные технологии литья : учебник / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 367 с.
2. Теория и технология литейного производства : учебник : в 2 ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Андрианов. – Минск : Новое знание; Москва : ИНФРА-М, 2011. – 2 ч.



## Содержание

Лабораторная работа № 1. Литейная форма .....	3
Лабораторная работа № 2. Определение марки формовочного песка .....	7
Лабораторная работа № 3. Определение свойств формовочных и стержневых смесей .....	18
Лабораторная работа № 4. Влияние количества связующего и вида обработки на свойства жидкостекольных смесей .....	24
Лабораторная работа № 5. Изучение свойств стержней, изготовленных из холоднотвердеющих смесей .....	28
Лабораторная работа № 6. Изготовление стержней с отверждением в нагреваемой оснастке .....	32
Лабораторная работа № 7. Влияние материала литейной формы на структуру и свойства отливок .....	35
Лабораторная работа № 8. Изучение влияния типа литниковой системы и состава сплава на свойства кокильных отливок .....	38
Лабораторная работа № 9. Вертикальное непрерывное литье машиностроительных заготовок .....	41
Лабораторная работа № 10. Влияние технологических факторов на плотность отливок из алюминиевых сплавов при литье под давлением .....	44
Литература .....	48

Учебное издание

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ**

Практикум

для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое  
производство и материалобработка (по направлениям)»  
специализации 1-42 01 01 – 01 01 «Литейное производство  
черных и цветных металлов»

Составитель

**МИХАЛЬЦОВ** Александр Миронович

Редактор *А. С. Мокрушников*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 19.10.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,91. Уч.-изд. л. 2,27. Тираж 100. Заказ 578.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.