

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования**

**«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»**

**А. В. Ткаченко, Ю. В. Морозова**

## **ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ**

**ПРАКТИКУМ**

**по одноименному курсу**

**для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины**

**и технология литейного производства»**

**дневной формы обучения**

**Гомель 2018**

УДК 621.74(075.8)  
ББК 34.722.51я73  
Т48

*Рекомендовано научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 11 от 05.12.2016 г.)*

Рецензент: главный инженер ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит»  
*В. М. Матюшенко*

**Ткаченко, А. В.**  
Т48      Оборудование цехов : практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» днев. формы обучения / А. В. Ткаченко, Ю. В. Морозова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 95 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит методические указания по изучению оборудования для различных переделов литейного цеха, методику расчетов типовых узлов и механизмов литейных машин, а также методические указания по содержанию, выполнению и оформлению лабораторных работ.

Предназначено для практической подготовки студентов дневной формы обучения специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

УДК 621.74(075.8)  
ББК 34.722.51я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2018

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Принцип работы и устройство оборудования для приготовления формовочных смесей

*Цель работы:* изучить принцип действия и конструкцию оборудования применяемого для подготовки формовочных материалов.

#### Теоретические сведения

##### СУШКА ПЕСКА

При небольшой потребности в свежих формовочных материалах применяют сушильные печи, перекрытые плоскими чугунными плитами. На таких плитах сушат как песок, так и глину. Толщина слоя сушеного материала около 150 мм. Нагрузку материала на плиту и разгрузку его производят вручную. Во время сушки материал следует как можно чаще перемешивать во избежание перегрева. При перегреве глина теряет связующую способность.

Для сушки песка при небольшой потребности применяют также печи с дымогарными трубками. По мере высыхания песок просыпается между трубками и высыпается сбоку в приямок. Печь перекрыта решеткой, куда вручную загружают сырой песок.

При значительной потребности в песке и глине в современных литейных цехах применяют горизонтальные и вертикальные механические сушильные печи.

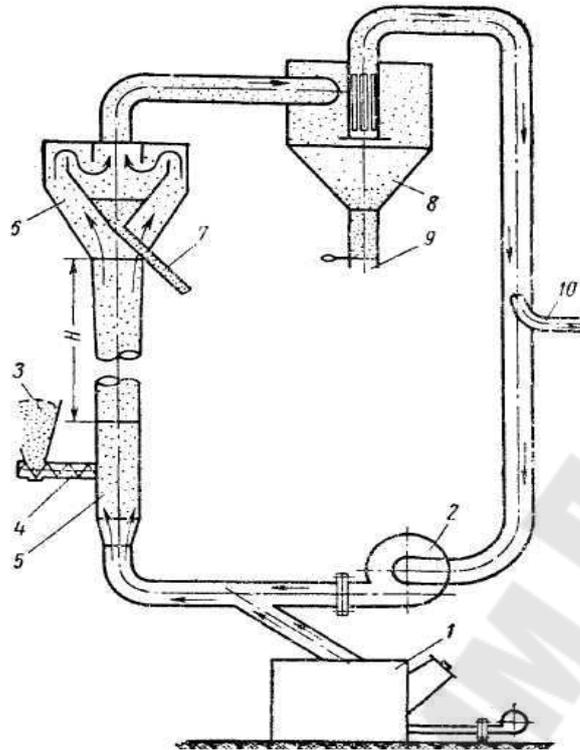
Сушка песка в воздушном потоке.

Для приготовления пылевидного топлива каменный уголь предварительно сушат в воздушном потоке в особых вертикальных трубах, через которые продувается горячая смесь воздуха с топочными газами (рис.1.1).

Сушка песка в кипящем слое.

Если через слой зернистого материала продувать снизу воздух (или другой газ), то при достижении некоторой скорости воздуха частицы материала начинают очень быстро и хаотично перемещаться, образуя как бы кипящую жидкость. Это позволяет эффективно использовать кипящий слой для сушки песка и для охлаждения его после сушки.

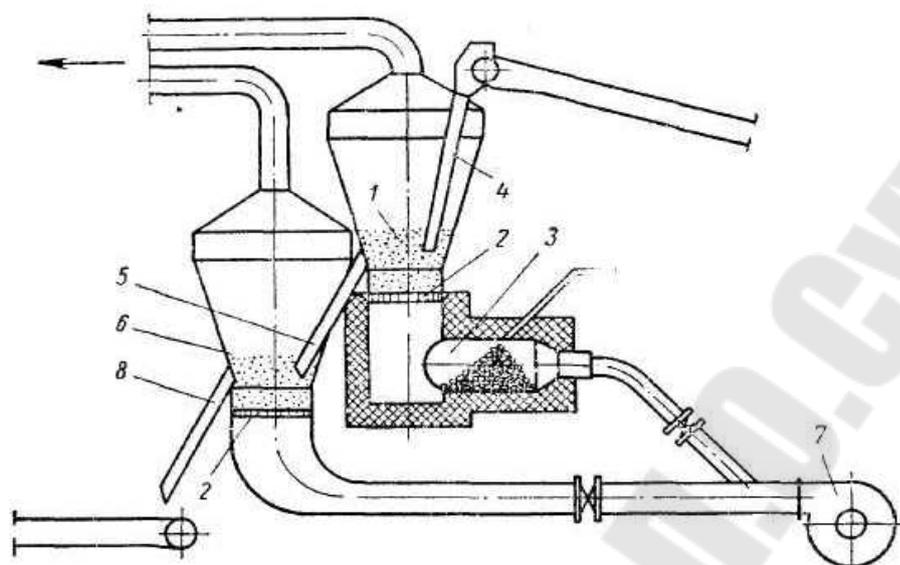
Аппарат для сушки песка в кипящем слое (рис. 1.2) оформляют



*Рисунок 1.1.*- Установка для сушки песка в воздушном потоке: 1- топка; 2- главный вентилятор; 3- сырой песок; 4- питатель; 5- сушильная плита; 6- проточный сепаратор; 7- выход сухого песка; 8- циклон; 9- зола, пыль и мелкий песок; 10- выход в атмосферу или матерчатый фильтр

в виде камеры круглого или прямоугольного сечения с металлической решеткой внизу и с выносной топкой, обычно поверхностного беспламенного горения, расположенной ниже решетки. Топочные газы проходят снизу вверх через щели решетки и далее через слой непрерывно подаваемого в камеру подлежащего сушке песка, заставляя его «кипеть» и быстро при этом высушиваться. Сухой песок из кипящего слоя по лотку поступает в камеру для охлаждения, устроенную аналогично камере для сушки, но только продуваемую не горячими топочными газами, а холодным воздухом. Из кипящего слоя камеры охлаждения сухой песок непрерывно отводится и передается к месту потребления.

Имеются установки для сушки и охлаждения формовочного песка в кипящем слое производительностью до 10 т/ч.



*Рисунок 1.2* -Установка для сушки и охлаждения песка в кипящем слое: 1- аппарат для сушки; 2- решетка; 3- топка; 4- подача сырого песка; 5- выдача сухого горячего песка; 6- аппарат для охлаждения; 7- вентилятор; 8- выдача сухого охлажденного песка

## ПРОЦЕСС РАЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Размельчение глины, как и угля, производится в две ступени: сначала грубое (дробление), затем тонкое (размалывание). Подсушка при размалывании в воздушном потоке ускоряет процесс размалывания. Действие дробильно-размольных машин основано на раздавливании, раскалывании, ударе или истирании материала.

### 1) Щековые дробилки

Рабочее пространство щековой дробилки имеет клиновидную форму между клиновидную форму (рис.1.3). В него сверху загружают куски материала, а снизу через щель между щеками выпадает продукт дробления. Подвижная щека имеет точку подвеса вверху и качается около нее, нажимая на куски материала и раздавливая их. Щеки обычно делают в виде сменных рифленых плит. При сравнительно небольшом усилии шатуна шарнирный механизм привода обеспечивает большое усилие нажима щеки на раздавливаемый кусок.

### 2) Валковые дробилки

Валковая дробилка (рис. 1.5) представляет собой два гладких вала одинакового диаметра, которые вращаются навстречу друг другу с одинаковыми числами оборотов. Для хрупких материалов применяют также рифленые и зубчатые валки.

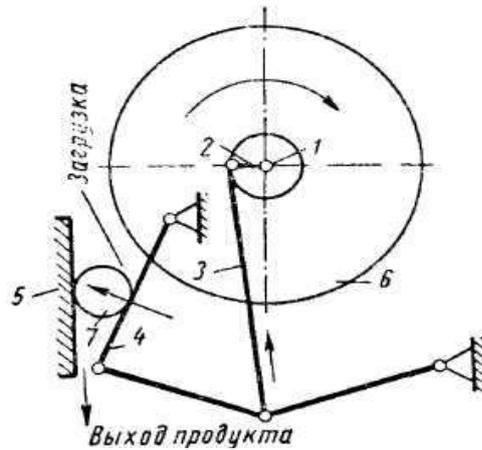


Рисунок 1.3- Кинематическая схема щековой дробилки: 1- вал; 2- кривошип; 3- шатун; 4- качающаяся щека; 5- неподвижная щека; 6- маховик; 7- кусок материала

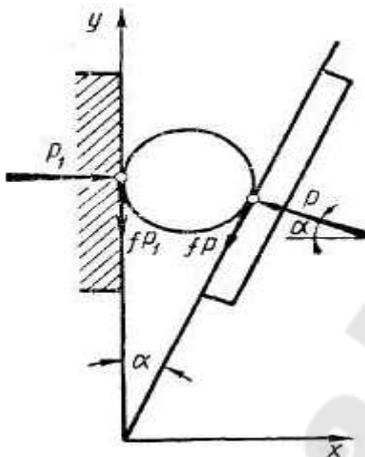


Рисунок 1.4- Определение сил, действующих на кусок материала в щековой дробилке

## 2) Валковые дробилки

Для хрупких материалов применяют также рифленые и зубчатые валки. Подшипники одного из валков могут проскальзывать в направляющих и удерживаются пружинами. Между подшипниками обоих валков помещают прокладки, которыми регулируют ширину щели между валками. Размер этой щели определяет максимальную величину кусков раздробленного продукта, выходящих из дробилки.

Гладкие валки дробят куски материала, как и щековая дробилка, раздавливанием, затягивая кусок между валками силой трения. Зубча-

тые валки дробят материал раскалыванием.

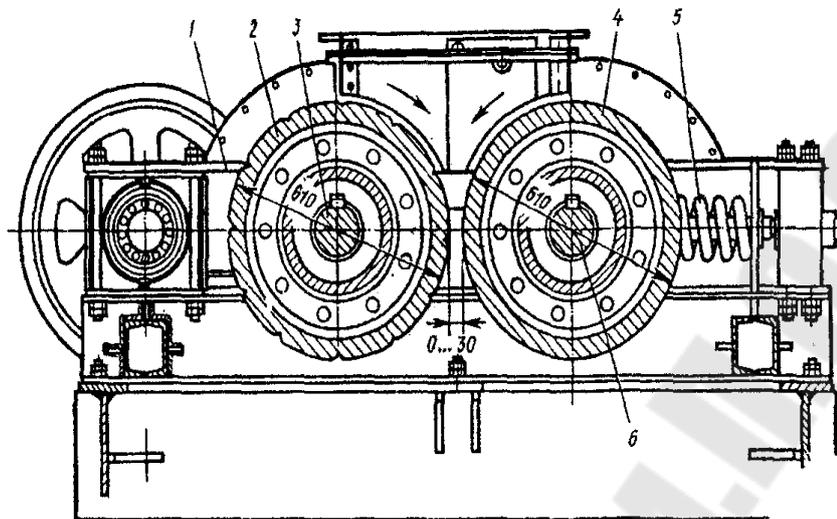


Рисунок 1.5-Общий вид валковой дробилки: 1- станина; 2,4- параллельные цилиндрические валки, вращающиеся на встречу друг другу; 3,6- подшипники; 5- пружинная опора

### 3) Молотковые дробилки

Молотковая дробилка (рис. 1.6) представляет собой быстро вращающийся ротор, на котором свободно (на шарнирах) навешены била, или молотки, ударяющие по кускам дробимого материала. Таким образом, молотковая дробилка размельчает материал действием удара молотков.

Загрузка кусков материала в дробилку происходит через загрузочное отверстие кожуха, а выход продукта - через прозоры между колосниками решетки, расположенной внизу машины.

### 4) Мельницы

Для размалывания угля и глины в литейных цехах применяют шаровые, молотковые и крестовые мельницы, мельницы по типу бегунов, а также вибрационные мельницы.

#### 4.1) Шаровые мельницы

Шаровая мельница представляет собой барабан, вращающийся вокруг горизонтальной оси, в которой загружены куски размалываемого материала и стальные шары. При вращении барабана шары увлекаются стенкой в сторону вращения, достигая определенной высо-

ты, отрываются от нее, падают, размельчают материал ударом. Длина мельницы чаще всего составляет 1,5-2,0 D.

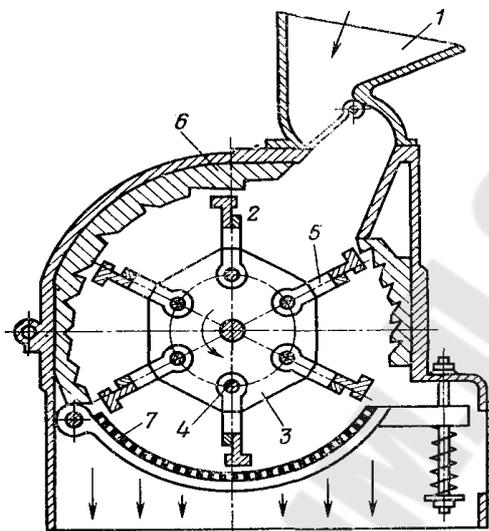


Рисунок 1.6 - Схема молотковой дробилки: 1- загрузка материала; 2- рабочее пространство; 3- диски; 4- болты; 5- била (молотки); 6- стальная облицовка; 7- решетка

По конструкции шаровые мельницы бывают двух видов - с ситами и с воздушной сепарацией размалываемого продукта.

Мельница с ситами имеет барабан, составленный из стальных планок, между которыми оставлены зазоры. Загрузка материала в мельницу производится через пустотелую цапфу барабана. Размолотый продукт проваливается сквозь мелкие отверстия, имеющиеся в этих планках, и попадает на частое полигональное сито, окружающее барабан мельницы. Не прошедший сквозь это сито недомол возвращается обратно для дополнительного размалывания в щели, имеющиеся между планками барабана. Недостаток этих шаровых мельниц в том, что частые сита (500 — 600 отверстий на 1 см<sup>2</sup> сетки) засариваются и требуют частой чистки или смены. Такие мельницы изготовляют на небольшую производительность (до 500 кг в час по углю). Во избежание распространения пыли в помещении мельницы закрывают кожухами с отсосом.

#### 4.2) Молотковые мельницы

Молотковые мельницы по типу молотковых дробилок строят с воздушной сепарацией размалываемого продукта (рис. 1.7).

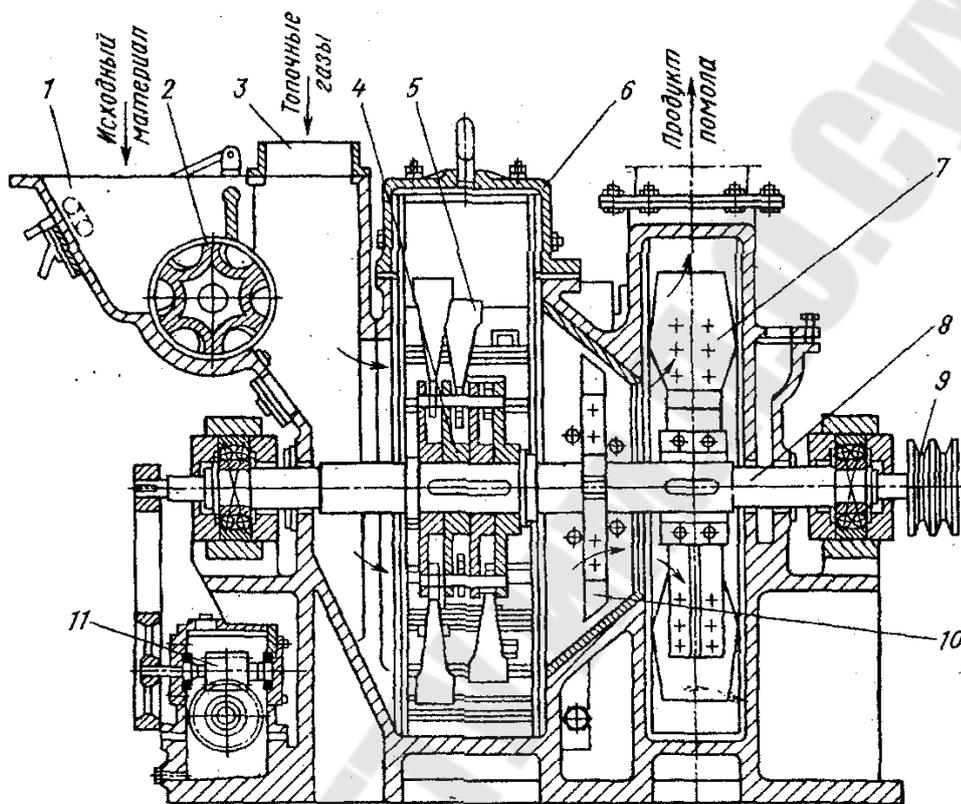


Рисунок 1.7- Молотковая мельница: 1- загрузочная воронка; 2- звездчатый питатель; 3- подвод воздуха и продуктов горения; 4- ротор; 5- молотки; 6- крестовина с ножами; 7- вентилятор; 8- выход аэросмеси; 9- вал; 10- ножи крестовины

На роторе, вращающемся с частотой 1500 об/мин, на шарнирах подвешены в три ряда молотки, которые измельчают материал. Размолотый материал уносится потоком воздуха, создаваемым вентилятором мельницы, и направляется сначала в проточный сепаратор для отделения недомола, а затем в циклон для осаждения годного помола. Установка имеет рециркуляцию воздуха, к которому для подсушки размалываемого материала примешиваются топочные газы. Часть воздуха из системы выбрасывается в атмосферу. Для окончательного обеспыливания эту часть воздуха после циклона желательно пропускать через матерчатый фильтр или второй циклон. Для задержания крупных частиц материала и недопущения их прохода из мельницы в вентилятор служит крестовина с ножами, которую можно переставлять на валу. Чем меньше зазор между ножами крестовины и стенкой,

тем более тонкий помол пропускает крестовина из мельницы. Кожух мельницы изнутри имеет сменную футеровку в виде плит из стали. Производительность описанной мельницы 1 т/ч угля. Молотковые мельницы хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации.

Если вместо свободного подвешивания на шарнирах была закрепить на роторе мельницы жестко, то получится крестовая мельница.

## МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Для отделения металлических ферромагнитных частиц (застывших брызг металла, шпилек и пр.) от отработанных формовочных смесей применяют шкивные, барабанные и подвесные магнитные железоотделители.

Шкивной железоотделитель (рис.1.8) представляет собой вращающийся многополюсный электромагнит; его устанавливают на конце ленточного конвейера в качестве ведущего шкива. Немагнитный материал (отработанная смесь) переваливается через такой шкив свободно. Магнитные же включения притягиваются электромагнитом, прижимаются к ленте и перемещаются вместе с ней, отрываясь от нее лишь на нижней части ее ветви, после того как она сойдет со шкива.

Магнитная система железоотделителя состоит из насаженных на вал колец (сердечников) из легированной стали и намотанных на них катушек. Направления намотки витков, а следовательно, и тока в катушках чередуются (например, в первой катушке - по часовой стрелке, во второй - против часовой стрелки, в третьей - опять по часовой стрелке и т.д.). Такая намотка обеспечивает полярность сердечников, помеченную на рисунке. Система получается многополюсной, магнитные потоки пронизывают сепарируемый материал в нескольких местах по ширине ленты. Сепарация при этом интенсивная.

Барабанный железоотделитель состоит из вращающегося полого латунного барабана (или из другого немагнитного материала) и неподвижной магнитной системы, находящейся внутри барабана. Сепарируемая отработанная смесь подается по желобу сверху. Магнитный материал отклоняется из общего потока, как показано на схемах, и отрывается от барабана лишь внизу, где ослабевает магнитное поле барабана.

Подвесной железотделитель представляет собой короткий ленточный конвейер, который устанавливают на высоте 150—200 мм над лентой с отработанной смесью в перпендикулярном к ее движению направлении. Между верхней и нижней ветвями железотделителя имеется прямоугольная магнитная шайба, которая выбирает из отработанной формовочной смеси металлические частицы.

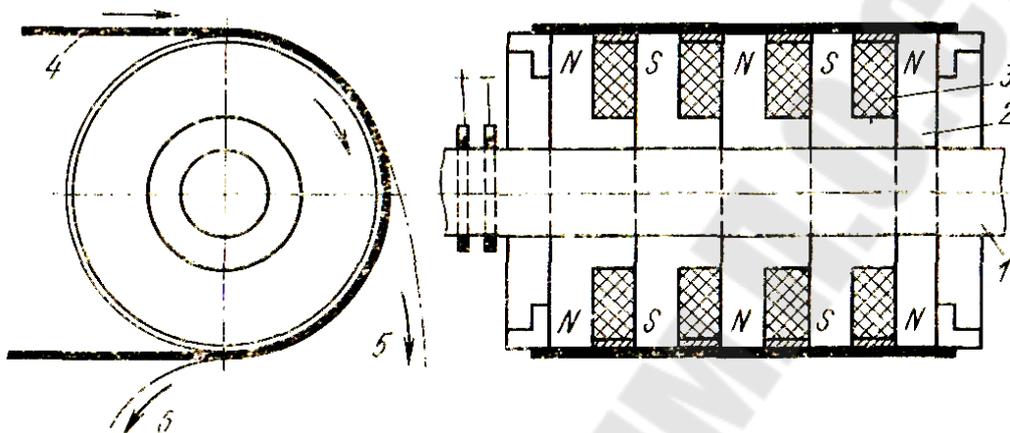
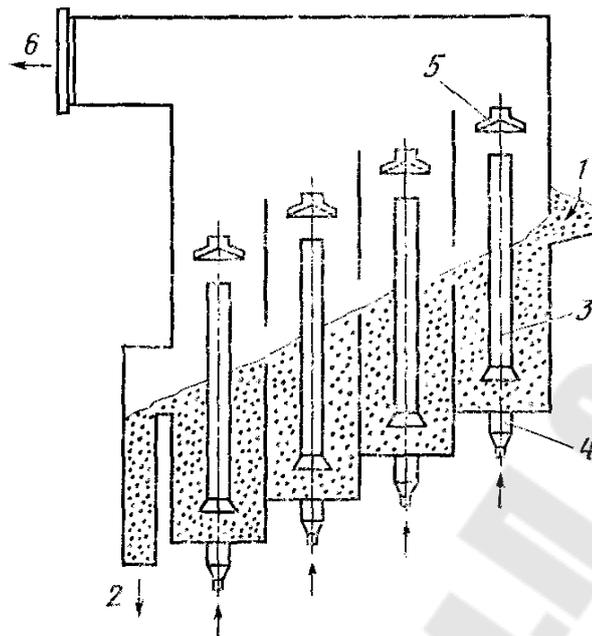


Рисунок 1.8 - Шкивной железотделитель: 1- вал; 2- сердечник; 3- катушки; 4- лента конвейера; 5- немагнитный материал; 6- магнитные включения

## РЕГЕНЕРАЦИЯ

Процесс регенерации состоит из предварительной подготовки отработанной смеси, заключающейся в ее дроблении или разминании комьев, магнитной сепарации и просеивании, и основной операции отделения от зерен песка инертных пленок шамотизированной глины или стержневых крепителей, а также в обеспыливании смеси. Существует несколько способов регенерации.

