



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

И. Б. Одарченко, Ю. В. Морозова

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И СИСТЕМЫ**

### **ПРАКТИКУМ**

**по выполнению лабораторных работ  
по одноименному курсу  
для студентов специальности  
1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства  
дневной формы обучения**

Гомель 2018

УДК 621.744.49-52(075.8)  
ББК 34.722.51я73  
О40

*Рекомендовано научно-методическим советом  
факультета автоматизированных и информационных систем  
ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 06.03.2017 г.)*

Рецензент: зам. главного металлурга по реконструкции и развитию литейного производства ОАО «Белаз» – управляющая компания холдинга «Белаз-Холдинг» С. В. Кудласевич

**Одарченко, И. Б.**

О40 Автоматические линии и системы : практикум по выполнению лаборатор. работ по одноим. курсу для студентов специальности 1-36-02 01 «Машины и технология литейного производства» для студентов дневн. формы обучения / И. Б. Одарченко, Ю. В. Морозова – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 49 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.

Практикум содержит краткие теоретические сведения, методику решения инженерных задач Scilab, примеры алгоритмов и программ и задания для самостоятельной работы.

Для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.744.49-52(075.8)  
ББК 34.722.51я73

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

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### МЕТОДЫ УПЛОТНЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ПРЕССОВАНИЯ.

*Цель работы:* изучить методы уплотнения литейной формы; ознакомиться с классификацией методов прессования, применяемых для уплотнения литейной формы.

*Задачи лабораторной работы:* Изучить принципы работы оборудования и оснастки; исследовать параметры уплотнения литейной формы.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Литейное производство по сравнению с другими способами изготовления заготовок деталей машин (обработка давлением,ковка, сварка) позволяет получать заготовки сложной конфигурации с заданными свойствами и минимальными припусками на механическую обработку.

Наиболее трудоемкая операция в технологическом процессе получения отливок – это операция формовки. Более 80 % отливок из черных и цветных сплавов в настоящее время получают различными методами механического, химического и физического воздействия в песчаных формах.

Процесс изготовления песчаных форм всегда связан с неблагоприятными условиями труда, но он получил широкое распространение благодаря своей относительно низкой стоимости и универсальности.

Несмотря на постепенное развитие специальных методов литья, которые во многих случаях более экологичны и дают возможность получать отливки по чистоте поверхности и геометрической точности более высокого класса, процесс литья в песчаные формы продолжает совершенствоваться и, следует полагать, что будет существовать еще долгое время.

В последние десятилетия появились новые методы уплотнения форм: воздушно-импульсный, пескодуювно-прессовый, вакуумно-пленочный и др. Так, новый процесс получения форм и стержней холодного отверждения непосредственно в оснастке, продувкой газом

(амин, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и др.) обеспечивает получение отливок, не уступающих по геометрической и весовой точности отливкам, полученным специальными способами литья и во многом превосходящих их по массе.

Работа формовочной и стержневой машин зависит от их конструктивно-технологических параметров и т.д. Вместе с тем, если режим работы формовочной машины нерегулируем или регулируется в очень узких пределах, то реологические (деформативные) свойства смеси должны быть подобраны в соответствии с ее режимом работы.

И, наоборот, если смесь имеет стабильные технологические свойства, что бывает крайне редко, то формовочная машина должна иметь автоматическую систему настройки оптимального режима, соответствующего данной смеси.

Обычно механизированные формовочные (стержневые) машины выполняют две основные операции: уплотнение (упрочнение) смеси и извлечение модели из форм или стержня из стержневого ящика. Остальные же операции выполняются либо вручную, либо с применением околomашинной механизации.

На формовочных автоматах как входящих в состав автоматической линии, так и не входящих (что значительно реже), выполняется целый ряд других механизированных технологических операций: замена модельной оснастки; обдув и опрыскивание модельного комплекта; установка опоки; установка наполнительной рамки; подача смеси в дозатор; дозирование порции смеси; выдача дозы; предварительное уплотнение смеси; окончательное уплотнение; срезка излишков смеси; образование заливной воронки; накол каналов для выхода газов; извлечение моделей; удаление полуформы.

Указанные операции в различных формовочных автоматах могут выполняться по-разному. Например, наполнительная рамка может подаваться накатом или поворотом; дозаторы могут быть шиберные, коробчатые или секторные, причем, например, коробчатые также могут быть различными по конструкции. В последние годы смесь на АФЛ, как правило, уплотняется комбинированными способами: пескочувно-прессовым, встряхивающе-прессовым, импульсным и импульсно-прессовым, уплотнение воздушным потоком с допрессовкой, вибро-прессовым и др. Однако следует особо подчеркнуть, что, выбрав при проектировании машины, линии или цеха прогрессивную технологию, необходимо придать ей надлежащую степень механизации и автоматизации, так как иначе не будет получен должный эко-

номический эффект. Чем больше степень механизации, тем больше стоимость основных средств, которая списывается в течение определенного промежутка времени и ложится некоторой постоянной долей на суммарную себестоимость выпуска независимо от объема производства в некотором его интервале. Но зачастую чем больше степень механизации, тем менее круто поднимается с ростом выпуска продукции линия переменных расходов, в которую входит и оплата обслуживающего персонала. Поэтому при малой степени механизации, несмотря на заложенный в основу прогрессивный технологический процесс, может получиться менее рентабельное производство по сравнению с более высокой степенью механизации. Чем больше при этом масштаб производства, тем эта разница получается большей. Маломеханизованное производство получается более рентабельным при малом выпуске и нерентабельным при большом. Наоборот, высокомеханизованное производство рентабельно при большом выпуске и нерентабельно при малом.

По методу уплотнения формовочные машины делятся на следующие типы: встряхивающие, прессовые, пескодувные, пескометы.

Эта классификация кладется в основу дальнейшего рассмотрения формовочных и стержневых машин и будет подробно разобрана при их изучении.

### **1. Методы уплотнения литейных форм**

Очевидно, что многие поверхностные дефекты – это следствие недостаточной плотности набивки формы, а следовательно, ее низкой прочности. Поэтому современное формовочное оборудование должно обеспечивать равномерно плотную набивку по всему объему формы.

Альтернативой плотной набивке будет использование дорогостоящих высокопрочных связующих. Плотность набивки форм различными методами уплотнения приведена на рис. 1.1.

Из эпюры видно, что метод, дающий наибольшую разноплотность форм- встряхивание. При уплотнении встряхиванием на контроле формовочная смесь даже разуплотняется. Возникает необходимость допрессовки. Из-за высоких динамических нагрузок срок службы деталей встряхивающего механизма невелик. Этот метод уплотнения крайне вреден для здоровья человека, поэтому встряхивающие формовочные машины уже около 30 лет не выпускаются за рубежом. В то же время вибрация используется в качестве способа предварительного уплотнения.