*Регенерация путем промывки в воде.* Подготовленная смесь поступает в бассейн с проточной водой, которая уносит мелкую пыль и отмокшие и частично отделившиеся во время предварительной подготовки глинистые пленки. Оседающий в промывочном бассейне, или отстойнике, песок выгребают и сушат в печи, после чего если нужно, сортируют просеиванием на ситах. Этот гидравлический метод регенерации находит применение в литейных цехах имеющих установки для гидравлической выбивки стержней, что является характерным главным образом в тяжелом машиностроении и станкостроении. При этом регенерационная установка служит одновременно и для



*Рисунок 1. 9* Схема пневматической установки для регенерации: 1- непрерывная загрузка отработанной смеси; 2- непрерывный выпуск регенерата; 3- рабочая труба; 4- подвод сжатого воздуха; 5- колпак; 6- отсос пыльного воздуха осветления отработанной воды, которая снова используется в установке.

*Регенерация путем механического перетирания подготовленной сухой смеси, при котором глинистые пленки отделяются от зерен песка и превращаются в пыль; последняя удаляется из смеси интенсивным отсосом воздуха. Перетирание может быть осуществлено в каком-либо механическом устройстве типа валков или каткового смесителей с рабочими органами, облицованными резиной, путем создания струй смеси с большими скоростями движения, направленных друг против друга и энергично перетирающихся при встрече. Из множества подобных предложенных решений в промышленности нашли частичное применение пневматические регенерационные установки (рис. 1. 9).*

В установке этого типа регенерируемый материал инжектируется подводимой струей сжатого воздуха и подается кверху по вертикальной трубе, из которой выбрасывается с большой скоростью (20-25 м/с) на конический колпак. При ударе о колпак смесь интенсивно перетирается, глинистые пленки отделяются от зерен и вместе с пылевидными фракциями уносятся в отсасывающую трубу. Песок же падает вниз и частично поступает снова на регенерацию, совершая повторные циклы регенерации, а частично пересыпается и поступает

из данной секции в следующую, вниз по ступеням каскадного потока, к выходу из камеры установки.

### **Постановка работы**

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют основные этапы проведения процесса приготовления формовочных смесей, изучают конструкцию оборудования для приготовления формовочных смесей и экспериментальную работу этого оборудования.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и особенности работы оборудования для приготовления формовочных смесей.
2. Изучить расчет параметров работы оборудования.
3. По заданию преподавателя произвести расчет производительности одного из рассмотренных видов оборудования.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; краткие теоретические сведения; результат расчета производительности оборудования, выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислить оборудование, применяемое для сушки песка на примере одного сушила, принцип действия, схема.
2. Дробилки, принцип действия, схема.
3. Мельницы, принцип действия, схема.
4. Магнитный сепаратор, принцип действия, схема.
5. Регенерация.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Принцип работы и устройство пескодувно-прессовых и пескострельных машин

*Цель работы:* изучить принцип действия и устройство пескодувно-прессовых и пескострельных машин.

#### Теоретические сведения

**1. Пескодувная машина 2Б83** представляет собой однопозиционный полуавтомат. На колонне станины 1 (рис. 2.1) смонтирован механизм дутья 5 с питателем 6. Стрежневой ящик с вертикальным или горизонтальным разъемом ставится на стол 2, который предварительно отрегулирован на нужную высоту. При включении машины стержневая смесь, находящаяся в вибрируемом лотке питателя 6, сползает в приемную воронку механизма. Затем нажимается пусковая кнопка, расположенная на пульте управления 7, вибратор питателя выключается, а шибер механизма дутья 5 перекрывает впускное отверстие гильзы. Одновременно зажимы 3 соединяют строжневой ящик (при вертикальном разьеме ящика), а стол 2 прижимает его к насадке 4. Далее в гильзу со смесью подается сжатый воздух, и смесь через вдвунное отверстие в насадке "выстреливается" в строжневой ящик.

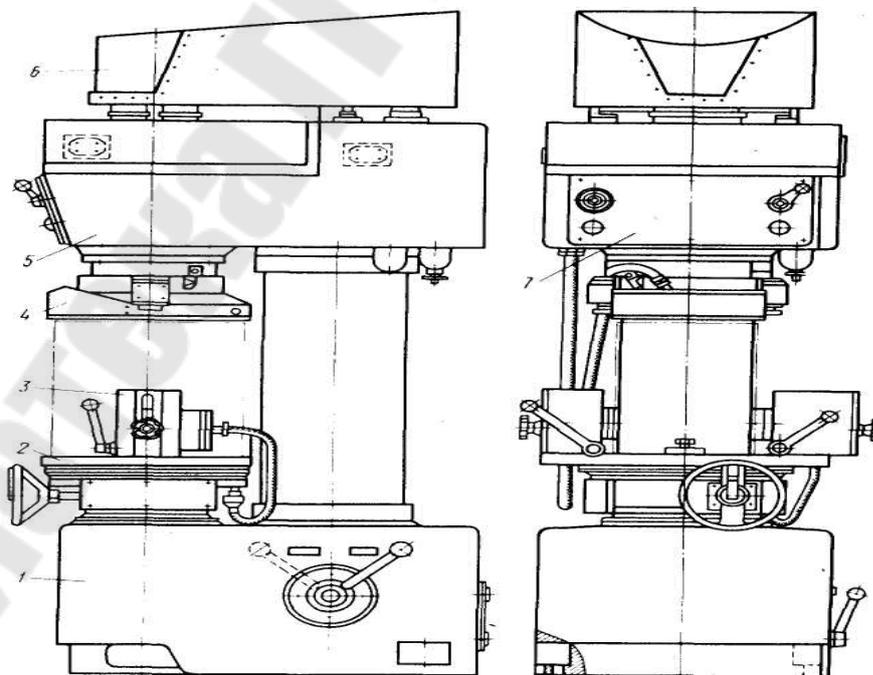


Рисунок 2.1 Пескодувный полуавтомат модели 2Б83

После заполнения ящика и уплотнения смеси подача воздуха прекращается, а оставшийся в гильзе воздух выбрасывается в атмосферу. Затем стол опускается, ящик разжимается, шибер открывает отверстие гильзы и начинается подача смеси в механизм дутья (пескодувный резервуар). Стержневой ящик снимается со стола машины и из него извлекается стержень.

Подъем прижимного стола (рис. 2.2) при регулировке его высоты производится с помощью маховика 1, посаженного на червяк 2. При вращении маховика червяк поворачивает колесо 4 и винт 3, который, выходя из неподвижной гайки станины (на чертеже не показано), поднимает стол. Стол при этом не вращается, так как он зафиксирован относительно станины специальным выступом и направляющими планками.

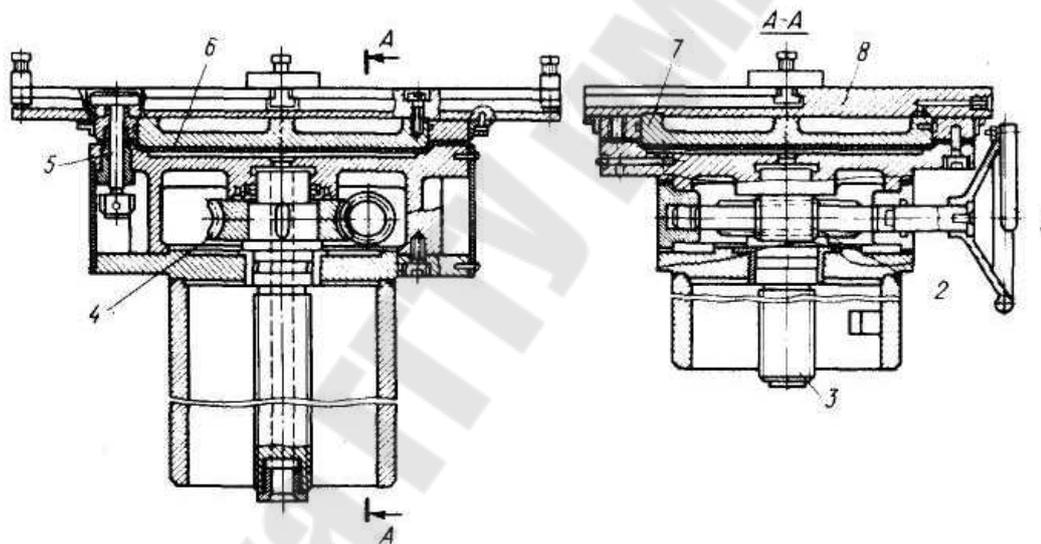


Рисунок 2.2 Устройство прижимного стола пескодувного полуавтомата мод.2Б83

Для прижима стержневого ящика воздух подается по трубе, проходящей внутри полого винта 3 под мембрану 6. Мембрана поднимает поршень 7 и плиту 5 относительно корпуса на высоту до 15 мм. Максимальный ход прижима зависит от положения гайки на винте 5.

Основой механизма дутья (рис. 2.3) служит траверса 1, устанавливаемая на колонне станины. Сверху на траверсе крепится крышка 2, закрывающая механизм шибера 3 и прижимающая к нему круглый резиновый амортизатор 4. К амортизатору сверху хо-

мутом крепится горловина питателя 5. На нижней части траверсы монтируется фланец 9, к которому крепится насадка (рис. 2.4).

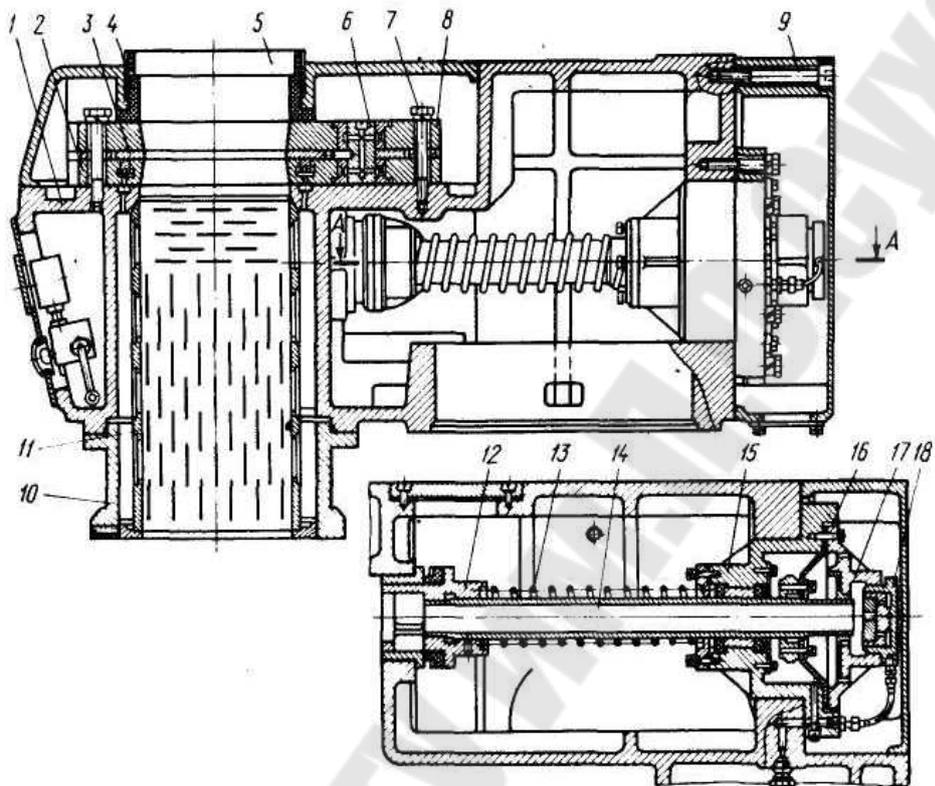


Рисунок 2.3 Механизм дутья пескоструйного полуавтомата мод.2Б83

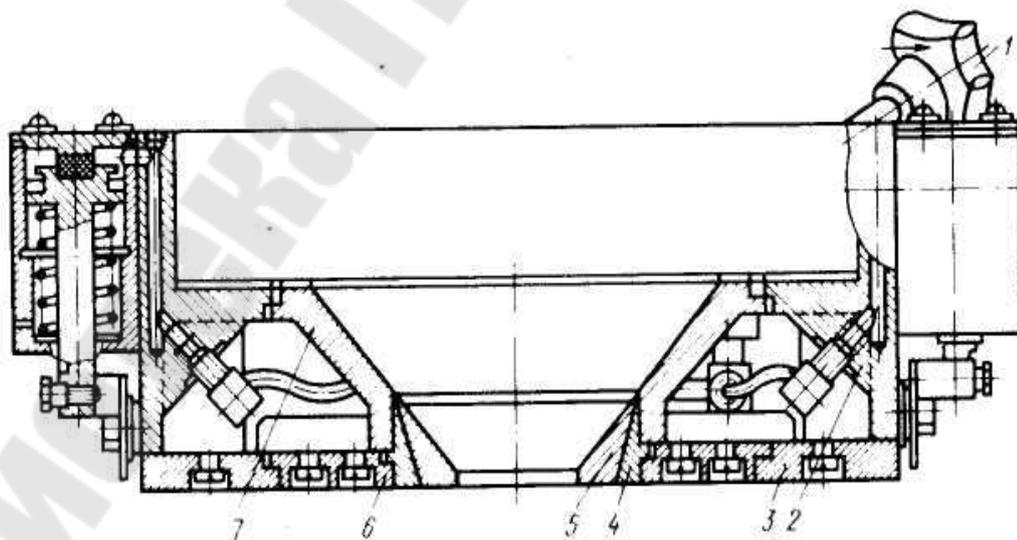


Рисунок 2.4 Устройство насадки пескоструйного резервуара полуавтомата мод.2Б83

Насадка (рис. 2.4), через которую смесь направляется в стержневой ящик, надевается на фланец траверсы и крепится к нему винтами 7. Она представляет собой корпус 2, скрепленный с вентиляционной плитой 3. Внутри корпуса установлены конус 7 и втулки 4 и 5. В вентиляционной плите 3 установлены винты 6, через которые воздух из полости стержневого ящика выбрасывается в атмосферу.

Во внутренней полости траверсы устанавливается гильза 7 (см. рис. 2.3) с прорезями, верхнее отверстие которой перекрывается секторным шибером 3 с отверстием для загрузки. Шибер поворачивается вокруг оси 6, между верхней 8 и нижней 2 крышками, стянутыми между собой болтами 7. В кольцевой канавке нижней крышки 10 установлено резиновое кольцо, прилегающее к шиберу 3 при вдуве смеси за счет подачи под него сжатого воздуха через каналы в траверсе и нижней крышке.

Сбоку траверсы 7 установлен клапан надува и выхлопа, состоящий из собственного клапана 12, укрепленного на полом штоке 14, диафрагмы 16, зажатой между корпусом 15 и крышкой 17, поршня 18 и крышки 9. В исходном положении клапан 12 прижат к седлу пружиной 13 и сжатым воздухом, находящимся в полости траверсы. Если поршень 18 находится в правом положении, полость гильзы 7 через внутренний канал штока 14 сообщается с атмосферой. При подаче воздуха в левую полость диафрагмы 16 шток 14 резко отводит клапан 12 вправо и воздух из полостей траверсы и из соединенной с ней колонны-ресивера устремляется в полость, окружающую гильзы 7, и по прорезям в последней попадает внутрь ее, захватывает смесь и выбрасывает ее из сопла насадки. Происходит выдув смеси. Одновременно воздух поступает в полость за поршнем 18 и прижимает его к правому концу штока 14, предотвращая этим выхлоп. Для прекращения надува достаточно снять давление с диафрагмы 16 и поршня 18, и вся система придет в исходное положение.

**2. Полуавтоматическая пескодувная стержневая машина мод. 305** предназначена для изготовления мелких стержней из песчаных смесей различной сырой прочности. Стержни могут изготавливаться в ящиках как с горизонтальным, так и с вертикальным разъемом.

Работает машина следующим образом (рис.2.5). Смесь из лотка с вибратором 7 через приемную воронку 2 поступает в рабочий резервуар 3. Резервуар имеет рубашку, заполненную сжатым воздухом с давлением в 0,5-0,6 МПа. Стержневой ящик 4 устанавливается под рабочим резервуаром на рабочий стол 5 машины. Рабочий стол регулируется по высоте рукояткой 6. Зажим стержневого ящика осуществляется пневматическими тисками 7. Перед надувом шибер 13 перекрывает отверстие рабочего резервуара с помощью пневматического цилиндра 8. Во время надува в рабочем резервуаре открываются вдувные клапаны 9 и сжатый воздух из рубашки резервуара через гильзу 10, на поверхности которой имеются щели, поступает в пескодувный резервуар, откуда вместе со смесью через отверстие в насадке 11 вдувается в стержневой ящик. Венты для выхода воздуха при надуве монтируются в плите вокруг вдувного отверстия насадки пескодувного резервуара. После заполнения стержневого ящика вдувные клапаны закрываются, воздух сбрасывается через выхлопной клапан 12. Стол опускается, разжимаются пневматические зажимы, шибер открывает отверстие и рабочий резервуар заполняется смесью. Все операции на машине происходят автоматически.

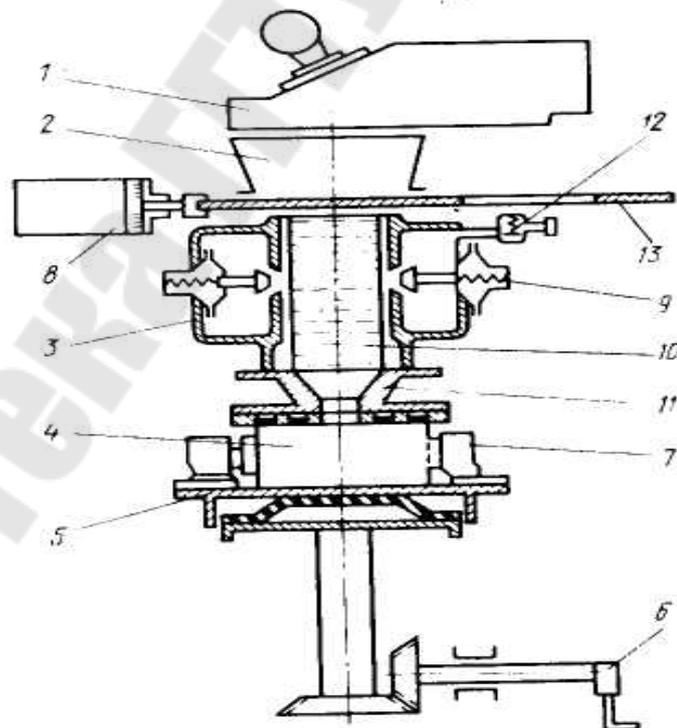


Рисунок 2.5 Схема работы пескодувной машины мод. 306

Общий вид машины показан на рис. 2.6. Станина 13 вместе с тумбой составляет основу машины. На станине 13 смонтированы подъемный стол 2 с зажимом 3, пескодувный резервуар 4 с ресивером 11, воронка 5 для смеси, лоток 7 с инерционным вибратором 6 для подачи смеси и шибер с пневмо-цилиндром 8 для перекрытия резервуара в момент надува. В тумбе установлен командоаппарат 12, обеспечивающий полуавтоматический цикл работы машины. Стержневой ящик устанавливается на подъемный стол так, чтобы между ящиком и пескодувным резервуаром 4 оставался зазор около 5 мм

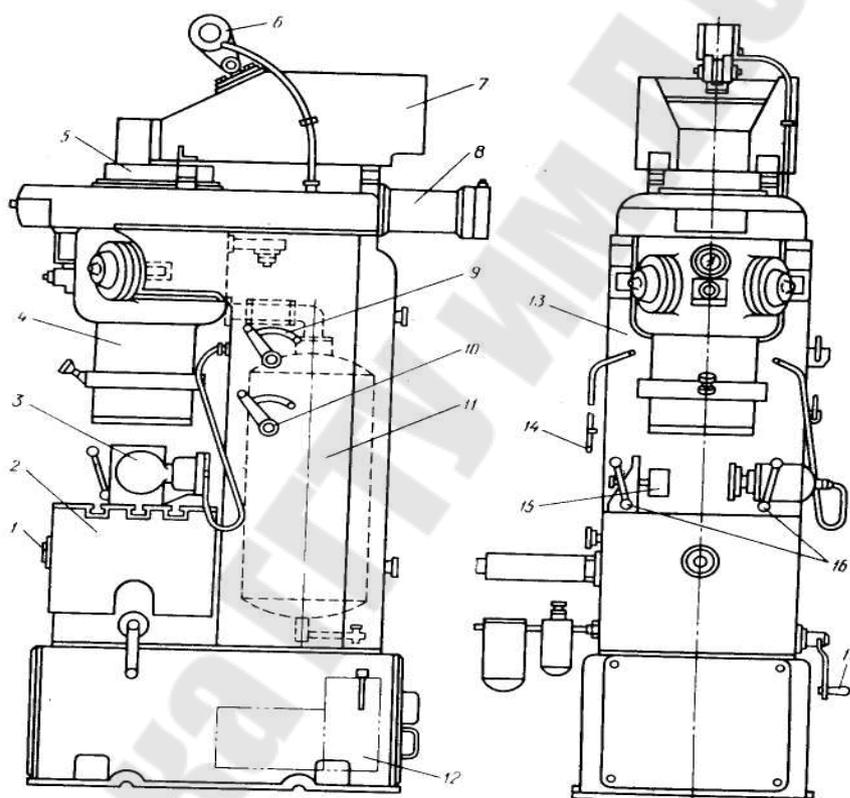


Рисунок 2.6 Общий вид пескодувной машины мод. 306

Установка зазора осуществляется с помощью механизма перемещения стола поворотом рукоятки 17 маховика конического редуктора. Если стержневой ящик имеет вертикальный разъем, то для зажима по разьему используется пневматический зажим 3. При использовании ящиков с горизонтальным разъемом пневматический зажим не применяется и может быть легко снят со стола 2.

Установка ящиков должна производиться по центру пескодувного резервуара. Первоначальное положение упора 15 и пневматического зажима 3 устанавливается передвижением их вручную по на-

правляющим стола 2, для чего необходимо отжать рукоятки 16. После окончательной установки упоров и зазоров относительно стержневого ящика можно приступить к работе.

Работа на машине сводится к нажатию кнопки 1, после чего автоматически происходят зажим ящика, закрытие шибера, заполнение смесью и разжим ящика. Установка, снятие стержневого ящика, а также удаление стержней производятся вручную. Для обдувки ящиков имеется обдувочный шланг с краном 14. В случае необходимости вибратор 6 может быть отключен с помощью крана 9. Кран 10 служит для закрытия шибера и отключения вибратора.

### **3.Машины для изготовления стержней в нагреваемой оснастке.**

В настоящее время широко применяется прогрессивный процесс изготовления стержней, при котором формообразование и твердение происходят непосредственно на самой машине в горячих ящиках. Стержни по такому процессу получают из смесей, приготовленных на терморезистивных связующих материалах.

Для получения таких стержней используются обычные пескоструйные (пескострельные) машины, снабженные специальными устройствами для нагрева стержневых ящиков. Их можно разделить на две большие группы:

- а) машины, в которых нагрев ящика осуществляется в специальных приставках (секциях) со встроенными подогревателями;
- б) машины, в которых ящик нагревается в специальных печах, являющихся частью машины.

Нагрев стержневых ящиков может быть газовым или электрическим.

Как те, так и другие машины имеют ящики либо с вертикальным, либо с горизонтальным разъемом.

**4.Автомат для изготовления мелких стержней мод. 4532А** (рис. 2.7) выполнен в виде восьмипозиционной карусели, на которой установлены стержневые ящики с вертикальной плоскостью разъема. Каждый ящик помещен в отдельную секцию со встроенным подогревом.

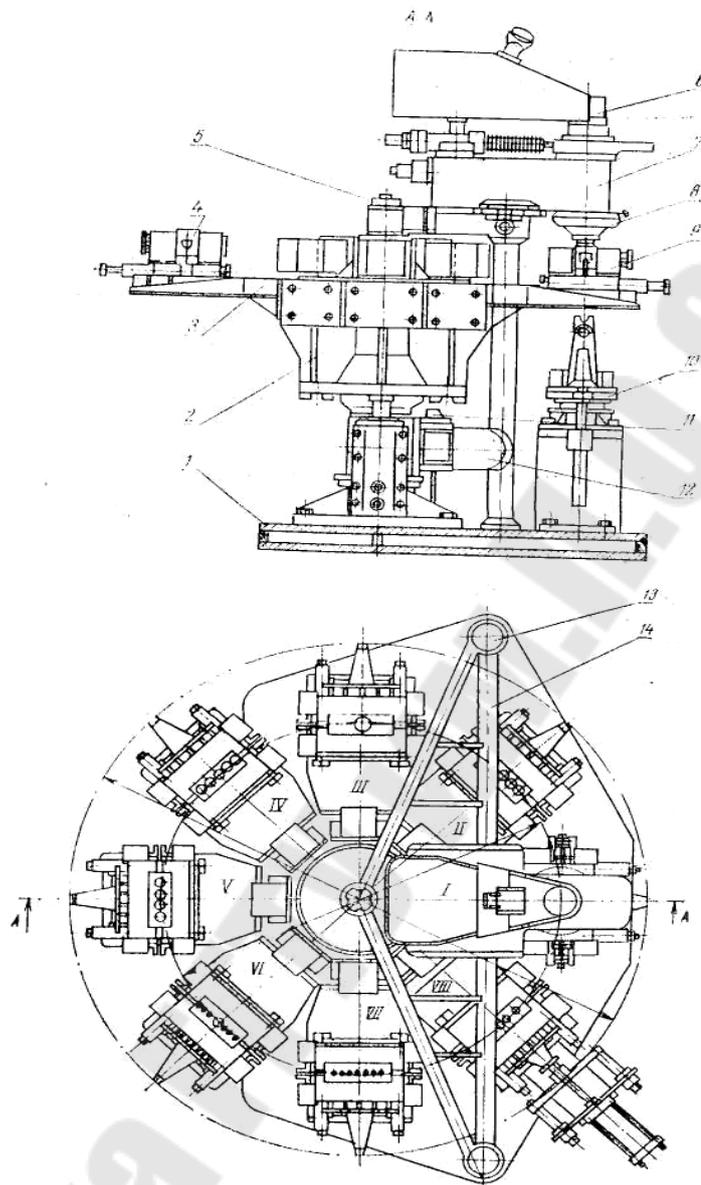


Рисунок 2.7 Стержневой автомат мод.4532А

На позиции I автомата стержневые ящики заполняются смесью, на позиции II происходит очистка верхней части стержневого ящика от излишков смеси. На позициях II—VII стержни отверждаются в ящиках, на позиции VIII ящик раскрывается, а стержни выталкиваются на приемный лоток.

На неподвижной центральной колонне установлен горизонтальный поворотный стол 2 с восемью радиально закрепленными кронштейнами 3, на которых смонтированы стержневые ящики 4 и 9. На траверсе 14, жестко скрепленной с центральной 5 и боковыми 13 колоннами, установлены лоток 6, пескострельная головка с насадкой 8.

На основании I закреплен механизм 10 прижима стержневого ящика и цилиндр поворота карусели 12.

Перемещение ящика от позиции к позиции осуществляется гидроцилиндром, шарнирно соединенным с водилом и основанием с помощью двух цилиндров фиксации II.

К водилу, шарнирно установленному на нижней части вертикальной колонны, крепится подвижный цилиндр фиксации, шток которого своей клиновой частью входит в зацепление с клиновым пазом одной из восьми втулок поворотного стола при его повороте. На опоре вертикальной колонны закреплен неподвижный цилиндр фиксации, клиновья часть штока которого входит в зацепление с пазом втулки при остановке поворотного стола.

### **Постановка работы**

Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит». Изучается конструкция и регулировка пескоструйно-прессовых и пескострельных машин.

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют основные этапы работы оборудования, рассчитывают основные экспериментальные данные работы оборудования.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и особенности работы оборудования.
2. Изучить расчет параметров работы оборудования.
3. По заданию преподавателя произвести расчет производительности одного из рассмотренных видов оборудования.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; краткие теоретические сведения; результат расчета производительности оборудования, выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем конструктивно отличается пескоструйная машина от пескострельной?
2. Какова важнейшая технологическая особенность пескострельного процесса?

3. Основные направления пескострельного процесса?
4. Роль и назначение вент в пескострельном процессе?
5. Поясните механизм уплотнения смеси при пескострельном процессе уплотнения?
6. Основные факторы, влияющие на процесс пескострельного уплотнения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Принцип работы и устройство оборудования для изготовления стержней

*Цель работы:* изучить принципы работы и устройства оборудования для изготовления стержней.

#### Теоретические сведения

В современных литейных цехах стержни изготавливают на пескодувных и пескострельных машинах. Использование машин позволяет полностью механизировать, а, часто, и автоматизировать трудоемкий процесс изготовления стержней.

Пескодувное уплотнение длительное время применяли только для изготовления стержней. В 50-е годы этот метод начали использовать для предварительного уплотнения форм. Процесс уплотнения заключается в следующем: на столе 4 (рис. 3.1) машины установлена опока 2, которую стол прижимает к надувной плите 8 пескодувного резервуара 1. На прессовом стакане 5 стола машины закреплена модельная плита 6 с моделью.

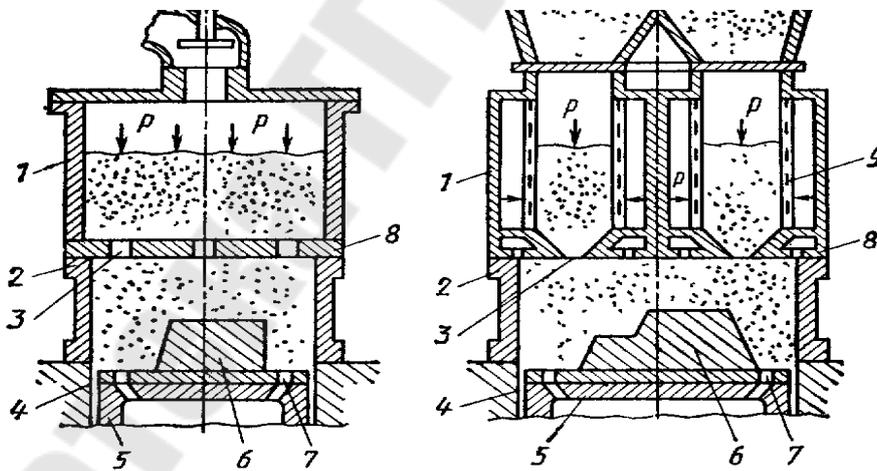


Рисунок 3.1. Пескодувное уплотнение формы с помощью пескодувной (слева) и пескострельной (справа) головами

Предварительно резервуар головки заполняют формовочной смесью. В головку подводят сжатый воздух, который, фильтруясь через смесь, поступает через вдвухное отверстие 3 в опоку. Воздух захватывает смесь, находящуюся в резервуаре, и транспортирует ее в опоку. Опока за доли секунды заполняется смесью, и происходит уп-

лотнение последней. Сжатый воздух, поступающий в опоку, во время заполнения и уплотнения удаляется из полости опоки через вентиляционные втулки - венты 7, установленные в модельной и надувной плитах.

Пескодувный процесс осуществляется с помощью головок двух типов, которые отличаются местом подвода сжатого воздуха к смеси, находящейся в пескодувном резервуаре. Первые пескодувные стержневые машины имели пескодувные головки, в которых воздух в пескодувный резервуар подводился сверху. Плоское днище резервуара имело одно или несколько вдувных отверстий (см. рис. 3.1, слева).

Позднее появились машины с пескострельной головкой (рис. 3.1, справа). В эту головку вмонтирован резервуар - гильза 9 с прорезями. В гильзе находится смесь. Через прорези сжатый воздух из окружающего пространства попадает внутрь гильзы, и, таким образом, воздух к смеси поступает со всех сторон (кроме грани, на которой расположено вдувное отверстие).

Пескодувные (пескострельные) машины можно классифицировать по расположению вдувного отверстия относительно опоки: машины с верхним, боковым (боковой надув) и нижним (ствольный надув) расположением вдувного отверстия.

Существует два способа подачи смеси в форму: при одном из них смесь при выходе из вдувного отверстия движется перпендикулярно модельной плите, при другом — параллельно. В последнем случае появляются затененные замодельные области формы.

Схема работы пескодувной машины представлена на рис. 3.2. Сжатый воздух под давлением 0,5 - 0,7 МПа, попадая в резервуар 1 со смесью, увлекает ее через вдувные отверстия 2 в полость стержневого ящика 3, установленного на столе машины 4, и уплотняет ее. Воздух через специальные отверстия 5 (венты) с мелкой сеткой уходит в атмосферу. Уплотнение смеси происходит за счет кинетической энергии вдуваемой смеси и разности входного  $P_1$  и выходного  $P_2$  давлений воздуха. Преобладание того или иного фактора зависит от системы вентиляции стержневого ящика (опоки), т. е. от числа и расположения вент.

При верхней вентиляции, когда венты располагаются в верхней части ящика, основным фактором уплотнения является кинетическая энергия песчано-воздушного потока, так как в этом случае в стержневом ящике отсутствует противодействие (низкое значение  $P_1$ ), скорость потока будет высокая, а фактор фильтрации будет иметь второстепенное значение.

При нижней вентиляции, когда основная часть воздуха отводится через нижние венты, уплотнение за счет скоростного напора (кинетической энергии) происходит только вначале, когда венты открыты. В дальнейшем скорость потока падает, так как увеличивается противодействие  $P_1$  в полости стержневого ящика, и при использовании смеси с достаточной газопроницаемостью уплотнение будет происходить за счет разности давлений  $P_1$  и  $P_2$ . Выбор размера и числа вдувных и выдувных отверстий, а также их расположение зависят от свойств смеси и конфигурации стержня.

В первом случае рядом с пескодувной машиной или непосредственно над резервуаром 1 (см. рис. 3.2) располагают быстродействующий смеситель периодического действия, причем емкость смесителя должна соответствовать емкости резервуара.

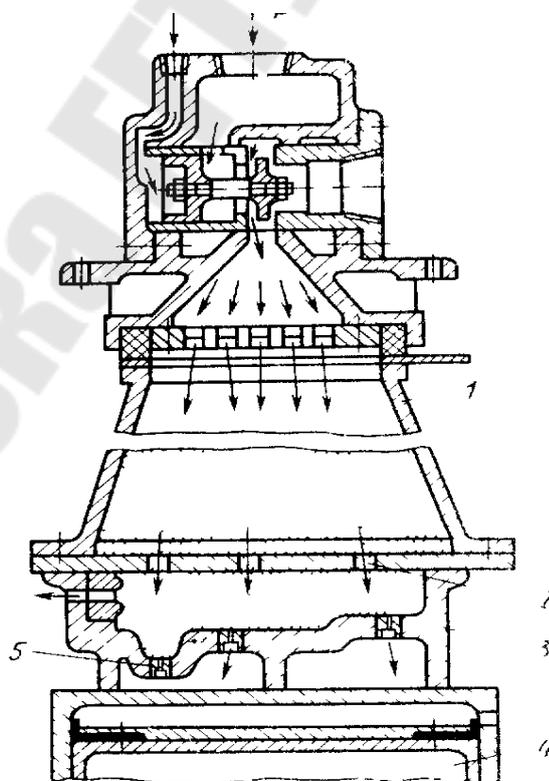


Рисунок. 3.2 Схема пескодувной машины

Продолжительность перемешивания смеси около 15 с, а выгрузки в резервуар пескодувной машины и наддува смеси 2 - 3 с. Для изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей широко применяют полуавтоматические и автоматические пескодувные машины мод. 4723А, 4742 и 4716А.

В пескодувном резервуаре 1 (рис. 3.3) сжатый воздух подводится к верхней или боковой поверхности столба загружаемой смеси. Для разрыхления смеси в процессе надува и разрушения образующихся кратеров в случае применения смесей повышенной прочности в сыром состоянии в корпус резервуара встраивают приводные мешалки 2. Надувная плита 3 плоская, с одним или несколькими выходными отверстиями. После надува воздух из стержневого ящика 4 уходит через специальные щелеобразные устройства, пропускающие воздух и задерживающие смесь - вентили 5 - в атмосферу (верхняя вентиляция). Вентили встраивают и в стержневом ящике (нижняя вентиляция).

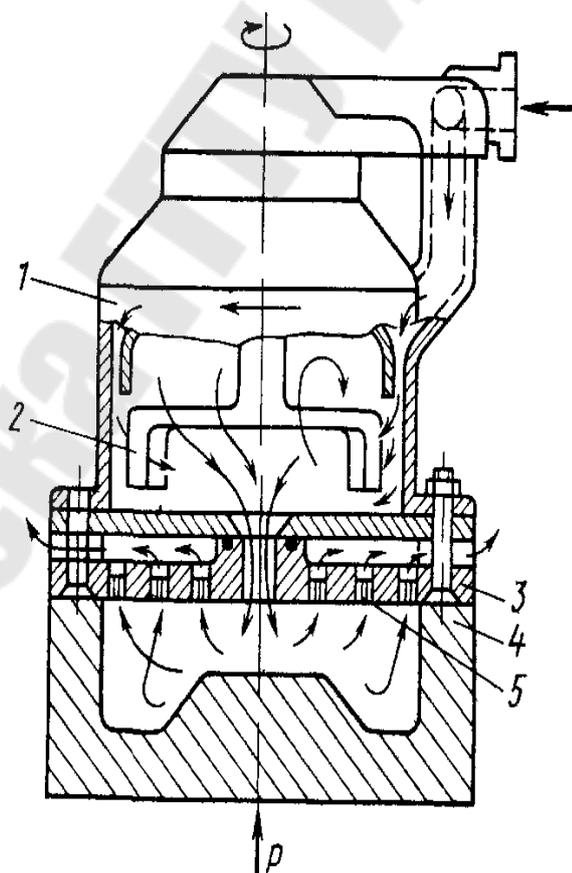


Рисунок 3.3 Схема пескодувного механизма

Схема работы пескострельной машины представлена на рис. 3.4.

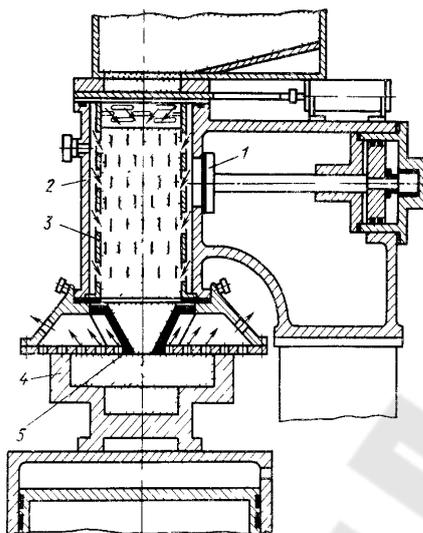


Рисунок 3.4 Схема пескострельной машины

Сжатый воздух через быстродействующий клапан 1 поступает в рабочий резервуар 2. Давление в резервуаре резко повышается, и столб смеси выстреливается через сопло 5 в полость ящика 4. Сопло обязательно должно иметь форму обратного усеченного конуса, чтобы сжатый воздух не прорывался из резервуара в полость ящика. Выталкивание смеси происходит в основном за счет резкого расширения воздуха в рабочем резервуаре.

Рабочий резервуар имеет двойные стенки, на внутренней делают прорезы 3. Воздух, проходя через эти прорезы, уменьшает трение смеси о боковые стенки, что позволяет применять малотекучие смеси с высокой прочностью при сжатии во влажном состоянии.

Уплотнение достигается за счет кинетической энергии потока смеси. Воздух из резервуара в полость ящика не попадает, поэтому отпадает необходимость устройства в стержневом ящике большого числа вент. Вентиляционные отверстия или венты в ящике нужны только для выхода воздуха из полости ящика. Отсутствие песчано-воздушного потока резко снижает абразивное действие смеси, что позволяет использовать деревянные стержневые ящики.

## Постановка работы

1. Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» или ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Изучается конструкция и принцип работы машины, техническая документация.

2. Построить циклограмму процесса изготовления стержней, сравнить с расчетной, проанализировать причины отклонений.

3. Рассчитать отдельные конструктивные параметры машины.

Если предел прочности смеси при сжатии во влажном состоянии менее 1 кПа, то диаметр вдувных отверстий 10 - 12 мм; если более 1 кПа, то диаметр вдувных отверстий 15 - 25 мм.

Общую площадь вент рассчитывают по формуле

$$\sum F_{вент} = (0,3 \div 0,7) \sum F_{вд.отв} ,$$

где  $\sum F_{вд.отв}$  - площадь сечения вдувных отверстий.

Каждое вдувное отверстие обслуживает 60 - 80 см<sup>2</sup> поверхности стержня.

Чем сложнее конфигурация стержня (формы), тем большее число вент необходимо делать в стержневом ящике. Изготовление стержней этим методом усложняет конструкцию стержневого ящика и предъявляет к его материалу высокие требования по износостойкости.

Для форм диаметр вдувного отверстия принимают несколько большим (до 30 мм). Площадь вент в этом случае подсчитывают по формуле

$$\sum F_{вент} = (0,8 \div 1,0) \sum F_{вд.отв} .$$

Число вдувных отверстий определяют из расчета одно отверстие на 100 см<sup>2</sup> площади формы. Уплотнение пескодувным способом используют также при изготовлении стержней из холоднотвердеющих смесей и смесей, отверждаемых в горячей оснастке.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и особенности работы оборудования.

2. Изучить расчет параметров работы оборудования.

3. По заданию преподавателя произвести расчет параметров работы одного из рассмотренных видов оборудования.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций машин, описание работы стержневых машин, выполнение эскизов деталей, узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики машин, выводы и предложения по совершенствованию конструкции машин.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем отличается конструктивно пескодувная машина от пескострельной?
2. Какова важнейшая технологическая особенность пескострельного процесса?
3. Основные направления в применении пескострельного процесса.
4. Роль и назначения вент в пескострельном процессе.
5. Поясните механизм уплотнения смеси при пескострельном процессе уплотнения.
6. Основные факторы, влияющие на процесс пескострельного уплотнения.
7. Роль площади проходного сечения отверстия клапана и его быстродействия на процесс уплотнения.
8. Почему при процессе холодного отверждения (ХТС) вдувная насадка расширяющаяся, а при надуве обычных песчано-глинистых смесей – сужающаяся?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### Оборудование для выбивки, очистки, грунтовки и окраски поверхности отливок

*Цель работы:* Изучить принцип действия и конструкцию оборудования, применяемого для выбивки, очистки, грунтовки и окраски отливок.

#### Теоретические сведения

### 1. ВЫБИВНЫЕ УСТРОЙСТВА

#### 1.1 Эксцентровые выбивные решетки

Механические эксцентровые и инерционные решетки являются в настоящее время наиболее распространенным видом оборудования для выбивки литейных форм.

Эксцентровая выбивная решетка (рис. 4.1) представляет собой решетчатую раму, опертую на амортизаторы и приводимую в колебательное движение от эксцентрового вала (шатунно-кривошипного механизма). Литейную форму для выбивки ставят на полотно решетки, выбитая формовочная смесь проваливается сквозь щели решетки, а освобожденная отливка и пустая опока остаются на решетке, с которой затем и удаляются.

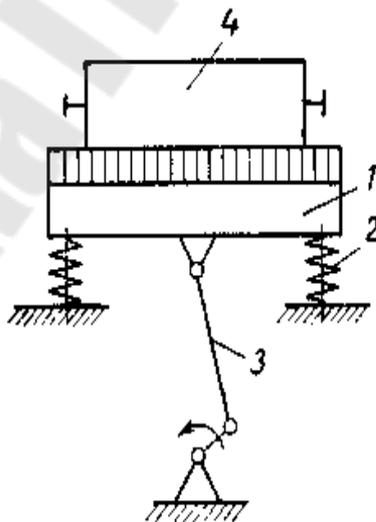


Рисунок 4.1 Схема эксцентровой выбивной решетки: 1- решетка; 2- опорные амортизаторы; 3- привод; 4- выбиваемая форма

## 1.2 Инерционная выбивная решетка

Решетка представляет собой решетчатую раму, опертую на амортизаторы и приводимую в колебательное движение от вала с дебалансом.

Однако имеется существенная разница в характере колебаний решеток обоих этих типов.

Колебания эксцентриковой решетки представляют собой простое гармоническое колебательное движение с постоянной амплитудой и частотой, причем удары опоки о решетку не изменяют характера ее движения.

Движение инерционной решетки, вызываемое действием периодической возмущающей силы, будет являться алгебраической суммой ее собственных и вынужденных колебаний, которые имеют неодинаковые фазы, частоты и амплитуды. Это суммарное движение уже не будет простым гармоническим колебательным движением. Оно будет иметь переменную периодическую амплитуду и носить характер биений.

## 1.3 Автоматические установки для выбивки литейных форм

### а) Установки для выбивки безопочных форм.

Принцип работы установки для выбивки безопочных форм заключается в том, что формы автоматически сбрасываются с платформ литейного конвейера и попадают по склизу на механическую выбивную решетку или в выбивной барабан, где и происходит их разрушение и отделение формовочной смеси от отливок.

Наиболее целесообразными являются установки с отклоняющей шиной. Платформы конвейера имеют особые откидные на шарнирах щиты, которые при помощи роликов и отклоняющей шины становятся на месте выбивки в наклонное положение под углом  $45^\circ$  к горизонту. Вследствие этого безопочные формы с них соскальзывают. Подопечные же щитки остаются на наклоненных щитах платформ конвейера, задерживаясь особыми выступами.

В установках для выбивки безопочных форм, подобных описанной, вместо механической выбивной решетки ставят также выбивной барабан, представляющий собой грубое цилиндрическое барабанное сито, сделанное из листового железа.