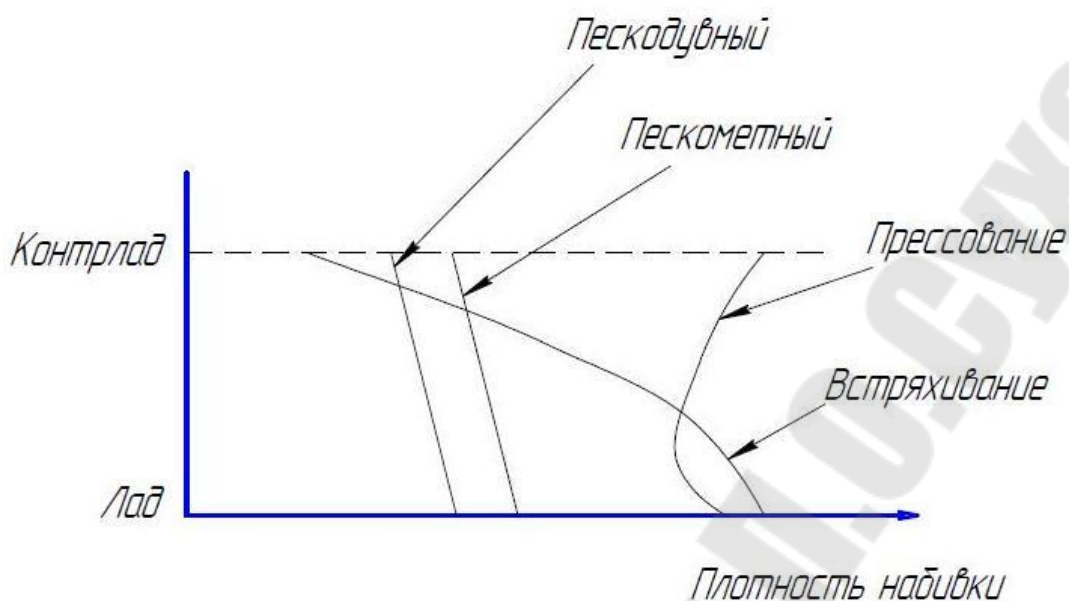


Рис.1.1 Уплотнение формы различными методами

Самую низкую плотность набивки, но достаточно равномерную, дает пескодувный способ уплотнения, поэтому формовочная смесь, применяющаяся при изготовлении форм пескодувными машинами, должна иметь высокую прочность, что обеспечивается дорогостоящими связующими, прежде всего синтетическими смолами. Очевидно, что стоимость связующих не позволяет изготавливать пескодувным способом объемные опочные формы. Использование этого способа уплотнения ограничено изготовлением стержней и оболочковых форм или совместно с другими способами уплотнения. Из-за низкой плотности набивки для предотвращения пригара полученные пескодувным способом формы необходимо окрашивать противопопригарными красками.

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

Как видно из эпюры уплотнения, единственный способ формовки, обеспечивающий равномерную и плотную набивку по всему объему формы — прессование. Кроме того, прессование обеспечивает хо-

рошие условия труда формовщиков и высокую производительность оборудования. Но представленная эпюра уплотнения для формы без модели. При установке в форму модели при прессовании достигается различная степень уплотнения: над моделью плотность набивки выше, а в карманах она ниже (см. рис. 1.1). Определяющим фактором для плотности набивки карманов является соотношение высоты модели и опоки. Использование высоких моделей приводит к различным дефектам вследствие низкой плотности формовочной смеси в карманах модели.

Существуют также комбинированные методы уплотнения литейной формы, например, встряхивание с одновременным прессованием и т.д.

### 1.1. Уплотнение форм комбинированными методами. Уплотнение формовочной смеси способом СЕЙАТСУ

Схема процесса представлена на рис. 1.2.



Рис.1.2. Уплотнение литейной формы способом СЕЙАТСУ: а – нижнее положение; б – верхнее положение

Машинный стол поднимает модельную оснастку с опокой и наполнительной рамкой и прижимается к прессовой плите. Весь объем формы герметично закрывается. Затем кратковременно открывается клапан дутья. Сжатый воздух проходит через формовочную смесь от её верха до подмодельной плиты и выходит через венты. Поток воздуха воздействует на каждую частицу песка давлением, направленным вниз, и уплотняет столб песка. Смесь течет вместе с потоком в глубокие промежутки модели. На этом этапе уплотнения осуществляется чистое прилегание смеси по контуру модели. Плотность формо-

вочной смеси повышается в сторону подмодельной плиты. Поэтому наибольшее уплотнение достигается в слоях вблизи модели. Окончательную прочность получает форма при последовательном прессовании плоской прессовой плитой. Давление прессования, давление и продолжительность потока сжатого воздуха регулируются. Этим достигается оптимальная твердость формы для каждого случая применения.