Кроме установок с отклоняющей шиной, существуют также установки для автоматической выбивки безопочных форм, в которых формы с конвейера сталкиваются с помощью пневматических толкателей. Недостатком установок со сбросом форм толкателем является частичное разрушение безопочных форм еще на платформах конвейера при ударе о них толкающей плиты или головки пневмотолкателя, что ведет к засорению конвейера и более быстрому его износу.

#### б) Установки для выбивки форм без крестовин в нижней опоке

Установки для автоматической выбивки опочных форм, не имеющих крестовин в нижней опоке, работают на провал. Комплектную форму при выбивке устанавливают на механическую вибрационную раму, расположенную над механической вибрационной решеткой, и содержимое формы проваливается из опок на решетку, на которой формовочная смесь и отделяется от отливки. Привод рамы и решетки делают инерционный или эксцентриковый. При этом рама и решетка могут иметь самостоятельные приводы или же один общий привод. Применяются также выбивные рамы и решетки с пневматическими вибраторами.

Для выбивки опочных форм без крестовин в нижней опоке могут применяться также установки с выдавливанием (прошиванием) пуансоном содержимого формы, находящейся на неподвижной выбивной раме, с помощью пневмоцилиндра. Основным типом установок для выбивки комплектных форм без крестовин в нижней опоке являются установки с вибрационной выбивной рамой и вибрационной решеткой.

По выполняемому технологическому процессу установки можно разделить на две группы, производящие только выбивку содержимого из литейных форм и возвращающие освободившиеся опоки на формовку комплектно и производящие выбивку и вслед за ней разборку или распаривание комплектов пустых опок и таким образом возвращающие на формовку уже отдельные верхние и нижние опоки. Установки первой группы включают в себя выбивное устройство и устройство для перемещения через него выбиваемых форм, работающие обычно от пневматических толкателей по принципу жесткого толкания, т. е. толкания одной формой соседней формы или ряда форм. Установки второй группы, кроме выбивного устройства и устройства для перемещения форм, включают в себя также так называемые рас-

паровщики, или автоматические разборщики комплектов пустых опонок.

в) Установки для выбивки форм с крестовинами в нижней опоке

На рис. 4.2 в качестве примера приведена планировка установки Горьковского автозавода для выбивки форм блоков цилиндра с крестовинами в нижних опоках. Размер опонок в свету 800х600 мм, шаг тележек литейного конвейера 1260 мм, скорость 5 м/мин.

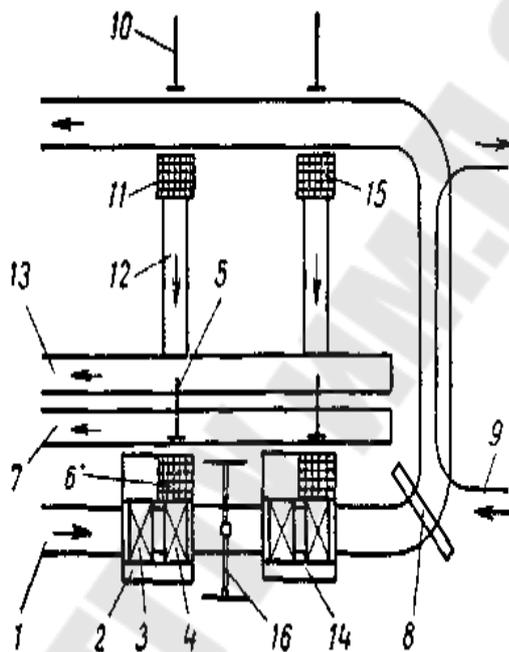


Рисунок 4.2 Планировка установки Горьковского автозавода для выбивки форм блоков цилиндра с крестовинами в нижних опоках

Наличие крестовин в нижних опоках не дает возможности выбивать формы комплектно. Поэтому приходится верхние и нижние полуформы выбивать раздельно на двух решетках, извлекая в промежутке отливку из нижней полуформы. Сначала с формы, находящейся на непрерывно движущемся литейном конвейере, снимается верхняя полуформа. Съем ее производится с помощью тележки, которая перемещается над литейным конвейером синхронно с ним и имеет пневматический подъемник с захватами для верхней полуформы. При съеме верхней полуформы отливка принудительно удерживается в нижней полуформе с помощью штока, упирающегося в литниковую чашу отливки. Эта снимающая тележка для сокращения времени передвигается над конвейером только на протяжении половины шага платформ конвейера и кладет снятую верхнюю полуформу на другую

тележку, которая также перемещается над конвейером, но на более низком уровне. Эта вторая, решетчатая тележка довозит верхнюю полуформу до второй, следующей позиции, на которой пневмотолкателем (стаскивателем) полуформа сталкивается с нее на инерционную механическую выбивную решетку, где и выбивается.

Освободившаяся верхняя опока с выбивной решетки передается с помощью подъемного рольгангового стола на ленточный транспортер для передачи на формовку.

Освобожденные от верхних полуформ нижние полуформы с находящимися в них отливками движутся далее на литейном конвейере, на повороте которого от отливок отбиваются литниковые системы с помощью установленного здесь наклонного пневмоцилиндра, наносящего своей головкой удар по литниковой чаше. Далее из нижних полуформ рабочий извлекает пневмоподъемником с захватами самые отливки, подвешивая их на крюки охладительного подвесного конвейера.

Наконец, нижние полуформы выбиваются на своей механической инерционной выбивной решетке, на которую они сталкиваются с литейного конвейера толкателем. Освободившиеся нижние опоки передаются на ленточный транспортер, возвращающий их на формовку. Установка имеет дублиры устройства для съема и выбивки верхних полуформ и выбивного узла для нижних полуформ.

Раздельная выбивка на конвейерной поточной или автоматической линии может быть также разделена по месту более значительным разрывом по расстоянию между местами выбивки верха и низа. При этом ускоряется охлаждение оголенной отливки в промежутке между выбивными установками, что позволяет сократить общую длину литейного конвейера.

## 2 УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Выбитую из опоки отливку необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей. Эта операция может выполняться следующими методами: 1) отламыванием или отбивкой в барабанах; 2) откусыванием на специальных прессах; 3) отрезкой на пилах; 4) пламенной резкой.

Отбивка или отламывание литников и выпоров в чугунных от-

ливках является сравнительно простой операцией, так как чугун хрупок, а литниковая система обычно держится на отливке питателями, сечение которых мало. Часто эта операция выполняется вручную при помощи кувалд.

Для потока разнообразных отливок небольшого веса используются отбивные барабаны, в которых могут быть совмещены во времени три операции: отбивка литников, выбивка стержней и очистка отливок.

Отделение литников и прибылей в отливках из вязкого металла значительно труднее. В таких случаях применяются пресс-кусачики, пилы или газовые резаки.

Для удаления литников и прибылей с крупных чугунных и стальных отливок иногда применяют дисковые пилы. Это круглый тонкий диск диаметром 0,4-0,8 м с зубьями или без них, вращающийся с большой скоростью. В последнем случае прибыль отрезается путем расплавления металла в результате трения о него диска.

Прибыли от крупных отливок отделяются газовой резкой. Она основана на том, что нагретый металл может гореть в струе чистого кислорода, выделяя при этом тепло.

## 2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДРОБЕМЕТНОЙ И ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ.

После удаления элементов литниковых систем дальнейшая обработка отливок заключается в следующем: а) поверхность отливок очищают от пригоревших формовочных и стержневых смесей; б) удаляют остатки (следы) литниковых систем, прибылей и заливов; в) устраняют неровности на поверхности отливок и подготавливают их к окраске (грунтовке).

Принцип очистки поверхности отливок при дробеметной и дробеструйной очистки заключается в следующем: при дробеструйной очистке струя дроби образуется под действием сжатого воздуха, а при дробеметной дробь направляется на поверхность отливки лопастями быстро вращающегося ротора дробеметного аппарата.

В первом случае используется аэродинамический эффект сопла, во втором - центробежная сила, сообщаемая дробинке при вращении дробеметного колеса.

Дробеметный аппарат состоит из дробеметного колеса и электродвигателя. Основным типом дробеметного аппарата является двухдисковый дробеметный аппарат с импеллером.

В лопаточном дробеметном колесе (рис.4.3) дробь подается самотеком из воронки на лопатки распределительного колеса (импеллера), вращающегося вместе с основным лопаточным колесом. Распределительное колесо закручивает поток дроби и выбрасывает его через окно 3 неподвижной втулки, ограждающей колесо и укрепленной на кронштейне с помощью прижимной планки с винтом. Дробь, вылетая из окна втулки распределительного колеса наружу, подхватывается рабочими лопатками основного колеса, которые укреплены между двумя дисками, стянутыми распорными болтами.

Под действием центробежной силы дробь скользит по рабочим лопаткам колеса от центра к периферии и выбрасывается с большой скоростью вниз в виде веера. Устанавливая и закрепляя втулку 4 распределительного колеса в различных положениях, можно изменять направление выбрасывания дроби распределительным колесом через окно втулки, а, следовательно, и направление выбрасывания дроби на отливку.

Основное преимущество такой механической дробеметной очистки в технологическом отношении - получение высокой степени чистоты поверхности отливок, а в экономическом отношении - в несколько раз меньший расход энергии по сравнению с пневматической пескоструйной и дробеструйной очисткой.

#### Типы дробеметных аппаратов

Дробеметные машины, применяемые для очистки литья, можно разделить на дробеметные барабаны (ленточные и галтовочные), дробеметные столы и дробеметные камеры.

Дробеметные камеры бывают непрерывного и периодического действия (рис. 4.5). Через рабочее пространство камеры непрерывного действия, очищаемые отливки транспортируют с помощью какого-либо конвейера непрерывным потоком. Отливки при этом подвергаются очистке дробью, выбрасываемой на них в разных направлениях несколькими дробеметными аппаратами, которые смонтированы на стенках камеры. Дробеметные камеры непрерывного действия удобны в условиях поточно-массового производства для очистки средних

по величине отливок. Дробеметные камеры периодического действия применяют для очистки средних и крупных отливок в условиях раз-носерийного производства.

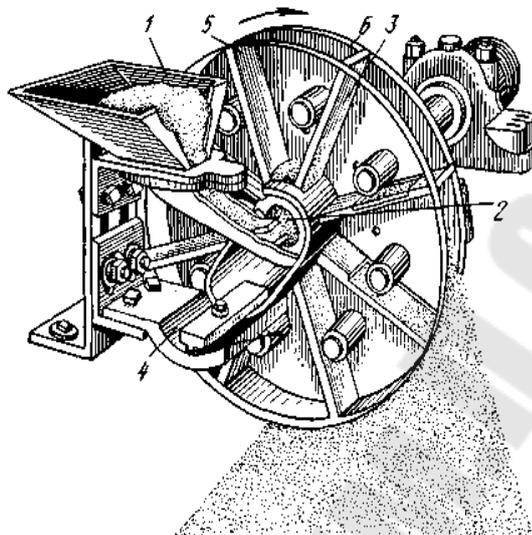


Рисунок 4.3 Принцип действия лопаточного дробеметного колеса: 1-воронка с дробью; 2-лопатки распределительного колеса; 3- окно во втулке распределительного колеса для выхода дроби (импеллера); 4- втулка (труба), ограждающая импеллер; 5- рабочие лопатки колеса; 6- диски колеса

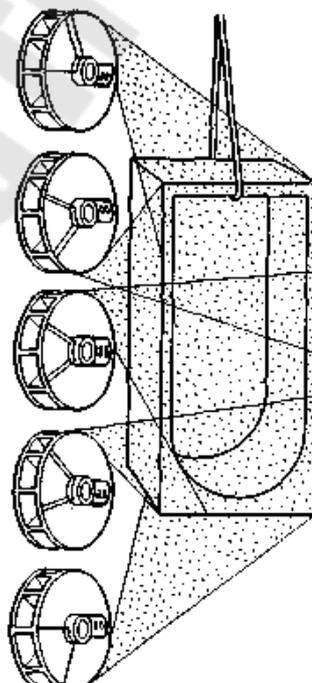


Рисунок 4.4 Принцип регулирования направления выбрасывания дроби лопаточным колесом

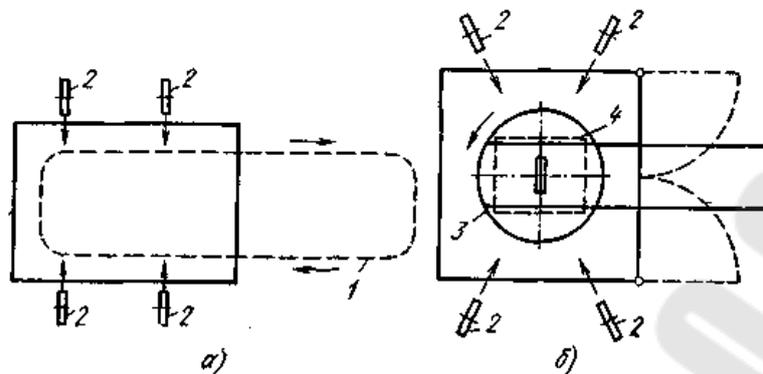


Рисунок 4.5 Принципы работы дробеметных камер непрерывного (а) и периодического (б) действия: 1- подвесной конвейер; 2- дробеметные колеса; 3-поворотный круг; 4- тележка

Дробеметный ленточный барабан (периодического и непрерывного действия) имеет рабочее пространство для очистки отливок, цилиндрическая часть которого образуется движущимся полотном пластинчатого конвейера, а торцы - двумя дисками, свободно вращающимися на своих цапфах (увлекаемыми во вращение пластинчатым конвейером).

В дробеметных, а также в дробеструйных барабанах очистка отливок производится потоком (или струей) дроби, выбрасываемым на них дробеметным аппаратом (или пневматическим соплом). Вращение же барабана необходимо лишь для того, чтобы переворачивать отливки и подставлять их разными сторонами под действие потока абразива. Поэтому частота вращения таких барабанов должна быть небольшой - не более 10 об/мин. При такой частоте вращения даже хрупкие ажурные отливки не бьются при очистке.

В простых вращающихся барабанах для очистки литья, называемых также галтовочными, очистка загруженных в них отливок производится путем взаимного трения отливок. Частота вращения барабана для этого необходима более высокая. Для усиления эффекта очистки в барабан вместе с отливками загружают звездочки размером обычно 20-65 мм, отлитые из белого чугуна, которые своими острыми концами дополнительно скребут отливки и ускоряют их очистку. Звездочки рекомендуется загружать в количестве 30-35% от массы отливок.

Для очистки мелких простых отливок обычно применяют бара-

баны круглого сечения (рис.4 б). Кроме круглых, имеются также простые вращающиеся барабаны квадратного сечения, применяемые для очистки отливок, форма которых приближается к параллелепипеду.

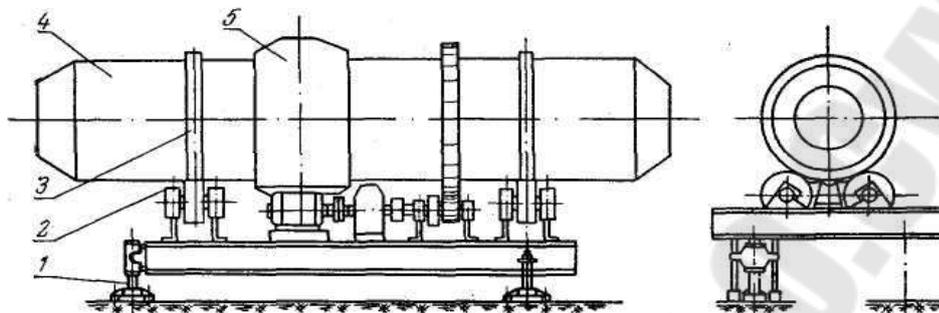


Рисунок 4.6 Проходной барабан непрерывного действия для очистки

Применяют простые вращающиеся барабаны периодического и непрерывного действия. В то время как в барабанах периодического действия подлежащие очистке отливки загружают и выгружают после обработки порциями, в барабанах непрерывного действия (рис.4.7) отливки непрерывно подаются с одного торца в барабан, проходят внутри и непрерывно выгружаются с другого торца.

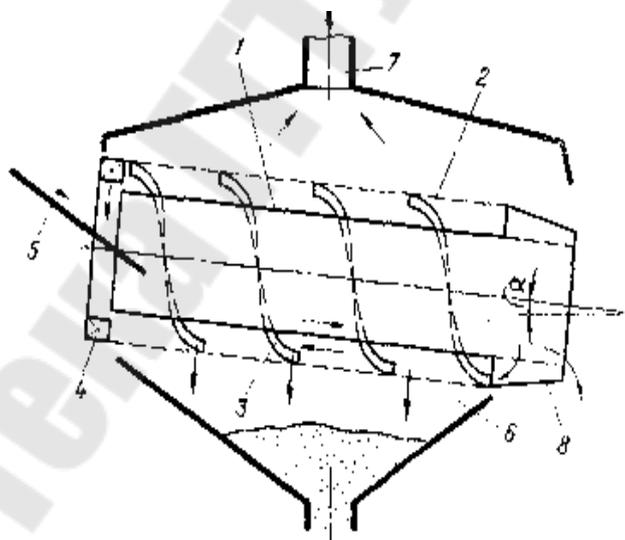


Рисунок 4.7 Принцип работы барабана непрерывного действия:  
 1- внутренняя обечайка; 2- наружная обечайка; 3- винтовые лопасти для возврата звездочек; 4- лопатки для подачи звездочек на загрузочный лоток для отливок; 5- загрузочный лоток; 6- сборник для песка; 7- отсос пыльного воздуха; 8- выход отливок

### 3. УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

Электрогидравлическая очистка основана на использовании высоковольтного электрического разряда между двумя электродами в воде (по схеме, приведенной на рис. 4.8 а). Высоковольтный 482 (30 кВ) выпрямитель заряжает конденсатор, который разряжается между электродом и отливкой (прямой метод воздействия, рис. 4.8 б) или между двумя электродами (косвенный метод, рис. 4.8 в) в водяной ванне. Установка дает 10 разрядов в секунду. В месте разряда образуются пузырьки водяного пара с очень высоким давлением (до 15 000 атмосфер), возбуждающие взрывную волну, которая вследствие возникающей здесь кавитации жидкости разрушает корки пригара на отливках. Наличие рефлектора на конце электрода (рис. 4.7 б) усиливает эффект очистки. Косвенный метод воздействия разряда рекомендуется для очень тонкостенного литья. По опытным данным, расход мощности на очистку составляет около 10 кВт·ч на 1 т литья.

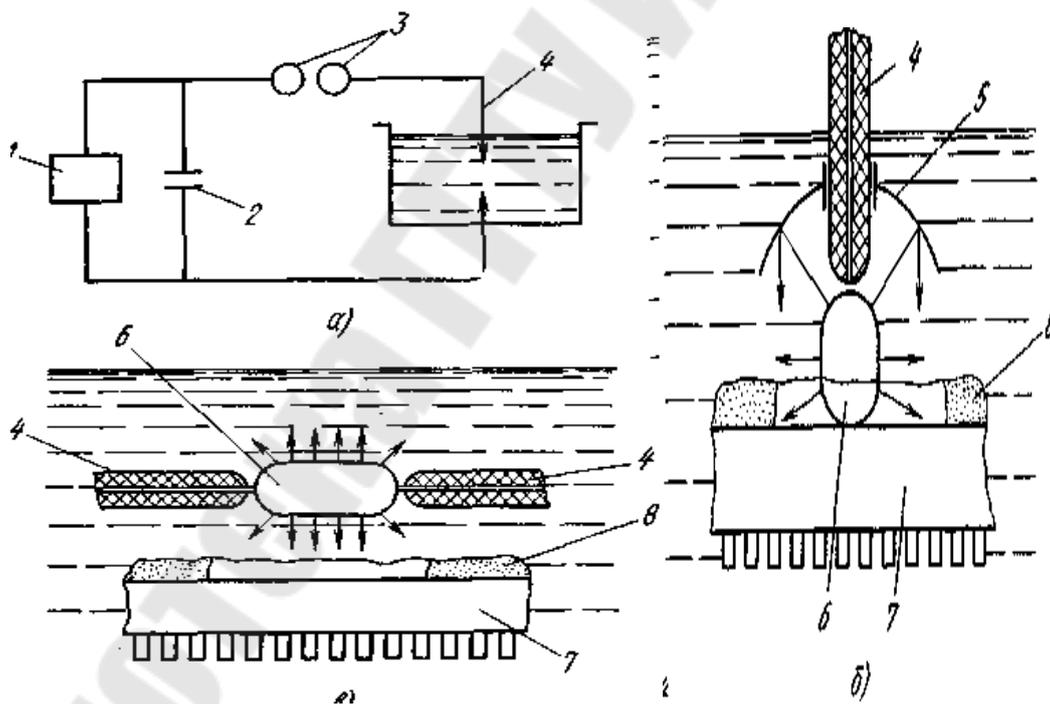


Рисунок 4.8 Принцип действия (а) и характер рабочего процесса при прямом (б) и косвенном (в) воздействии разряда на отливку: 1- высоковольтный выпрямитель; 2- конденсатор; 3- воздушный промежуток; 5- рефлектор; 6- пузырек водяного пара; 7- отливка; 8- корка пригара

#### 4 ГИДРОСТРУЙНАЯ ОЧИСТКА ОТЛИВОК.

Выбивка стержней из отливок гидравлическим методом производится в закрытых камерах. Отливку помещают внутри камеры на вращающемся столе, а рабочий находится вне камеры и направляет на отливку струю воды из брандспойта или гидромонитора, подвижно укрепленного в стенке камеры. Отработанная вода с песком уходит через решетчатый пол камеры и поступает в отстойник, где осветляется для повторного использования. Осажденный в отстойнике промытый песок высушивают и снова используют в качестве формовочного материала.

Такую выбивку иногда называют гидравлической очисткой литья, так как после удаления стержней струю воды направляют и на поверхность отливки для смывания приставшей к ней формовочной смеси. Однако водная струя не удаляет пригоревшую к отливкам смесь, и после гидравлической обработки часто прибегают еще к дополнительной очистке отливок дробью.

При гидравлической выбивке стержней полностью отсутствует пылеобразование и значительно ускоряется процесс удаления стержней. Применение гидравлической выбивки стержней, однако, ограничивается достаточно крупными и сложными отливками, имеющими большой объем или сложную форму стержней.

Для гидравлической выбивки стержней применяют установки двух типов: высокого и низкого давления. В установках высокого давления рабочее (избыточное) давление воды составляет 100-200 ат, а диаметр отверстия сопла монитора 4-8 мм. В установках низкого давления рабочее давление воды составляет 25-40 ат, а диаметр сопла 12-27 мм. В промышленности находят применение главным образом установки высокого давления.

Струя воды оказывает на стержень двоякое действие: размывающее, при котором вместе с водой удаляется стержневой материал, и разрезающее, при котором струя может разрезать стержень на части и уносить их из отливок. Размывающее действие струи тем больше, чем больше расход воды. Разрезающее действие тем больше, чем больше скорость струи, зависящая от давления воды. Правильный выбор давления воды и диаметра сопла является поэтому основным условием производительного и экономичного действия всей гидравлической установки для выбивки стержней.

## 5 СТАНКИ ДЛЯ ЗАЧИСТКИ ОТЛИВОК

Обрубка и зачистка литья являются конечными операциями, после которых обычно следуют лишь окраска и сушка.

Обрубка предусматривает удаление заливок, остатков питателей и пригара в местах, недоступных для очистки другими способами.

Для обрубки литья применяют рубильные молотки с золотниковым воздухомаспылением. Они бывают двух типов - РМ и РБ.

Рубильные молотки снабжаются комплектом зубил, применение которых обуславливается характером производимых работ. Например, плоское зубило служит для очистки отливок от пригара, с загнутой рабочей частью - для очистки внутренних сферических поверхностей и т.д.

Для зачистки отливок (удаление заусенцев, заливок, перекосов и неровностей поверхности отливки) применяются стационарные, маятниковые, переносные, и специальные (автоматизированные) шлифовальные обдирочные станки.

Стационарные станки, обычно с двумя камнями (рис. 4.9), применяются для отливок весом до 30 кг. На каждом камне работает один рабочий. Зачищаемые отливки опираются на столик перед камнем, удерживаются и прижимаются к камню вручную. Направление вращения камня должно быть таково, чтобы трением круга отливка прижималась к столику. Чтобы при износе кругов сохранять их окружные скорости в пределах нормы, передача на рабочий вал должна быть ступенчатой с возможностью изменения передаточного числа. Предохранительные кожухи кругов должны иметь интенсивный отсос пыли, а сверху над столиками рекомендуется устраивать на них экранчики из стекла с залитой в него сеткой. Стационарные станки обычно имеют шлифовальные круги диаметром 500-600 мм и шириной 60-75 мм.

Маятниковый, или подвесной, шлифовальный станок подвешивают к какой-либо стационарной опоре, и рабочий за ручки наклоняет его к отливке, помещенной под шлифовальным кругом на столе или на рольганге. Диаметр круга чаще всего составляет 350-400 мм, реже 500-600 мм. Маятниковые станки часто применяют для зачистки средних и среднетонких отливок в крупносерийном производстве на поточных рольганговых линиях.

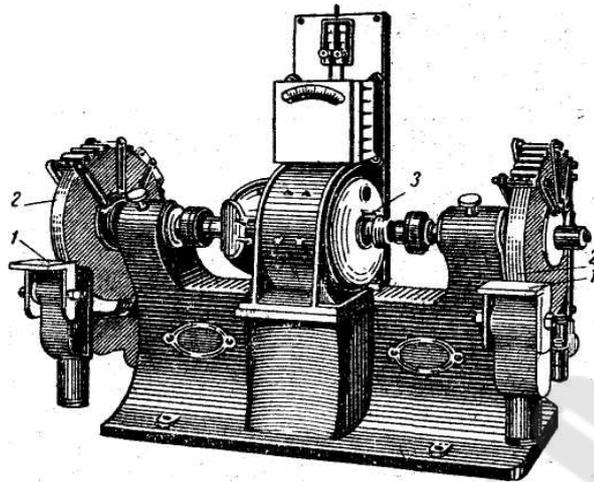


Рисунок 4.9 Стационарный шлифовальный станок с двумя камнями: 1- рабочие столики; 2 -шлифовальные круги; 3- электродвигатель

Переносные шлифовальные станки (рис.4.10) применяются для зачистки крупных отливок. Они могут быть снабжены гибким валом (рис. 4.10 а), электродвигателем (рис.4.10 б) и пневматическим ротационным двигателем (рис. 4.10 в, г), присоединяемым к цеховой сетке сжатого воздуха (6 ат) гибким шлангом. Диаметры камней переносных станков обычно составляют не более 200-300 мм.

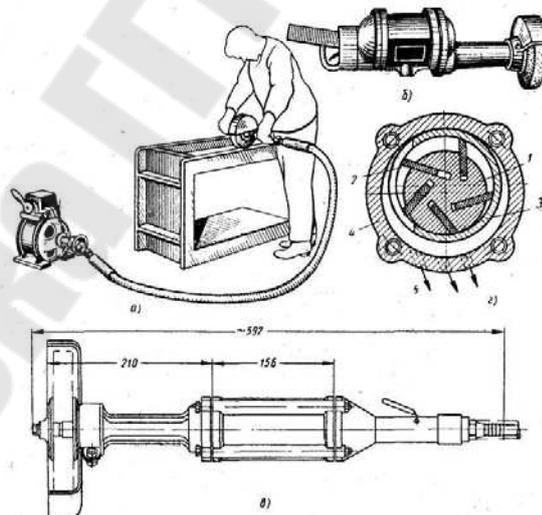


Рисунок 4.10 Переносные шлифовальные станки: а- с гибким валом и стационарным электродвигателем; б- с электродвигателем и шлифовальным камнем в одном агрегате; в- пневматический переносной станок; г- сечение ротационного пневматического двигателя станка; 1- вращающийся ротор с прорезями; 2- текстолитовые лопасти, скользящие в прорезях; 3- неподвижная гильза; 4- корпус; 5- выхлопные отверстия

Специальные автоматизированные шлифовальные обдирочные станки одновременно с зачисткой заливов и следов литников снимают литейные корки на главнейших обрабатываемых поверхностях отливок и зачищают базовые места. Замена станками нового типа старых стационарных двойных наждаков позволила значительно облегчить тяжелый труд шлифовальщиков, увеличить в несколько раз производительность труда и получить значительную экономию абразива.

Полуавтомат для зачистки мелких деталей с одного торца (см. рис. 4.11) сконструирован на базе обычного двустороннего стационарного шлифовального станка, имеющего головку привода питающего диска с приспособлениями для зажима отливок. Отливки вкладывают в гнезда питающего диска вручную. Зажим отливок в зоне зачистки и их освобождение

происходит автоматически с помощью клина и ролика, направляемого неподвижным кулаком. Плоскость диска установлена под углом  $1-2^\circ$  к плоскости круга для плавного захода и врезания круга в металл отливки. Производительность станка 1800-2000 отливок в час при одном круге. Диаметр применяемых кругов 500 мм

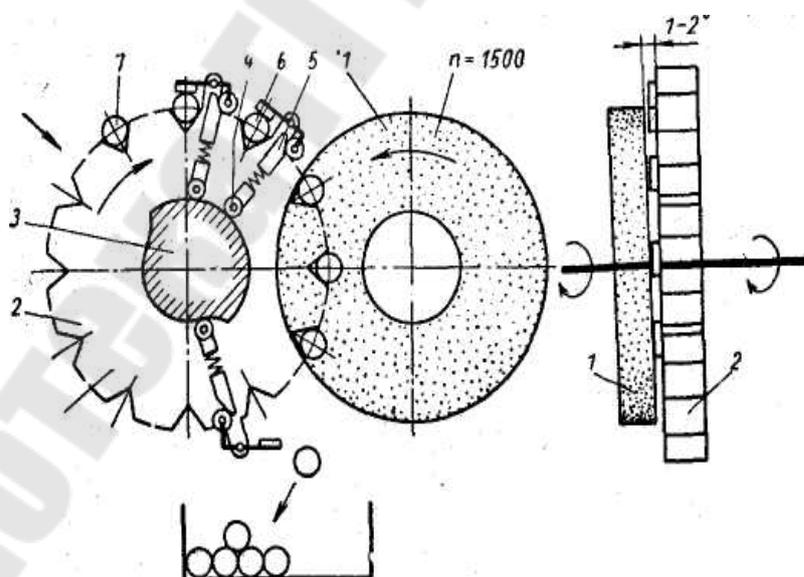


Рисунок 4.11 Принципиальная схема полуавтомата для зачистки торцов мелких отливок: 1- шлифовальный круг; 2- питающий диск; 3- неподвижный кулак; 4- ролик; 5- клин; 6- зажимной рычаг; 7- зачищаемая отливка

На рис. 4.12 показана схема автомата для зачистки втулок клапана одновременно с двух торцов. Отливки периодически загружают навалом в бункер. В бункере имеется качающийся нож, который извлекает из бункера отливки, скользящие по желобу на верхней стороне ножа вниз. Отливки направляются далее по трубке в приспособление, укладывающее их в гнезда рабочего питающего диска. Медленно вращающийся диск подводит отливки последовательно к двум шлифовальным кругам, зачищающим оба торца отливок. В зоне обработки отливки прижимаются к гнездам диска с помощью бесконечной ленты или цепи, охватывающей диск и огибающей три ролика. Нижний ролик натяжной и имеет рычаг для регулирования натяжения цепи. Пройдя зачистку, отливки перестают прижиматься цепью к гнездам барабана и выпадают из них, направляясь по лотку в подставленный ящик.

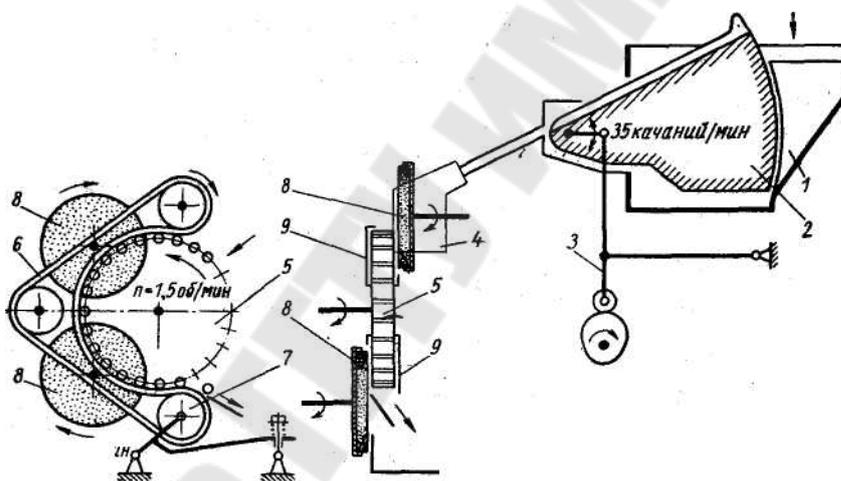


Рисунок 4.12 Принципиальная схема полуавтомата для зачистки втулок клапана с двух торцов: 1- загрузочный бункер; 2 - качающийся нож; 3- привод ножа; 4- приспособление для кантовки и укладки отливок на питающий диск; 5- питающий диск; 6- прижимная цепь; 7- натяжной ролик; 8- шлифовальные круги; 9- упорные планки.

## 6 СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

Для очистки отливок с повышенными требованиями применяют специальные методы, к которым относятся: электрохимический, электрогидравлический, вибрационный и др.

Электрохимическая очистка отливок основана на химическом взаимодействии окислов, составляющих пригар отливок, с основной средой жидкой ванны, на которую накладывается электрическое поле постоянного тока.

Отливки погружаются в ванну из едкого натра или из смеси едкого натра с едким калием (75%  $\text{NaOH}$  и 25%  $\text{KOH}$ ) и пропускают постоянный ток невысокого напряжения (6-12 В). Если отливку с пригаром подвергнуть катодной обработке в расплавленной щелочи, расплавленный едкий натр будет энергично взаимодействовать с двуокисью кремния. Образующийся кремнекислый натрий (жидкое стекло) будет выпадать на дно ванны в виде шлама. Выделяющийся при электролизе металлический натрий, реагируя с водой, освобождает водород (активный), который будет восстанавливать окалину на поверхности отливки.

Основным недостатком электрохимического способа очистки является сложность и длительность удаления окалины, а также выполнение специальных требований по технике безопасности и промышленной санитарии.

Сущность электрогидравлической очистки состоит в использовании электрогидравлического эффекта для разрушения пригара и удаления окалины с поверхности отливки.

Обрабатываемые способом вибрационной очистки отливки вместе с частицами, обладающими абразивными свойствами (звездочки из белого чугуна, фарфоровая крошка, бой шлифовальных кругов, крупная дробь) помещают в контейнер, которому сообщают вибрацию в пределах 250-500 колебаний в минуту при амплитуде 2-3 мм. Отливки и кусочки абразивного наполнителя получают разное ускорение и по-разному перемещаются относительно друг друга, так как их массы не равны. Помимо этого, имеют место взаимное трение и микроудары отливок и частиц наполнителя, в результате чего происходит разрушение и отделение пригара и окалины с поверхности отливок.

## 7 УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОКРАСКИ ОТЛИВОК

В процессе производства машин литые детали обычно окрашиваются дважды. Нанесение первого слоя краски называется грунтов-

кой. Грунтовка отливок производится непосредственно в литейном цехе.

Перед грунтовкой с поверхности должны быть удалены частицы абразивного материала и пыли, оставшиеся после предыдущих операций по очистке.

В большинстве случаев весь процесс окраски отливок может быть разделен на три основных операции: а) подготовка поверхности отливок к окраске; б) нанесение краски; в) сушка отливок после окраски.

Подготовка поверхности отливок к окраске - удаление абразивных и пылевых частиц - производится путем промывки в моечных машинах либо путем обдувки отливок сжатым воздухом в специальных камерах, из которых удаляется воздух с пылевыми частицами. Такие камеры получили название вытяжных.

Нанесение краски на поверхность отливок производится одним из следующих методов: а) окунанием отливок; б) воздушным распылением; в) безвоздушным распылением; г) в электрическом поле.

Окраска окунанием рекомендуется только для мелких и средних отливок. Обычно отливки помещают в дырчатые корзины или подвешивают к кареткам подвесного цепного конвейера. Перемещаемые таким образом отливки опускаются в ванну с краской, проходят в ней, а затем извлекаются. Стекающая лишняя краска собирается и перекачивается насосом в баки для повторного использования. Далее отливки проходят через сушильную камеру и поступают на склад готовой продукции.

Такой метод нанесения краски, хотя и прост, однако не может быть рекомендован для отливок, имеющих карманы, так как связан с большим удельным расходом материалов и энергии для сушки.

Окраска воздушным распылением производится с помощью специального пистолета-распылителя, к которому по шлангу подводится сжатый воздух. Налитая в чашу пистолета краска увлекается воздухом и выбрасывается в распыленном виде. Движущиеся на подвесном конвейере отливки поочередно проходят через окрасочную камеру, а затем через камеру для сушки и поступают на склад готовой продукции.

Из окрасочных камер интенсивно отсасывается воздух. Поскольку распыленная краска огне- и взрывоопасна, должны быть приняты необходимые меры безопасности.

Окраска безвоздушным распылением заключается в нагнетании насосом нагретой краски и выбросе ее через сопло пистолета. При выходе краски в атмосферу давление на ее частицы мгновенно падает, происходит испарение растворителя и расширение его паров. Все это способствует дроблению краски. Этот способ является перспективным благодаря отсутствию тумана и «отраженного воздуха», создаваемых факелом краски при воздушном распылении и ускоренной сушке.

Окраска в электрическом поле имеет существенные преимущества, так как позволяет улучшить условия труда, полностью автоматизировать процесс, получить равномерный слой покрытия необходимой толщины при значительной экономии краски и энергии.

Сущность электроокраски заключается в следующем. Если в электрическом поле между коронирующими электродами и заземленным предметом (отливкой) ввести частицы краски, то они, ионизируясь, будут ускоренно двигаться к отливке, располагаясь тонким плотным слоем на ее поверхности. Плотным слой получается потому, что частицы краски, разгоняясь в электрическом поле, с силой ударяются о поверхность отливки.

## 8 УСТРОЙСТВА ДЛЯ СУШКИ ОТЛИВОК

Окрашенные отливки сушатся в прохладных камерах одним из следующих методов: а) конвекционным - потоке горячего воздуха (110 °С); б) терморadiационным - инфракрасными лучами; в) терморadiационно-конвективным - потоке горячего воздуха и инфракрасными лучами.

Сушка в потоке горячего воздуха имеет существенный недостаток. Высыхание слоя идет главным образом снаружи, и образовавшаяся в начале сушки свежая корка задерживает свободный выход паров растворителя из нижнего слоя. В результате окрашенная поверхность получается неровной.

При сушке инфракрасными лучами краска сначала высыхает не снаружи, а изнутри, т.е. со слоя, непосредственно прикасающегося к

изделию, благодаря чему поверхность пленки не разрушается парами растворителя.

В качестве источника лучистой энергии применяют нагревательные трубки темного излучения (ТЭН). Длительность сушки при этом значительно сокращается в сравнении с сушкой теплым воздухом.

Трубки темного излучения собираются секциями и монтируются в съемных панелях. Панели устанавливаются в сушиле по обеим сторонам конвейера, на котором движутся отливки. Вся камера и панели имеют теплоизоляцию из шлаковой ваты.

Терморрадиационно-конвективный метод представляет вид комбинированной сушки и позволяет реализовать достоинства упомянутых выше методов. Он применяется для сушки отливок сложной конфигурации. В таких отливках внутренние полости хорошо омываются потоком горячего воздуха, а наружная поверхность - инфракрасными лучами.

Окрасочно-сушильное оборудование: моечные машины, вытяжные камеры, окрасочные и сушильные установки, komponуясь с транспортными средствами, могут составлять поточные линии с различной степенью механизации и автоматизации.

### **Постановка работы**

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют основные этапы проведения процесса обработки отливок, и изучают комплекс оборудования, сопровождающего все этапы данного процесса и устройство его работы.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и особенности работы оборудования для обработки отливок.
2. Изучить расчет параметров работы оборудования.
3. По заданию преподавателя произвести расчет производительности одного из рассмотренных видов оборудования.

## Содержание отчета

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций оборудования, описание работы оборудования, выполнение эскизов деталей, узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики оборудования, выводы и предложения по совершенствованию конструкции оборудования.

### Контрольные вопросы

1. Перечислить операции, которые входят в цикл обработки отливок?
2. Перечислить способы выбивки форм, охарактеризовать их, изобразить конструктивные схемы выбивных устройств?
3. Автоматические выбивные устройства: виды устройств, характеристика работы данного вида оборудования, сфера его применения?
4. Методы отделения отливки от элементов литниково-питающей системы?
5. Принцип очистки поверхности отливок дробеметной очисткой?
6. Принцип очистки поверхности отливок дробеструйной очисткой
7. Применение барабанов непрерывного действия?
8. Барабан периодического действия?
9. Электрогидравлическая очистка отливок: оборудование, применяемое для электрогидравлической очистки отливок?
10. Гидроструйная очистка отливок?
11. Оборудование и приспособления, применяемые для обрубки отливок?
12. Оборудование, применяемое для зачистки отливок?
13. Специальные методы зачистки отливок?
14. Перечислить основные операции процесса окраски отливок?

15. Методы нанесения краски на поверхность отливок. Устройства, применяемые для нанесения красок на поверхность отливок?

16. Методы сушки отливок.

## Лабораторная работа № 5

### Конструкция и принцип работы машин литья под давлением

*Цель работы:* Изучить конструкцию и принцип работы машин для литья под давлением.

#### Теоретические сведения

Литье под давлением - высокопроизводительный способ получения отливок с высокой точностью и низкой шероховатостью поверхности.

Возможно получение отливок с толщиной стенок меньше 1 мм. Литье под давлением используется для получения отливок сложной конфигурации преимущественно из цветных сплавов массой от нескольких граммов до десятков килограммов, В соответствии с ГОСТами за счет тщательной подготовки пресс-форм точность отливок достигает 8 – 13 квалитетов, шероховатость поверхности  $Ra = 25 \dots 0,32$  мкм. Отливки характеризуются высокими механическими свойствами, а литье под давлением вследствие отсутствия формовочных материалов отличается улучшенными условиями труда и меньшим загрязнением окружающей среды. Литье под давлением считают малооперационной и безотходной технологией.

Недостатками литья под давлением являются: высокая стоимость пресс-форм, возможность переработки ограниченной номенклатуры металлов и сплавов, ограниченные размеры и массы отливок.

Сущность способа заключается в том, что в металлическую разъемную форму, установленную на машине, с высокой скоростью под давлением подается расплавленный металл. Схема процесса литья под давлением представлена на рисунке 5.1

В зависимости от способа, которым металл запрессовывается в форму, различают машины с горизонтальной холодной, вертикальной холодной и горячей камерой прессования.

На машинах с холодной камерой прессования получают отливки из алюминиевых, магниевых и медных сплавов.

На машинах с горячей камерой прессования - главным образом из более легкоплавких сплавов на цинковой, свинцовой или оловянной основе.

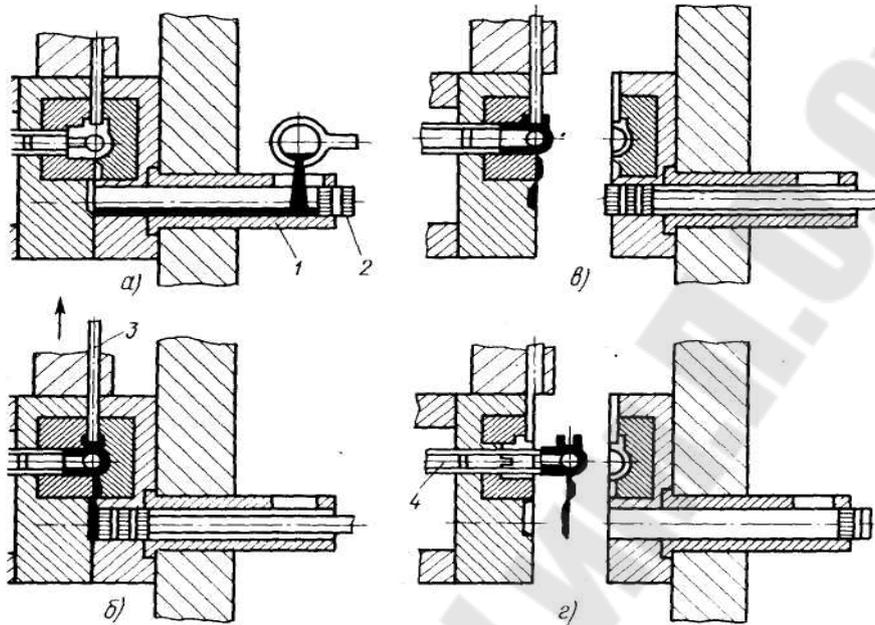


Рисунок 5.1 Схема процесса литья под давлением: а- заливка, б- запрессовка, в- разъем пресс-формы, г- выталкивание отливки; 1- камера прессования, 2- поршень, 3 - стержень, 4- выталкиватель

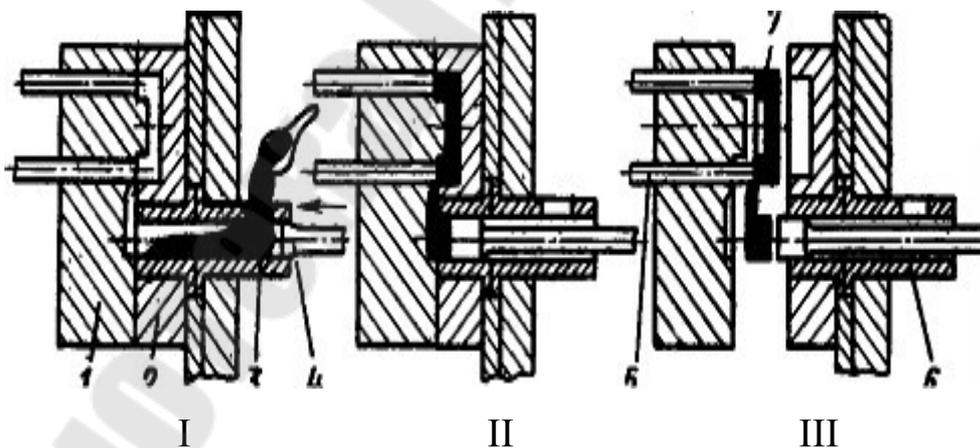


Рисунок 5.2 Схема технологического процесса получения отливок на машине для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования: I- заливка металла; II- запрессовка металла; III- открытие формы; 1- подвижная половина формы; 2- неподвижная половина формы; 3- жидкий металл; 4- прессовый плунжер; 5- толкатель; 6- прессовый стакан; 7- отливка.