В импульсных формовочных машинах прессование производится непосредственно сжатым воздухом из ресивера, подаваемым на формовочную смесь. Воздух накачивается в ресивер от компрессора. Из-за высокого начального давления воздуха не успевает развиваться процесс фильтрации, поэтому объем сжатого воздуха выступает практически как несжимаемая пластина, передающая импульс высокого давления (до 2 МПа) на формовочную смесь. Импульсным уплотнением реализована предельная дискретность прессовой колодки – на уровне молекул. Но для получения качественных отливок даже такой степени уплотнения недостаточно. Степень уплотнения на контрладе полуформы достигает всего 20 – 40 ед., т.е. необходимо проводить доуплотнение так же, как на встряхивающих формовочных машинах.

## **2. Классификация методов прессования**

Методы прессования классифицируются по следующим признакам:

- по направлению движения смеси при уплотнении относительно опоки: верхнее, нижнее и двустороннее прессование;
- по способу профилирования смеси по ладу и контрладу;
- по принципу действия прессовой головки: прессование жесткой плоской плитой, профильной плитой, эластичным элементом, многоплунжерной колодкой, прессование решетчатый элементом, роторной головкой, лопастным рабочим органом и др.;
- по давлению прессования: низкое (0,3 – 0,7 МПа), среднее (0,7-2,0 МПа), высокое (2,0 МПа и выше).

### **2.1 Верхнее, нижнее и двустороннее прессование**

При прессовании относительно стенки опоки может перемещаться как прессовая, так и модельная плиты. Прессование при неподвижной модельной плите независимо от ее расположения в опоке называется верхним прессованием (рис. 1.3, а); прессование движущейся модельной плитой независимо от ее расположения в опоке – нижним (рис. 1.3, б, в), прессование прессовой и модельной плитами



или двумя полумоделями, например в машинах безопочной формовки (рис. 1.3, в) - двухсторонним.

При верхнем прессовании формовочная смесь из наполнительной рамки запрессовывается в опоку прессовой колодкой, при этом происходит переуплотнение смеси над моделью и недоуплотнение вокруг нее. При нижнем прессовании смесь обычно запрессовывается моделью и модельной плитой со стороны разъема формы. Рамкой в этом случае служит углубление в неподвижном столе машины.

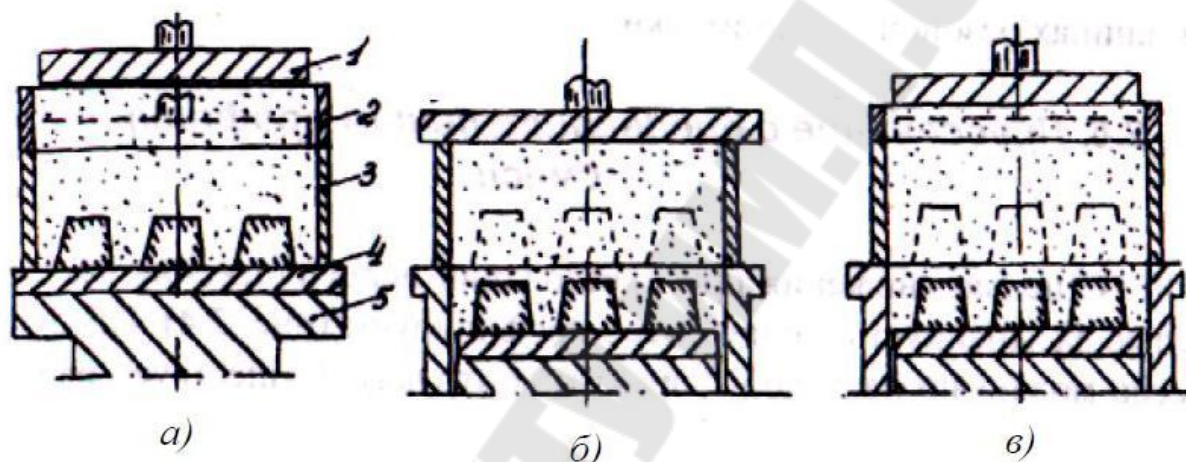


Рис.1.3 Способы прессования: а- верхнее; б- нижнее; в- двухстороннее; 1- прессовая колодка; 2- наполнительная рамка; 3-опока; 4- модельная плита; 5- стол