Расплавленный металл заливается через окно в прессовый цилиндр (позиция I) и прессовым плунжером подается в предварительно закрытую механизм запирания форму (позиция II).

После затвердевания отливки форма открывается, отливка выталкивается из нее толкателями и удаляется из машины (позиция III).

На машине с вертикальной камерой прессования металл заливается в прессовый цилиндр сверху.

При этом литниковые каналы, соединяющие прессовый цилиндр с формой, перекрыты нижним поршнем (пяткой) и открываются только после опускания последнего под давлением металла в момент прессования.

Такая конструкция механизма прессования исключает возможность попадания расплавленного металла в форму до начала прессования и позволяет получать отливки с центральным литником.

Извлечение отливки из формы аналогично машине с горизонтальной камерой прессования (позиция III).

В отличие от машин с холодной камерой прессования у машин с горячей камерой прессования прессовый цилиндр опущен в тигель с расплавленным металлом и полость цилиндра соединена с тиглем (рис. 5.3).

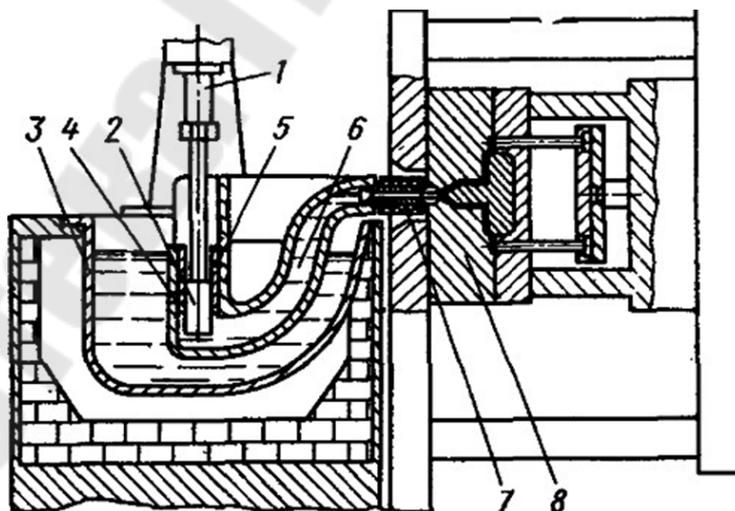


Рисунок 5. 3 Схема машины для литья под давлением с горячей камерой прессования: 1- прессовый цилиндр; 2- прессовый плунжер; 3-чугунный тигель; 4- отверстие для поступления металла в прессовый стакан; 5- прессовый стакан; 6- гузек (металлопровод); 7- мундштук; 8- пресс-форма.

При подъеме прессового поршня выше заливочного отверстия металл из тигля, в котором он поддерживается в расплавленном состоянии, через отверстие поступает в прессовый цилиндр.

При опускании прессового поршня расплавленный металл по подогреваемому каналу, называемому гужнеком, под действием плунжера подается в форму.

При новом подъеме поршня избыток металла сливается, и машина после затвердевания и выталкивания отливки готова к очередному циклу.

В момент заполнения формы металлом он давит на стенки, стараясь её раскрыть.

Особенно велико усилие, направленное на раскрытие формы в конечный момент ее заполнения, когда происходит гидравлический удар.

При недостаточном усилии запирания формы, под давлением металлавозможно ее раскрытие, и расплавленный металл через образовавшуюся щель может выплескиваться из формы.

Для исключения разбрызгивания металла, что недопустимо по условиям пожарной безопасности, техники безопасности и технологии, усилие запирания формы должно быть несколько больше, чем усилие, создаваемое металлом на раскрытие формы.

### Конструкция машин

Машины для литья под давлением с холодными камерами прессования (вертикальной и горизонтальной) и с горячей камерой прессования изготавливают унифицированными по механизмам запирания.

Они отличаются механизмами прессования. Наибольшее распространение получили машины с холодной горизонтальной камерой прессования.

Это объясняется следующими их преимуществами:

- возможностью получения отливок из алюминиевых, магниевых, медных, свинцовых, цинковых сплавов и тугоплавких сплавов;

- коротким путем металла из камеры прессования в полость формы и прямолинейностью пути металла в форму, вследствие чего металл заполняет ее при высоком давлении;
- сравнительной простотой автоматического регулирования режимов прессования (скорость и давление прессования) и в связи с этим расширением технологических возможностей машины;
- сравнительной простотой конструкции и высокой эксплуатационной надежностью (меньшее число деталей соприкасается с расплавленным металлом).

Машина для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования (рис. 5.4) представляет собой горизонтальный гидравлический пресс колонного типа с разъемом пресс-формы в вертикальной плоскости.

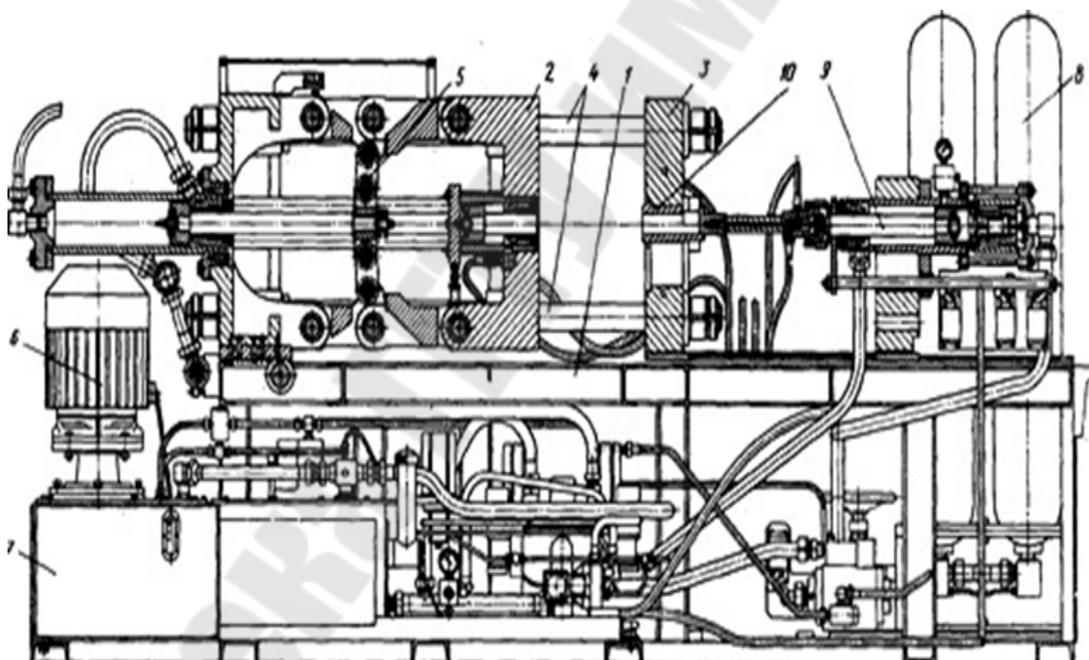


Рисунок 5.4 . Машина для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования

На станине 1, которая служит одновременно основанием для крепления узлов и резервуаром для масла, размещаются подвижная 2 и неподвижная 3 плиты, механизмы запираания 5 и прессования 9, гидронасос с приводом 6, а также электро- и гидроборудование и аппаратура.

Для нагнетания рабочей жидкости в гидроцилиндры служит насосная установка 7, которая кронштейнами прикрепляется к торцу станины.

Наличие гидрорычажного механизма запираения дает возможность жестко и надежно запереть форму, а гидропневматический, аккумулятор 8 обеспечивает быстрый впрыск металла в форму и выдержку его на время кристаллизации отливки под необходимым давлением.

Гидравлическое оборудование машины в сочетании с электрооборудованием обеспечивает выполнение следующих операций в полу-автоматическом и наладочном режимах:

- запираение формы с регулируемым усилием;
- медленное перекрытие заливочного окна прессовым плунжером с регулируемой скоростью;
- быстрый впрыск расплавленного металла в форму с регулируемой скоростью;
- выдержку отливок в форме под давлением во время кристаллизации (время кристаллизации автоматически регулируется с помощью реле времени);
- раскрытие формы на заданную величину;
- выталкивание стержней и отливки;
- выталкивание пресс-остатка;
- отвод прессового плунжера в исходное положение.

Настройка машины на требуемую высоту формы осуществляется перемещением механизма запираения по колоннам 4 и с помощью гаек, приводимых во вращение через редуктор с ручным приводом.

Имеющаяся на машине система водяного охлаждения позволяет регулировать интенсивность охлаждения прессового плунжера, формы, неподвижной плиты.

В связи с разнообразием конструкций форм на современных машинах с горизонтальной холодной камерой прессования предусматривается два-три положения прессового стакана по высоте, что

дает возможность выполнять как нижнюю, так и центральную заливку металла в пресс-форму.

Для безопасности работы на машине предусмотрены необходимые блокировки, предотвращающие неправильное включение механизмов, и подвижный щит, предохраняющий оператора от возможных выбросов жидкого металла по разьему пресс-формы.

Машины с холодной камерой прессования выпускают с усилием запираания в диапазоне от 0,4 до 35 МПа и более.

На этих машинах получают отливки массой от нескольких граммов до 50 кг и более (из алюминиевых сплавов).

Машины с вертикальной холодной камерой прессования по сравнению с машинами с горизонтальной холодной камерой прессования имеют следующие преимущества: возможность получения отливок с центральным литником, лучшее предохранение от попадания пленок и окислов расплава в форму, так как отверстие мундштука очень мало по сравнению с камерой прессования.

В то же время имеются существенные недостатки: большое число рабочих деталей, соприкасающихся с расплавленным металлом (два поршня, мундштук, наполнительный стакан), невозможность открытия формы до среза нижним поршнем пресс-остатка, что снижает производительность, и, главное, увеличение пути металла и изменение его направления, что снижает давление и усложняет регулирование технологическим процессом.

На рис. 5.5 показан разрез механизма прессования машины для литья под давлением с вертикальной холодной камерой прессования.

Машина работает следующим способом.

После закрытия формы порция расплава заливается в стакан 1, и металл прессуется прессовым плунжером (пуансоном) 2, опускающимся под действием прессового механизма 3 в прессовый стакан.

При этом под давлением металла нижний поршень (пятка) 4 опускается, и металл через литниковую втулку (мундштук) 5 подается в форму.

После завершения кристаллизации нижний поршень срезает пресс-остаток, и форма открывается.

Конструкция формы предусматривает удержание отливки на ее подвижной половине, и в момент открытия формы она выталкивается толкателями 6.

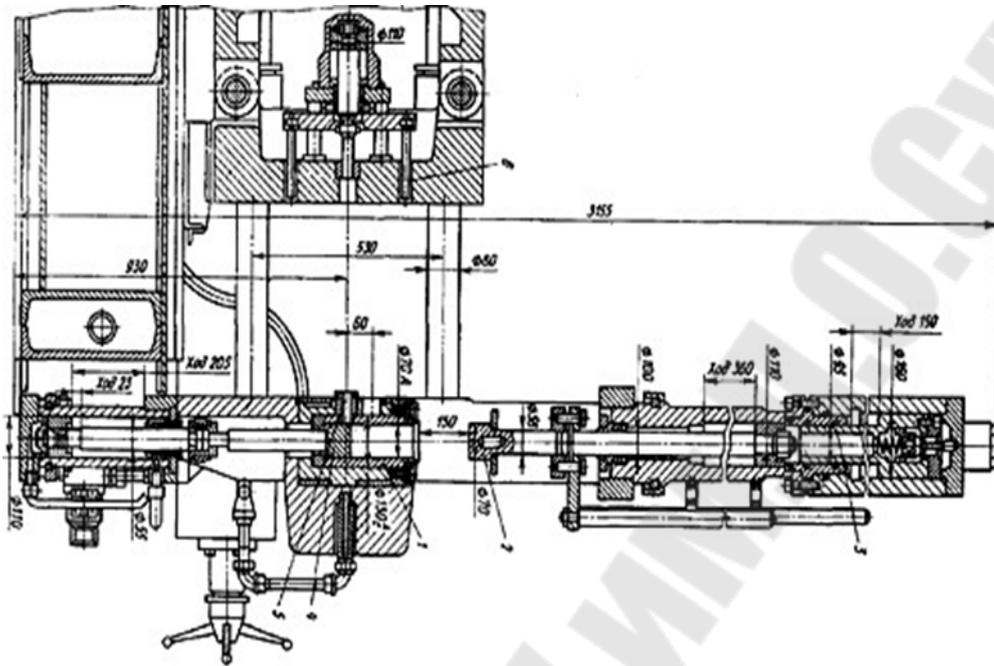


Рисунок 5.5 Механизм прессования машины с вертикальной холодной камерой прессования

Машины с горячей камерой прессования по сравнению с машинами с холодной камерой прессования имеют следующие преимущества: небольшие потери сплава при изготовлении отливок вследствие более простой литниковой системы, стабильность технологического процесса, улучшение условий труда и создание хороших условий для автоматизации оборудования.

В то же время имеются недостатки: затруднение применения машины для литья металлов, имеющих температуру плавления выше  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , быстрое изнашивание прессующего поршня, находящегося в расплаве, повышенная пористость отливок.

Давление на металл в машинах с горячей камерой прессования устанавливается в пределах 15-30 МПа, в то время как на машинах с холодной камерой прессования оно бывает в пределах 30-150 МПа.

Механизмы запирания машины с горизонтальной камерой прессования и машины с горячей камерой прессования аналогичны.

На рис. 5.6 показан разрез механизма прессования машины для литья под давлением с горячей камерой прессования.

Рабочий процесс на машине осуществляется следующим образом.

В тигельной печи 1 с газовым подогревом в чугунном тигле 2 находится расплав на уровне выше отверстий 3 цилиндра 4.

При верхнем положении поршня 5 расплав заполняет нижнюю часть цилиндра и гужнека б (металлопровод).

Под действием прессового механизма 7 поршень опускается, перекрывает отверстия и под давлением направляет расплав через гужнек и мундштук 8 в пресс-форму.

После затвердевания отливки прессовый поршень 5 поднимается, остатки металла сливаются, отливка выталкивается из пресс-формы, и процесс повторяется.

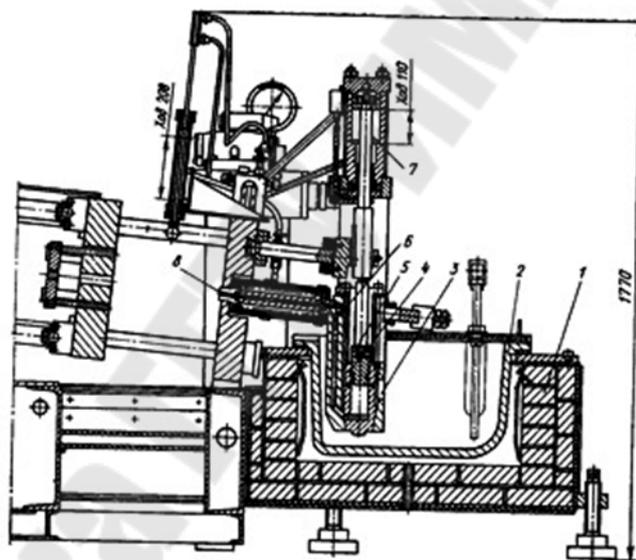


Рисунок 5.6 Механизм прессования машины с горячей камерой прессования

Один из недостатков литья под давлением- пористость отливок, снижающая их плотность и препятствующая термообработке, так как газы содержащиеся в порах, расширяются при нагреве и вызывают вспучивание отливок.

Для предупреждения образования пористости отливок и с целью повышения их физико-механических свойств на машинах для литья под давлением применяют различные устройства и приспособления.

В последнее время наибольшее распространение получили программирование ступеней давления, скорости прессования, вакууми-

рование пресс-формы, механизм прессования с двойным плунжером для дополнительного уплотнения металла в форме после образования корочки расплава на ее стенках.

### **Постановка работы**

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают классификацию, устройство и принцип работы машин литья под давлением.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и особенности работы машины литья под давлением.
2. Изучить расчет параметров работы машин литья под давлением.
3. По заданию преподавателя произвести расчет одного из параметров работы машины литья под давлением.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций машин литья под давлением, описание работы оборудования, выполнение узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики оборудования, выводы и предложения по совершенствованию конструкции оборудования.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность процесса литья под давлением?
2. Преимущества и недостатки данного способа литья?
3. Классификация машин литья под давлением?
4. Характеристика технологического процесса получения отливок на машине для литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования?
5. Характеристика технологического процесса получения отливок на машине для литья под давлением с горячей камерой прессования?

6. Возможные дефекты в отливках, образующиеся при данном способе литья, меры по их предупреждению?

## Лабораторная работа № 6

### Конструкция и принцип работы машин для непрерывного литья заготовок

*Цель работы:* Изучить сущность процесса получения чугунных отливок непрерывным способом литья

#### Теоретические сведения

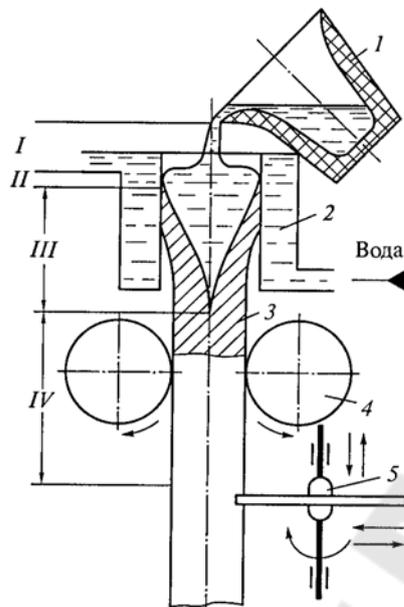
Идея этого метода зародилась в металлургической промышленности в XIX в., в эпоху промышленного освоения производства стали. Цель, которую ставили металлурги при разработке этого процесса, заключалась в получении литой заготовки такого сечения, которое позволило бы уменьшить число проходов при ее прокатке и усилия прокатки, а также в повышении производительности. Однако эта проблема была решена только во второй половине XX в.

В настоящее время непрерывное литье широко используется в металлургической промышленности для разлива стали, цветных металлов и сплавов в слитки, получения чугунных напорных труб, а также в машиностроении для получения трубных заготовок и заготовок сложного поперечного сечения.

Непрерывное литье (непрерывная разливка металла) предполагает разливку расплава непосредственно из плавильной печи или ковша в водоохлаждаемый кристаллизатор, из которого затвердевшая отливка непрерывно вытягивается с помощью затравки и специального привода.

Полунепрерывное литье является той разновидностью способа, в которой через определенные промежутки времени все механизмы возвращаются в исходное состояние, и процесс повторяется.

Процесс непрерывного литья осуществляется следующим образом (рис. 6.1). Расплав из ковша 1 равномерно и непрерывно поступает в водоохлаждаемую металлическую форму-кристаллизатор 2. Подача первых порций расплава начинается тогда, когда в выпускное отверстие кристаллизатора установлена соединенная с приводом затравка, поперечное сечение которой повторяет сечение отливки. Частично затвердевшая зона J отливки (слитка, прутка, заготовки прямоугольного, квадратного сечения, трубы, станины станка и др.) непрерывно извлекается валками 4 или иными устройствами. Если требуется, отливку разрезают на заготовки пилой 5.



*Рисунок 6.1* Схема установки для непрерывного литья:  
 1- ковш; 2- форма-кристаллизатор; 3- отливка; 4- валки (стрелки- вращение валков); 5- пила (стрелки- направление перемещений); I- IV- температурные зоны слитка

Особенности процесса формирования непрерывной отливки обусловлены тем, что в кристаллизаторе в разных его зонах по высоте или длине в каждый данный момент одновременно происходят все последовательные стадии охлаждения и затвердевания расплава (рис. 6.1): I- заполнение кристаллизатора расплавом; II- отвод теплоты перегрева; III- кристаллизация; IV- охлаждение отливки. Высокая интенсивность охлаждения расплава способствует направленной его кристаллизации, уменьшению ликвационной неоднородности, неметаллических и газовых включений, а непрерывная подача расплава в верхнюю часть кристаллизующей отливки - постоянному питанию фронта растущих кристаллов, устранению усадочных дефектов (раковин, рыхлот, пористости).

Таким образом, суть процесса непрерывного литья заключается в возможности создания условий направленной кристаллизации и питания отливки. Как правило, заготовки, полученные способом непрерывного литья, имеют плотное, без усадочных дефектов строение, малую ликвационную неоднородность и низкое газосодержание, чистую поверхность, достаточно высокую точность размеров. Однако высокая скорость охлаждения расплава во многих случаях приводит к

образованию значительных внутренних напряжений в отливках, а иногда к трещинам.

Тем не менее, наряду с указанными особенностями формирования отливки, способствующими повышению качества металла, техническая реализация процесса в производстве показывает следующие преимущества этого способа литья: возможность получения отливки постоянного поперечного сечения и неограниченной длины; увеличение выхода годного путем уменьшения потерь металла с прибылью и донными частями слитков; уменьшение расходов на изготовление изложниц и литейных форм; повышение качества металла, точности и улучшения поверхности отливок; автоматизация процесса разлива расплава, возможность создания непрерывно действующих агрегатов для получения слитков и последующей их прокатки в профили или для получения литых заготовок деталей машин и последующей их обработки вплоть до готового изделия; полное исключение трудоемких операций изготовления литейных форм, выбивки, обрубки, очистки отливок; устранение из литейного цеха формовочных и стержневых смесей и связанное с этим существенное улучшение условий труда и уменьшение вредного воздействия литейного процесса на окружающую среду.

Таким образом, непрерывное литье - это прогрессивный материал - и трудосберегающий технологический процесс, обеспечивающий повышение качества отливок, производительности и улучшение условий труда при меньших энергетических затратах. Однако непрерывное литье не позволяет получать отливки сложной конфигурации. Конфигурация изделия определяется возможностью его непрерывного извлечения из кристаллизатора.

Важнейшим технологическим параметром процесса непрерывного литья является интенсивность охлаждения расплава, определяющая скорость кристаллизации отливки и соответственно ее качество, а также производительность процесса. Увеличение скорости кристаллизации способствует созданию условий направленной кристаллизации и повышению качества литого металла, производительности установок.

Интенсивность отвода теплоты от расплава в кристаллизаторе ограничена тем, что вследствие усадки отливки между кристаллизующейся корочкой металла и стенками кристаллизатора образуется

зазор, снижающий скорость отвода теплоты. Для устранения этого явления на определенном участке (по высоте) кристаллизатор делают с обратной конусностью. Однако при недостаточно точном соблюдении температурных режимов литья и скорости вытягивания отливки обратная конусность повышает вероятность обрыва корочки металла, появления в ней подрывов и трещин.