Плотность смеси по высоте опоки при нижнем прессовании значительно более высокая около модели и меньшая со стороны контрлада. Однако это утверждение справедливо, если уплотняется одна модель в опоке. В этом случае внешнее трение (между стенками опоки и смесью) способствует уплотнению смеси в карманах между моделью и стенками опоки. В карманах формы между несколькими моделями смесь одинаково плохо уплотняется как при верхнем, так и при нижнем прессовании. Точность форм при нижнем прессовании ниже, чем при верхнем  $h = (\delta / \delta_0 - 1)$ .

При любом способе уплотнения не удастся точно дозировать необходимый объем смеси в опоку. При верхнем прессовании излишки смеси обычно срезают. При нижнем этого сделать нельзя и поэтому при сборке полуформы сопрягают не по ладу, как при верхнем прессовании, а по поверхности уплотненной смеси, уровень которой выполняют несколько выше лада опоки.

Таким образом, несмотря на определенные технологические преимущества нижнего прессования, в силу указанных причин оно не нашло широкого применения. Поэтому нижнее прессование рекомендуется применять в специализированных формовочных машинах, предназначенных для изготовления форм, в которых располагается только одна отливка, или в случаях, когда нижнее прессование позволяет получить какой-либо дополнительный эффект.

Двухстороннее прессование применяют в том случае, когда необходимо получить одинаковую плотность с обеих сторон (обе стороны рабочие) и когда положение уплотненной смеси относительно опоки (камеры прессования) не оказывает влияния на последующие операции, например, в машинах безопочной формовки.

## 2.2 Прессование с предварительным профилированием смеси

С целью снижения при прессовании переуплотнения смеси над моделью засыпанную в опоку смесь профилируют (рис. 1.4).

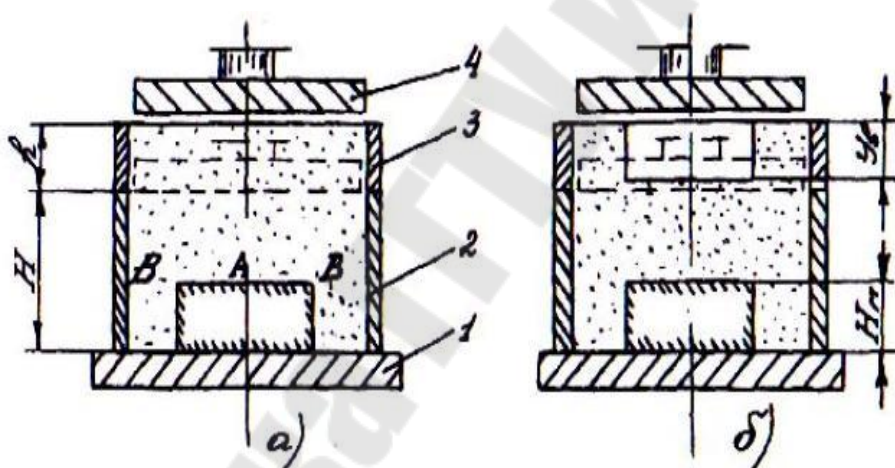


Рис. 1.4. Схема прессования с предварительным профилированием смеси: а – до профилирования; б – после профилирования; 1 – модельная плита; 2 – опока; 3 – дополнительная рамка; 4 – прессовая колодка

Профилировать смесь можно по ладу полуформы и контрладу. Существует ряд способов механизации процесса профилирования смеси при засыпке в опоку, например, путем установки на пути смеси, засыпаемой в опоку, раскатателей, конусов, фигурных скребков,двигающихся по контуру, которыми смесь выгребается из уже заполненной опоки. При расчете величины углубления в смеси предпола-

гают, что при уплотнении смесь перемещается только в вертикальном направлении без перетекания в стороны. Исходя из этого, для любого столба смеси независимо от величины перемещения его масса не изменится и можно записать  $H\delta = H_0 \cdot \delta_0$  или  $\delta = \delta_0 H_0 / H$ , где  $\delta_0, \delta$  – начальная и конечная плотность смеси;  $H_0, H$  – начальная и конечная высота данного столба.

При профилировании смеси со стороны лада и контрлада для околomodельного столба В имеем:

$$h = H (\delta / \delta_0 - 1), \text{ а для надмодельного столба А:}$$

$$y_b = H_m (\delta / \delta_0 - 1),$$

где  $y_b$  – глубина выемки;  $H, H_m$  и  $h$  – высота опоки, модели и наполнительной рамки соответственно.

Полученные зависимости не отражают точное профилирование, а только приближенное, поскольку не учитывается трение смеси о стенки опоки и модели, а также геометрия реальных моделей.

### 2.3 Методы прессование по принципу действия прессовой головки.

#### 2.3.1. Прессование жесткой или профильной плитой.

При прессовании жесткой плоской плитой (см. рис. 1.4) неравномерность плотности смеси по высоте полуформы объясняется различной высотой столбов смеси и абсолютно одинаковой их деформацией. Профильная плита устраняет этот недостаток (рис. 1.5).

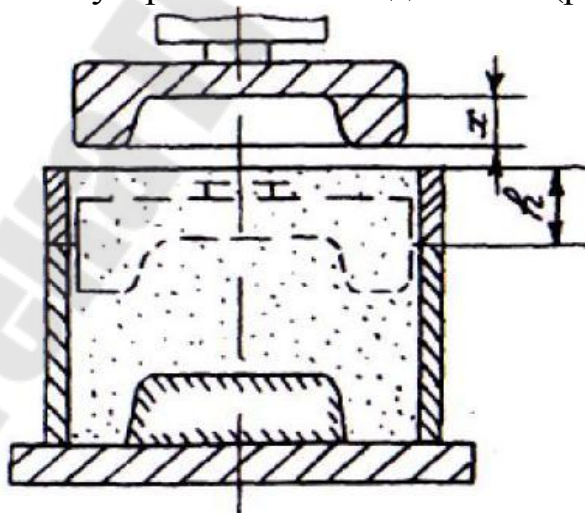


Рис.1.5 Схема прессования жесткой профильной плитой

Высоту наполнительной рамки  $h$  и высоту уступов  $x$  профильной плиты определяют из условия, чтобы отношение начальной высоты всех вертикальных столбов смеси к конечной было бы постоянным. Тогда

$$h = (H - H_m)(\delta / \delta_0 - 1),$$

$$h = H_m(1 - \delta_0 / \delta),$$

где  $H$  – высота опоки;  $H_m$  – высота модели;  $\delta_0$ ,  $\delta$  – начальная и конечная плотность смеси.

Профильные плиты целесообразно использовать только в массовом производстве.

### 2.3.2. Прессование эластичным элементом

Принцип прессования полуформ гибкой диафрагмой представлен на рис. 1.6.

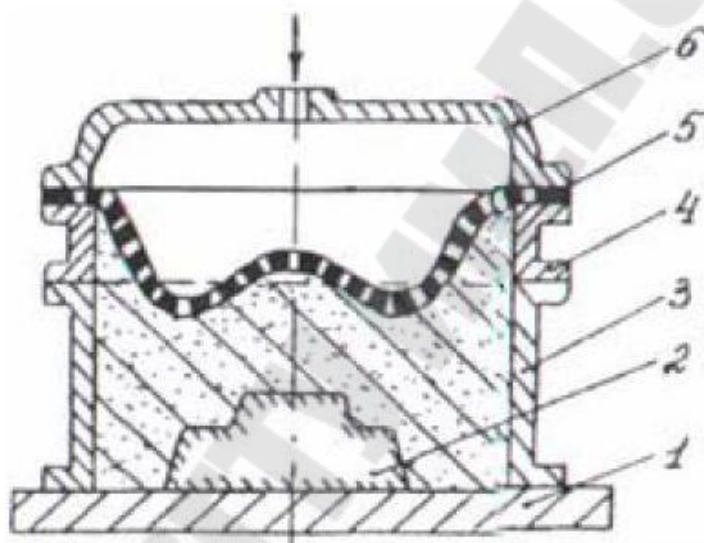


Рис.1.6. Схема прессования эластичным элементом: 1 – модельная плита; 2 – модель; 3 – опока; 4 – наполнительная рамка; 5 – эластичный элемент, 6 – корпус