При литье чугуна и медных сплавов используют стальные водоохлаждаемые, а также графитовые кристаллизаторы. Длину кристаллизатора и скорость вытягивания при литье чугуна согласуют так, чтобы не производить вторичного охлаждения отливки для предупреждения отбела. При высокой скорости охлаждения образование отбела чугуна возможно. Однако благодаря отводу значительного количества теплоты от внутренних слоев отливки через тонкую наружную отбеленную корочку при выходе отливки из кристаллизатора цементит в этой корочке разлагается - происходит самоотжиг отливки. Таким образом, скорость литья, длина кристаллизатора, температурные режимы литья зависят от свойств сплава, из которого изготавливается отливка.

Полунепрерывное литье труб и втулок из чугуна.

При полунепрерывном литье труб (рис 6.2) в кристаллизатор 3 устанавливают водоохлаждаемый стержень 1 (с конусностью 0,4%), выполняющий отверстие в трубе. Перед началом заливки стол 6, на котором располагается стержень 5 с выступом для захвата трубы, поднимают. Жидкий чугун из автоматического дозирующего ковша 4 по литниковой системе 2, состоящей из лотка и чаши, подается в кристаллизатор. Через питатели в дне чаши расплав попадает между стенкой кристаллизатора и водоохлаждаемым металлическим стержнем. Когда уровень расплава в кристаллизаторе поднимается настолько, что до верхнего его края остается 25...30 мм, начинается вытягивание трубы; при этом расплав продолжает непрерывно поступать в кристаллизатор. Стол 6 машины перемещается по двум колоннам 7 с помощью цепей 8 или тросов.

Для устранения схватывания расплава со стенками кристаллизатора последний совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси трубы. Это движение выполняется по двухтактной схеме.

По окончании литья труба специальным устройством (манипулятором) снимается со стола машины, стол возвращается в исходное

положение, и цикл повторяется. Скорость вытягивания трубы внутренним диаметром 300 мм и длиной 10 м из кристаллизатора высотой 0,5 м составляет около 2,4 м/мин.

Первый такт - опускание кристаллизатора со скоростью вытягивания трубы (относительного движения кристаллизатора и трубы не происходит); второй такт-подъем кристаллизатора в исходное положение со скоростью, превышающей в 2-3 раза скорость вытягивания трубы. Частота движения зависит от диаметра трубы.

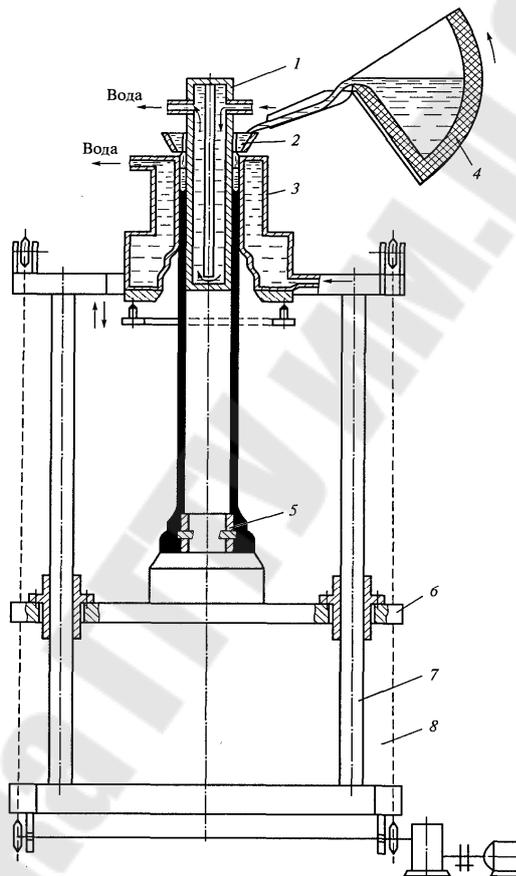


Рисунок 6.2 Установка полунепрерывного литья труб: 1- водоохлаждаемый стержень; 2- литниковая система; 3- кристаллизатор; 4- дозирующий ковш; 5- разборный стержень с кольцевым выступом; 6- стол; 7- колонны; 8- цепь привода стола

Трубы, полученные таким способом, имеют хорошую внутреннюю и наружную поверхности, мелкозернистую структуру тела трубы, высокую плотность металла. Полунепрерывным литьем можно изготавливать трубы диаметром до 1000 мм с толщиной стенки до 50 мм и длиной до 10 м. Подобным образом изготавливают втулки для гильз крупных дизелей.

Непрерывное литье применяют также для получения фасонных профилей, квадратных, круглых, шестигранных, прямоугольных, с отверстиями, шестерен и т.д., которые изготовляют из чугуна, медных сплавов - бронз, латуней.

Для литья таких заготовок используют установки горизонтального типа с графитовым водоохлаждаемым кристаллизатором (рис.6 3). В стенке раздаточной печи установлены кристаллизаторы, состоящие из водоохлаждаемой рубашки 2 и графитовых вкладышей 3, а при необходимости получения отверстия в отливке устанавливается стержень 4 с отверстиями 5 для прохода расплава. В начале процесса внутрь кристаллизатора вводят затравку-захват. Расплав заливают в разогретую печь и выдерживают для формирования отливки в кристаллизаторе, а затем начинают извлекать ее из кристаллизатора за затравку-захват. Получаемую непрерывную отливку разрезают на мерные заготовки. Таким способом из чугуна получают заготовки для деталей гидроаппаратуры, направляющих прессов и металлорежущих станков, а из медных сплавов - заготовки для втулок, гаек, корпусов гидро- и пневмо- аппаратуры.

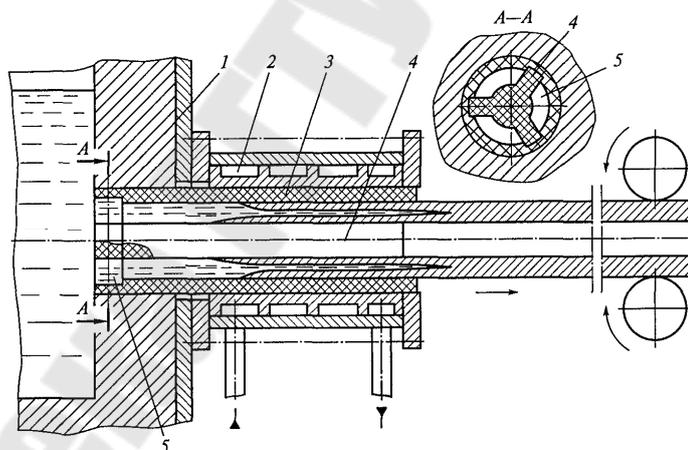


Рисунок 6. 3 Схема кристаллизатора для горизонтального непрерывного литья трубчатых заготовок и профилей: 1 – раздаточная печь; 2 – водоохлаждаемая рубашка; 3 – графитовый вкладыш; 4 – стержень; 5 – отверстие для подвода расплава

Непрерывное литье заготовок из чугуна и медных сплавов. С этой целью созданы и эксплуатируются комплексные автоматизированные линии. Особенно перспективно в машиностроении изготовление профилей или заготовок из сплавов, не поддающихся обработке давлением: чугуна, оловянных и оловянно-свинцовых бронз и т.д. Это

позволяет достичь высокой экономической эффективности -получить заготовку с минимальными припусками на обработку резанием, повышенной точности при высокой производительности.

### **Постановка работы**

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают классификацию, устройство и принцип работы машин для непрерывного литья чугуновых заготовок

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и особенности работы машины для непрерывного литья чугуновых заготовок.
2. Изучить расчет параметров работы машин для непрерывного литья чугуновых заготовок.
3. По заданию преподавателя произвести расчет одного из параметров работы машины для непрерывного литья чугуновых заготовок.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций машин для непрерывного литья чугуновых заготовок, описание работы оборудования, выполнение узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики оборудования, выводы и предложения по совершенствованию конструкции оборудования.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность способа непрерывного литья заготовок?
2. Каковы преимущества, недостатки и область применения способа непрерывного литья заготовок?
3. Что такое кристаллизатор и характеристики его работы?
4. Схема работы машины непрерывного литья заготовок?
5. Какие виды заготовок получают непрерывным способом литья ?

6. Какие дефекты присущи данному способу литья, методы их предотвращения?

## Лабораторная работа № 7

### **Конструкция и принцип работ машин для литья в кокиль. Оборудование, применяемое при литье по газифицируемым моделям**

*Цель работы:* Изучить конструкцию и принцип работы машин для литья в кокиль. Ознакомиться со способом литья по газифицирующим моделям и работой его оборудования.

#### **Теоретические сведения**

##### **Литье в металлическую форму (кокиль)**

Кокиль - металлическая литейная форма, которая обеспечивает высокую скорость кристаллизации металла и формирования отливки. Кокиль изготавливают из чугуна, стали и других сплавов.

Способ литья в кокиль имеет следующие преимущества перед литьём в песчаные формы: металлические формы выдерживают большое число заливок (от нескольких сот до десятков тысяч) в зависимости от заливаемого в них сплава: чем ниже температура заливаемого сплава, тем больше их стойкость; при этом способе исключается применение формовочной смеси, повышаются технико-экономические показатели производства, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

Высокая теплопроводность кокиля ускоряет процесс кристаллизации сплава и способствует получению отливок с высокими механическими свойствами. Высокая прочность металлических форм позволяет многократно получать отливки одинаковых размеров с небольшими припусками на механическую обработку. Минимальное физико-химическое взаимодействие металла отливки и формы повышает качество поверхности отливки.

К недостаткам этого способа литья относится высокая трудоёмкость изготовления и стоимость кокилей.

Существует опасность образования внутренних напряжений в отливке из-за отсутствия податливости металлической формы. В поверхностном слое кокильных чугунных отливок образуется структура цементита, что затрудняет их механическую обработку, поэтому необходима термическая обработка (отжиг) отливок.

В кокилях получают 45 % всех алюминиевых и магниевых отливок, 6 % стальных отливок, 11 % чугуновых отливок. Этот способ литья экономически целесообразен в серийном и массовом производстве.

В зависимости от конфигурации и размеров отливки металлические формы делятся на неразъёмные и разъёмные.

В *неразъёмных формах* вся отливка целиком получается в одной форме (типа чашки). На рисунке 7.1 изображена неразъёмная вытряхиваемая форма. Ее применяют для получения простых отливок, имеющих достаточные уклоны на боковых стенках (плиты, коробки и т. п.).

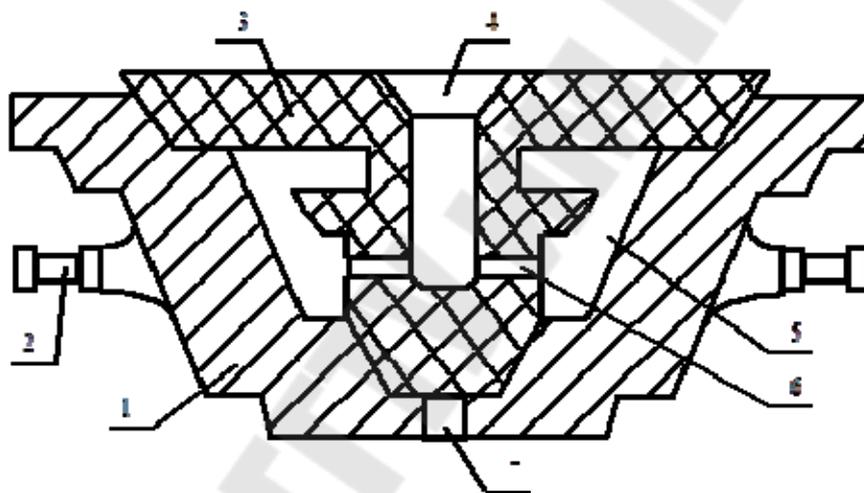
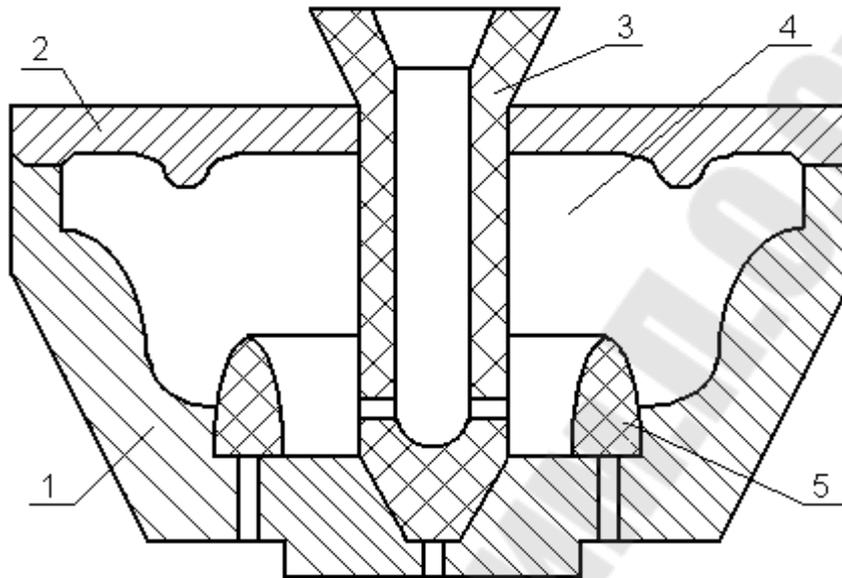


Рисунок 7.1 Металлическая неразъёмная форма: 1- корпус формы; 2- цапфа для поворота формы при выбивке отливки; 3- песчаный стержень; 4- литниковая чаша со стояком; 5- полость формы; 6- питатели; 7- вентиляционный канал

Внутреннюю и внешнюю поверхности отливки в неразъёмном кокиле формируют при помощи стержней. Литниковая система делается внутри стержня. Такие металлические формы обычно закрепляются при помощи цапф на специальных стойках. После заливки производится поворот формы на  $180^\circ$  и удаляется (вытряхивается) отливка вместе со стержнем.

Разъёмные формы состоят из двух или более частей и, в свою очередь, разделяются на формы с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостями разъёма.

Металлическую форму с горизонтальным разъемом (рис. 7.2) применяют для таких же отливок, как и в неразъемной форме, но с более сложной верхней поверхностью, образуемой рабочей частью верхней половины формы.



*Рисунок 7.2* Металлическая форма с горизонтальным разъемом: 1- нижняя часть формы; 2- верхняя часть формы; 3- центральный песчаный стержень; 4- полость формы; 5- нижний кольцевой стержень

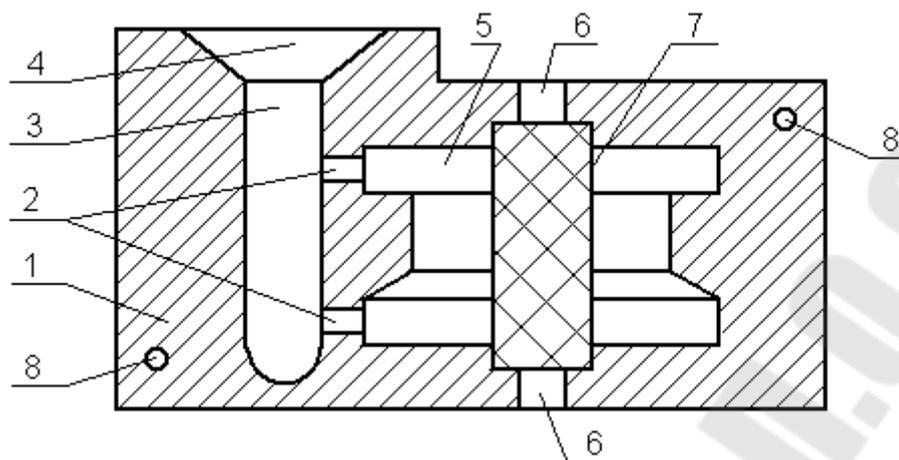
Металлические формы с вертикальным разъемом (см. рис. 7.3) применяют для изготовления более разнообразных и сложных отливок (корпусные детали, литые блоки цилиндров автомобильных двигателей, крупные поршни, крышки с массивными фланцами и т. д.)

Металлические формы с комбинированным разъемом применяют для отливки сложных по конфигурации деталей. Внутреннюю конфигурацию и отверстия в отливках получают с помощью стержней, песчаных или металлических.

Песчаные стержни применяют для отливок из стали и чугуна. Они обладают повышенной податливостью, газопроницаемостью и огнеупорностью. Однако чистота внутренней поверхности отливок хуже, чем при применении металлических стержней.

Металлические стержни применяют для сплавов с низкой температурой плавления, алюминиевых, магниевых и др. Металлические стержни, не обеспечивают свободной усадки отливки при охлажде-

нии, поэтому они удаляются из отливки ещё во время затвердевания, перед выбивкой всей отливки из формы.



*Рисунок 7.3* Кокиль с вертикальным разъемом, с песчаным стержнем: 1- левая половина формы; 2- каналы-питатели; 3- стояк литниковой системы; 4- литниковая воронка; 5- полость формы; 6- вентиляционные каналы; 7- песчаный стержень; 8- центрирующие отверстия

Для удаления газов из кокиля по линии разъёма изготавливают газовые каналы и выпоры. Газовые каналы делают обычно глубиной 0,2–0,5 мм. Через такие каналы не вытекает жидкий сплав, но легко удаляются газы.

Чтобы уменьшить скорость охлаждения отливок, избежать образования упрочнённого слоя на их поверхности и повысить стойкость кокиля, на его рабочую поверхность наносят теплоизоляционные покрытия. Их готовят из одного или нескольких огнеупорных материалов (кварцевой пыли, молотого шамота, графита, мела, талька и др.) и связующего материала (жидкого стекла, сульфидного щёлока и др.).

Механизировать и автоматизировать процесс кокильного литья легче, чем процесс литья в песчаные формы. Для механизации применяют кокильные машины - однопозиционные и карусельные. В этих машинах автоматизируют следующие технологические операции: открывание и закрывание кокилей, установку и удаление металлических стержней, выталкивание отливки из кокиля.

В металлических формах получают отливки чугунные от 10 г до 15 т, стальные от 0,5 г до 5 т и из цветных сплавов (медных, алюминиевых, магниевых) от 4 г до 400 кг.

### Литье по газифицируемым моделям

Очень часто возникает необходимость в разовых, единичных отливках тех или иных деталей. В этих случаях по традиционной технологии приходится предварительно делать деревянные модели для получения наружного отпечатка в литейной форме и стержневые ящики для образования внутренних полостей отливки. Трудоёмкость изготовления модельных комплектов в три – пять раз превышает трудоёмкость изготовления самой отливки. Для её уменьшения и снижения себестоимости разовых отливок можно делать модели не из дерева, а из пенополистирола, который газифицируется расплавленным металлом. В последние годы использование пенополистирола в качестве модельного материала получает всё большее распространение. Использование пенополистирола (пенопласта) обеспечивает возможность получения различных отливок в неразъёмных формах без извлечения модельных комплектов из форм, без формовочных уклонов и с минимальными припусками на механическую обработку (см. рис. 7.4).

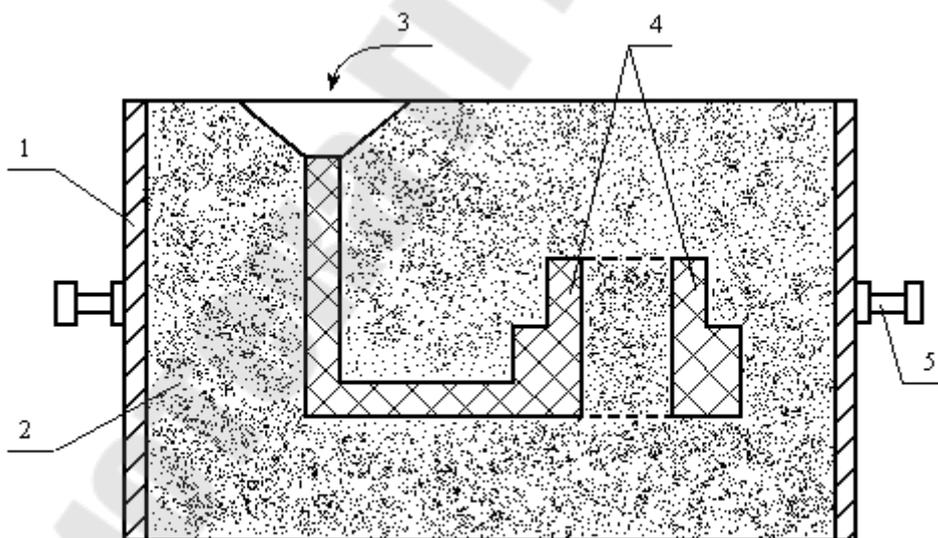


Рисунок 7.4 Неразъёмная форма с пенополистироловой моделью: 1- опока; 2- формовочная смесь; 3- расплавленный сплав; 4- модель из пенополистирола (пенопласта); 5- цапфы

Пенополистирол - материал легко формирующийся, а это значит, что из него можно изготовить модели сложной конфигурации.

При литье по газифицируемым моделям для изготовления моделей применяется бисерный пенополистирол в виде гранул, в замкнутых ячейках которых содержится порошкообразный наполнитель (легкоплавкий компонент).

При этом для газифицируемых моделей применяют пенополистирол с объёмной массой  $0,015-0,025 \text{ г/см}^3$ . Пенополистирол с большим удельным весом не содержит количества воздуха, необходимого для его сжигания, такой пенополистирол лишь расплавляется, не сгорая, тем самым заполняет часть формы и приводит к браку при отливке детали. Пенополистирол с меньшим удельным весом при формовке деформируется, что приводит к искажению формы и размеров отливки.

Применение пенополистироловых моделей сокращает трудоёмкость формовочных работ на 80 %, объём обрубных и зачистных работ на 70 %. Достоинство пенополистироловых моделей – их способность не усыхать и не набухать от влаги. Это исключает коробление при транспортировке и, особенно, при хранении. При отливке деталей со сложной конфигурацией внешних и внутренних обводов модель может быть изготовлена частями, которые собираются во время формовки.

К недостаткам литья по газифицируемым моделям нужно отнести, прежде всего, большое выделение газа при сгорании модели, что при неправильном ведении заливки (заливка должна вестись с определённой скоростью) и при плохой газопроницаемости формовочной смеси ведёт к образованию газовых пор в отливках, уменьшающих их прочность.

Другим существенным недостатком пенопластовой модели является потеря точности при уплотнении формовочной смеси из-за податливости пенополистирола. Решить эту проблему можно с помощью электромагнитного поля и замены формовочной смеси железными опилками. На дно опоки, вставленной внутрь соленоида, присоединённого к сети переменного тока, насыпают слой железного порошка, ставят на него пенопластовую модель с литниковой системой и засыпают её доверху тем же железным порошком (опилками), затем включают ток, превращающий железный порошок в монолит, и

заливают расплавленный металл, мгновенно сжигающий пенопласт. Как только отливка чуть затвердеет, ток выключают, и форма вновь становится порошком.

### Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают классификацию, устройство и принцип работы металлических форм, и форм для изготовления отливок по газифицируемым моделям.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовить кокиль (рис.7.5) под заливку. Для этого необходимо зачистить внутреннюю полость кокиля от пригаров, окалины и старой огнеупорной смазки, а затем смазать полость кокиля огнеупорной смазкой. Собрать половинки кокиля и прогреть до 100–300 °С.

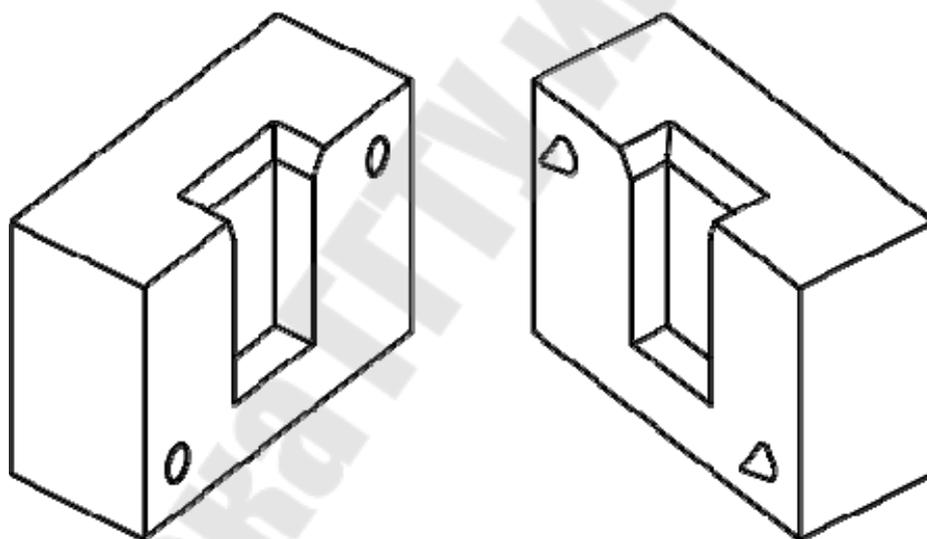
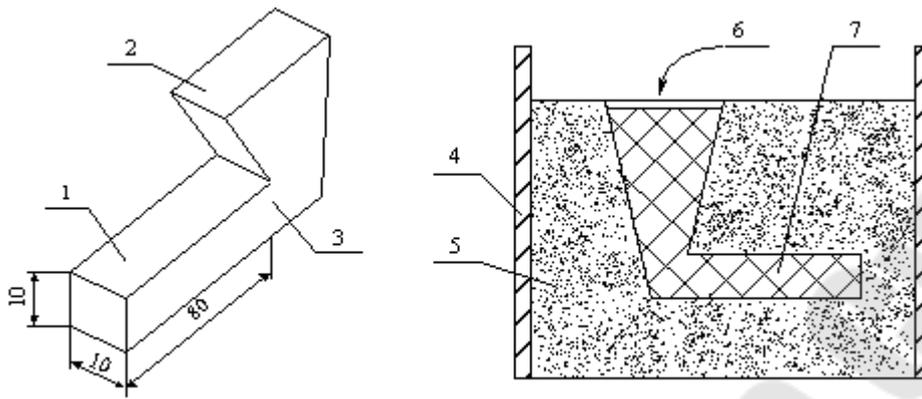


Рисунок 7.5 Металлическая форма для изготовления испытуемого образца

2. Подготовить формовочную смесь для формовки. Для этого её необходимо разрыхлить, удалить металлические включения в виде капель и приливов. Формовочная смесь должна быть совершенно сухой.

3. Заформовать пенопластовые модели в формовочную смесь (рис.7.6).



*Рисунок 7.6* Пенополистироловая модель для изготовления испытуемого образца и её расположение в опоке: 1, 7- пенополистироловая модель; 2- литниковая система; 3- линия отрезки литниковой системы от детали; 4- опока; 5- формовочная смесь; 6- заливка расплавленного металла

4. Проследить за заливкой металла, выполняемой мастером, и за остыванием отливок, засекая время по часам.
5. Отделённые от литниковой системы образцы подвергнуть испытанию на ударную вязкость с помощью маятникового копра и результаты свести в таблицу. Объясните причины различия результатов испытаний ударной вязкости.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций металлических форм и форм, используемых при литье по газифицирующим моделям, описание работы оборудования, выполнение узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики оборудования, выводы и предложения по совершенствованию конструкции оборудования.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое кокиль, и для чего он предназначен?
2. Назовите преимущества литья в кокиль по сравнению с литьём в песчаные формы.
3. Какие недостатки имеет литьё в кокиль?
4. Назовите область применения кокильного литья.

5. Какими бывают металлические формы в зависимости от конфигурации и размеров отливки?
6. Какие отливки можно получать в неразъёмных формах?
7. Для чего нужны цапфы?
8. Какие виды разъёмных форм вы знаете?
9. Для изготовления каких отливок применяют металлические формы с горизонтальным разъёмом?
10. Для изготовления каких отливок применяют кокили с вертикальным разъёмом?
11. Для чего при литье в кокиль применяют песчаные стержни?
12. Что такое газовые каналы и выпоры, и для чего они применяются?
13. Что такое теплоизоляционные покрытия, из чего они состоят и для чего служат?
14. Что такое газифицируемая модель?
15. Каковы преимущества литья по газифицируемым моделям по сравнению с литьём в песчаные формы?
16. Каковы недостатки литья по газифицируемым моделям по сравнению с литьём в песчаные формы?
17. Какой плотности пенополистирол применяется при изготовлении газифицируемых моделей?
18. Что произойдёт, если плотность пенополистирола будет больше или меньше, чем необходимо для нормального процесса литья?
19. Перечислите пути повышения производительности труда при использовании методов литья в кокиль и по газифицируемым моделям.

## Лабораторная работа № 8

### Конструкция и принцип работы машин для точного литья

*Цель работы:* изучить принцип действия и конструкцию оборудования применяемого для изготовления отливок методом точного литья (литье по выплавляемым моделям)

### Теоретические сведения

Литье по выплавляемым моделям известно человечеству уже несколько тысячелетий. Технология художественного литья древности сходна с современной в принципе только в том, что для изготовления неразъемной формы используется выплавляемая модель. Известны отливки, изготовленные 6000 лет тому назад, в нижнем Евфрате в стране Урарту, позднее в Египте, Палестине, Испании, Персии, Китае, в ацтекской Мексике, в Италии и других странах. На модель из пчелиного воска вручную наносилась глина; полость в отливке формировалась также глиняными стержнями. Позже, особенно в эпоху Возрождения, художественное литье по выплавляемым моделям широко применяет в Италии Бенвенутто Челлини. В XIX в. для производства художественных отливок стали использовать разъемные песчаные формы, и способ литья по выплавляемым моделям был почти забыт. В конце XIX в. литье по выплавляемым моделям стали применять в зубопротезной технике и для изготовления ювелирных изделий.

Промышленное использование литья по выплавляемым моделям началось в начале второй мировой войны, так как потребовались фасонные отливки очень сложной формы с высокой точностью и хорошим качеством поверхности. В современном процессе принят известный принцип изготовления форм для точных отливок, при использовании новых модельных связующих и формовочных материалов. Технологические операции были механизированы и частично автоматизированы. В литье по выплавляемым моделям стали применять модельные составы, способные сохранять постоянные размеры, высокопрочные и точные керамические формы, вакуумную плавку и заливку сплавов и, наконец, вставляемые керамические стержни для получения очень сложных; и точных полостей в отливках.

В настоящее время литье по выплавляемым моделям успешно используется в следующих отраслях промышленности: в станко-

строении и машиностроении, особенно при производстве энергетических устройств; в авиационной, в оборонной, в текстильной, в оптической и пищевой промышленности; в производстве пишущих и счетных машин; в электротехнике; в промышленности средств связи; в медицинской промышленности для изготовления костных и зубных протезов.

По сравнению с литьем в песчаные формы литье по выплавляемым моделям формы оно имеет ряд преимуществ:

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

- отливки характеризуются самой сложной конфигурацией;

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

Технологический процесс изготовления отливок ведут в определенной последовательности.

Модели.

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

Существует два способа заполнения пресс-форм: свободная заливка жидкого модельного состава и запрессовка модельного состава в пастообразном состоянии. При первом способе рабочую полость пресс-форм смазывают тонким слоем трансформаторного масла или раствором касторового масла в спирте (1:1). Затем пресс-форму собирают и заливают из ковша через воронку модельным составом при температуре 60-70 °С.

Через 3-10 мин пресс-форму раскрывают и извлекают из нее затвердевшую модель. Так же изготавливают модели элементов литниковой системы. При втором способе модельный состав, охлажденный до

пастообразного состояния, запрессовывают в пресс-форму с помощью шприца. Через 2-3 мин затвердевшую модель удаляют из пресс-формы.

После снятия заусенцев модели отливок и элементов литниковой системы собирают в блоки - припаивают. Шпателем или ножом, нагретым до температуры 150 °С, подплавляют нижний торец стояка и центр коллектора, после чего их соединяют в месте пайки и выдерживают до полного затвердевания и упрочнения оплавленного слоя. Модели мелких отливок простой конфигурации собирают в блок-елку непосредственно на стояке.

Модели, имеющие большие размеры по высоте, собирают в блоки на дисковом коллекторе. Модели массивных отливок, требующих дополнительного питания металлом в процессе затвердевания, монтируют в блоки с подводом металла сверху. Коллектор в этом случае выполняет роль прибыли.

Керамические оболочки.

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

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

Марка этилсиликата характеризуется условным содержанием  $\text{SiO}_2$ , которое может колебаться от 28 до 42 % по массе. Чем больше в этилсиликате высокомолекулярных эфиров, тем выше содержание  $\text{SiO}_2$ . Наиболее часто используются ЭТС 32 и ЭТС 40. Чтобы получить связующий раствор, необходимо провести гидролиз этилсиликата. Образующиеся при этом нестойкие кремниевые кислоты переходят в коллоидное состояние, выделяется золь кремниевой кислоты, а затем и твердый гель, обладающий связывающими свойствами.

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



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

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

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

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

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

Формы прокаливают в термической печи при 850-900°C в течение 2,0-2,5 ч. При этом выгорают остатки модельной массы, удаляется влага, повышается газопроницаемость оболочки, снижается ее прочность, что уменьшает опасность возникновения внутренних напряжений и трещин в отливках.

Сталь, никелевые и медные сплавы заливают в горячие формы, алюминиевые сплавы - в холодные. Залитые формы охлаждают в течение 30-40 мин и извлекают из них блоки. Поверхность отливок очищают от остатков керамического покрытия.

Отливки отрезают от литниковой системы с помощью механической пилы или ручной ножовки.

Комплекты оборудования для литья по выплавляемым моделям.

Для производства литья по выплавляемым моделям выпускают оборудование (табл. 8.1), позволяющее формировать его в комплекты с учетом уровня механизации, специфичности технологических решений, имеющихся производственных площадей и типа производства:

Таблица 8.1

Оборудование, используемое в комплектах для литья по выплавляемым моделям

Оборудование	Назначение	Производительность, т/год			
		1000-2000	500-1000	250-500	125-250
Установки:					
651	Приготовление модельного состава	-	+	-	-
652A		+	-	-	-
Линия	Приготовление модельного состава и изготовление моделей	-	-	+	-
Шприц-машина	-	-	-	-	+
Установка	Изготовление моделей	+	+	-	-
Автомат	Изготовление модельных звеньев	+	-	-	-
Агрегат	Приготовление огнеупорного покрытия	+	-	-	-

Продолжение таблицы 8.1

Установка	Приготовление огнеупорного покрытия	-	+	+	+
Автомат	Нанесение огнеупорного покрытия	+	-	-	-
Полуавтомат	Нанесение многослойного огнеупорного покрытия	-	-	+	+
Установка для сушки огнеупорного покрытия	Воздушно-аммиачная сушка покрытия	+	+	-	-
Линия для нанесения и сушки огнеупорного покрытия	Воздушная сушка покрытий	+	+	-	-
Установка	Вакуумно-аммиачная сушка огнеупорного покрытия	-	-	+	+
Установка для выплавки модельного состава	Для автоматизированного производства	+	-	-	-
Установка для выплавки модельного состава	Для механизированного производства	-	+	+	+
Линия формовки, заливки и охлаждения (АВА 75 ОЛ)	Получение готовых блоков отливок	+	+	-	-
Формовочный стол	Формовка и выбивка опок	-	-	+	+
Установка для выбивки опок	-	-	+	-	-
Установка для отделения керамики	Очистка литья и отделение отливок от стояка	+	+	+	+

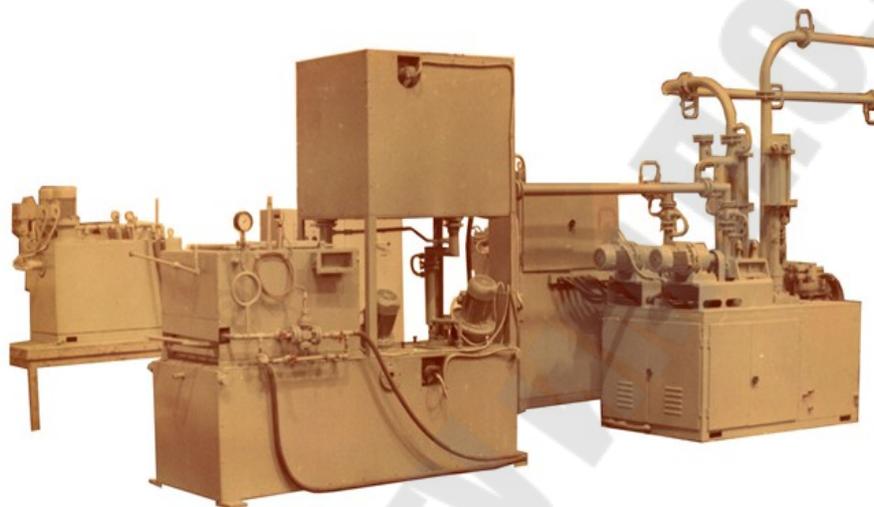
Пресс	Отделение отливков	+	+	-	-
Автомат для выщелачивания остатков керамики	Очистка поверхности литья от остатков формы	+	+	+	-

Последовательное осуществление работ по автоматизации операций, выполнявшихся ранее вручную, позволило создать комплекс машин для приготовления модельной пасты и изготовления моделей без применения ручного труда. В этом комплексе автоматизированы операции расплавления, фильтрации и отстоя жидкого модельного состава; выравнивания температуры и подачи состава к мазеприготовительному агрегату; охлаждения модельного состава, насыщения его воздухом и превращения в пасту; подачи модельной пасты под давлением к шприцу автомата для изготовления моделей; поддержания постоянной температуры модельной пасты, подаваемой к шприцу; запрессовки модельного состава в пресс-форму; охлаждения моделей в пресс-форме; очистки и смазывания пресс-форм; удаления питателя; транспортирования пресс-форм и удаления моделей; поддержания постоянной температуры модельного состава во всех емкостях, трубопроводах и механизмах; контроля расхода охлаждающей мешалку воды, давления пара и сжатого воздуха. Остаются немеханизированными лишь контроль качества моделей и сборка их в блоки («елочки»).

Решению проблемы механизации изготовления модельного блока в значительной мере способствовала возможность прессования в автоматах модельных звеньев с втулкой, которую используют при надевании звеньев на стояк. Таким образом, втулка облегчает сборку звеньев в блоки. В комплект входит оборудование для прокатывания блоков в ваннах обмазки в «кипящем слое» наполнителя под углом 15-30°, что позволяет исключить появление воздушных пузырей и необмазанных мест. Благодаря такому оборудованию решился вопрос автоматизации одной из наиболее трудоемких и ответственных операций.

В барабане выщелачивания, разделенном на три отсека, без вмешательства оператора детали кипятятся в щелочи, промываются, а из бака удаляется шлам.

Другие агрегаты комплекта, предназначенные для выплавления модельного состава, формовки и выбивки литья, отделения керамики от отливок, выполнены таким образом, что ручными остаются только операции загрузки и выгрузки.



*Рисунок 8.1* Автомат для приготовления модельной пасты модели 61701

Автомат для приготовления модельной пасты модели 61701 предназначен для приготовления модельной пасты с температурой плавления не выше 90°C, применяемой для изготовления моделей отливок по выплавляемым моделям серийного и массового производства. Автомат работает в автоматическом режиме и обеспечивает следующие технологические операции:

-расплавление твердого модельного состава;-фильтрация и перемешивание расплавленного модельного состава;-термостатирование модельного состава;

-приготовление модельной пасты с замешиванием в нее воздуха;

-перемешивание модельной пасты;

- подача модельной пасты по обогреваемым пастопроводам к шприцам машин для изготовления моделей.

Подсоединение к автомату для приготовления модельной пасты различных машин, предназначенных для изготовления моделей, осуществляется через обогреваемый пастопровод.

Количество этих машин и их место расположения определяется потребителем, поэтому длины прямых горизонтальных участков пастопровода уточняет заказчик и приобретает трубы на эти участки самостоятельно. Угольники, тройники, фланцы, метизы входят в комплект поставки автомата для приготовления модельной пасты.



*Рисунок 8.2* Автомат секционный для изготовления модельных звеньев

Автомат (см.рис.8.2) работает в составе автоматической линии мод. 61001 или автономно при наличии централизованной подачи модельной пасты от пастоприготовительного агрегата при серийном и массовом производстве стального и цветного литья по выплавляемым моделям.

Автомат работает только с пресс-формами, основные размеры которых соответствуют ГОСТ 19947, обеспечивая выполнение следующих технологических операций:

- закрытие и раскрытие пресс-формы;
- открытие и перекрытие модельной пасты из пастопровода в шприц;
- открытие и перекрытие модельной пасты в пресс-формы;
- запрессовку модельного состава и набор дозы;

- охлаждение модельных звеньев;
- выталкивание готовых модельных звеньев;
- смазку половин пресс-форм;
- прочистку литникового отверстия пресс-форм;
- удаление готовых звеньев из зоны раскрытия пресс-форм.

Установка приготовления огнеупорного покрытия (см. рис. 8.3) предназначена для порционного приготовления огнеупорной суспензии, применяемой для изготовления керамических форм в мелкосерийном и серийном производстве точного стального и цветного литья по выплавляемым моделям. Установка работает в ручном режиме.



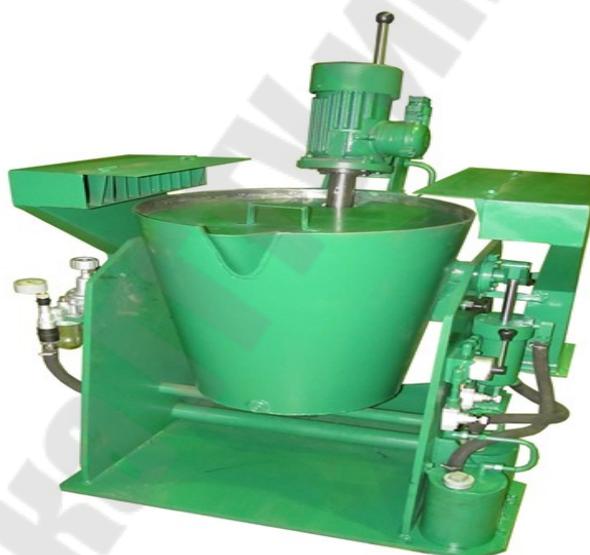
*Рисунок 8.3* Установка приготовления огнеупорного покрытия

На рисунке 8. 4 представлена установка для выплавки модельного состава. Установка является установкой карусельного типа, работает автономно.

Бак с мешалкой ( см. рис.8.5)предназначен для нанесения вручную огнеупорного покрытия на модельные блоки, а также для поддержания стабильности консистенции и температуры огнеупорного покрытия и применяется при мелкосерийном и серийном производстве литья по выплавляемым моделям.



*Рисунок 8.4* Установка для выплавки модельного состава



*Рисунок 8.5* Бак с мешалкой для обмазки блоков

Пескосып (см.рис. 8.6) предназначен для обсыпки модельных блоков путем окунания их вручную в «кипящий» слой кварцевого песка при серийном и мелкосерийном производстве литья по выплавляемым моделям.



*Рисунок 8.6 Пескосып*

### **Постановка работы**

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают классификацию, устройство и принцип работы оборудования, применяемого при точном литье.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить схему технологического процесса точного литья.
2. Изучить устройство и особенности работы оборудования для точного литья.
3. Изучить расчет параметров процесса изготовления керамических оболочек и работы машин для точного литья.
4. По заданию преподавателя произвести расчет одного из параметров работы машины для точного.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: краткое описание конструкций машин для точного литья, описание работы оборудования, выполнение узлов, схемы, построение циклограммы, технические характеристики оборудования, выводы и предложения по совершенствованию конструкции оборудования.

## Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность способа литья по выплавляемым моделям?
2. Каковы преимущества, недостатки и область применения способа литья по выплавляемым моделям?
3. Какие исходные материалы применяют для изготовления моделей оболочковых форм?
4. Как изготавливают модели и формы?
5. Каковы технологии изготовления гидролизованного раствора этилсиликата и огнеупорной суспензии?
6. В каких режимах сушат оболочки?
7. С какой целью проводится термическая обработка оболочковых форм?
8. Как заливают формы?
9. Каковы финишные операции обработки отливок?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. - М.: Машиностроение, 1968.- 460с.
2. Беккер М.Б., Заславский М.Л., Игнатенко Ю.Ф. Литье под давлением. - М.: Машиностроение, 1990.- 399с.
3. Белопухов А.К. Технологические режимы литья под давлением. - М.: Машиностроение, 1985. - 272с.
4. Вейник А.И. Литье в кокиль. - М.: Машиностроение, 1980. - 416 с.
5. Горский А.И., Геллер Р.Л., Лиокумович Л.Ф. Расчеты машин литейного производства. - М.: Машиностроение, 1966. - 402 с.
6. Ефимов В.А., Анисович Г.А., Бабич В.Н. Специальные способы литья. - М.: Машиностроение, 1991. - 436с.
7. Зайгеров И.Б. Оборудование литейных цехов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980. - 368с.
8. Матвеев И.В., Исагулов А.З. Формовочное и стержневое оборудование литейных цехов. - Караганда: Издательство КарГТУ, 2004. - 215с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1	3
Принцип работы и устройство оборудования для приготовления формовочных смесей	3
Лабораторная работа №2	13
Принцип работы и устройство пескодувно-прессовых и пескострельных машин	13
Лабораторная работа №3	24
Принцип работы и устройство оборудования для изготовления стержней	24
Лабораторная работа №4	31
Оборудование для выбивки, очистки, грунтовки и окраски поверхности отливок	31
Лабораторная работа №5	53
Конструкция и принцип работы машин литья под давлением	53
Лабораторная работа №6	64
Конструкция и принцип работы машин для непрерывного литья чугуновых заготовок	64
Лабораторная работа №7	72
Конструкция и принцип работы машин для литья в кокиль. Оборудование, применяемое при литье по газифицируемым моделям	72
Лабораторная работа №8	81
Конструкция и принцип работы машин для точного литья	81
Литература	94

**Ткаченко Александр Владимирович**  
**Морозова Юлия Викторовна**

## **ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХОВ**

**ПРАКТИКУМ**

**по одноименному курсу**

**для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины  
и технология литейного производства»  
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 12.02.18.

Пер. № 9Е.

<http://www.gstu.by>