Гибкая диафрагма, закрепленная внутри головки, к которой снизу прижимается опока со смесью, при впуске сжатого воздуха в головку уплотняет смесь. Деформация смеси будет больше всего в тех местах, где она менее уплотнена, поэтому плотность смеси поддиафрагмой будет приблизительно одинаковой. Давление диафрагмы на смесь равно давлению воздуха на диафрагму (0,5 – 0,6 МПа). Вместе с тем диафрагменное прессование дает практически равномерное уплотнение форм с моделями только при условии больших зазоров между моделью и стенкой опоки и между соседними моделями (не менее 50 мм).

Выражение для высоты столба  $h$  формовочной смеси в зазоре между моделью и стенкой опоки определяется из соотношения

$$h = A + H_m \delta_0 \delta,$$

где  $A$  – высота слоя смеси над моделью в запрессованной форме;  $H_m$  – высота модели;  $\delta_0, \delta$  – начальная и конечная плотность смеси.

Для диафрагменного прессования применяются смеси как низкой прочности, так и высокой. Широкого применения способ не получил из-за низкой стойкости материала диафрагмы. Кроме головок с эластичными диафрагмами применяют так называемые головки из гидропласта. Такая головка представляет собой конус, закрытый снизу сплошным элементом из пластичного материала (вакуумная резина, гидропласт и др.). Пространство между головками заполнено жидкостью. Напряжения в смеси при воздействии на нее такой колодки также будут одинаковы во всех точках прессующего элемента. Поскольку при прессовании гидропластмассовой колодкой напряжения не концентрируются над выпуклой частью диафрагмы, жидкость, находящаяся в головке, легко перетекает в места, менее напряженные, то силы трения здесь способствуют перетеканию смеси, и равномерность уплотнения повышается. Эластичные гидропластмассовые головки обладают большей стойкостью по сравнению с диафрагменными.

### 2.3.3. Прессование многоплунжерной головкой

Многоплунжерная головка (рис. 1.7) – наиболее распространенный тип прессовой головки в современных прессовых и прессовостраховочных формовочных машинах.

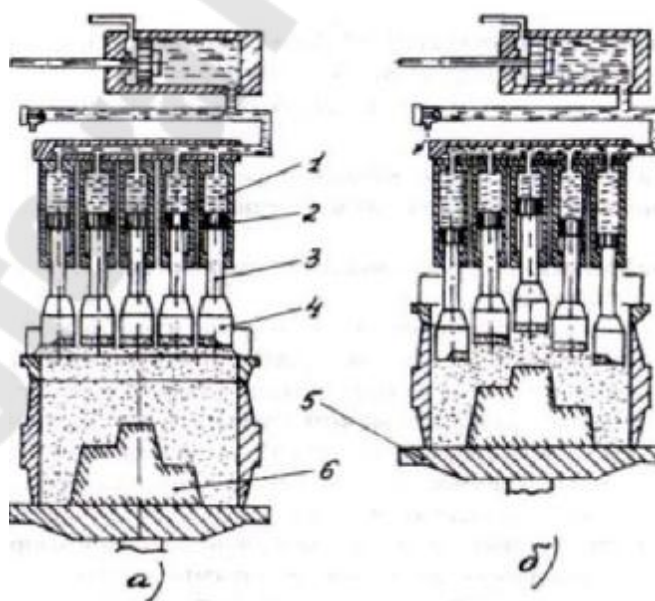


Рис. 1.7. Схема прессования многоплунжерной головкой

Она состоит из корпуса 1, в котором размещены рабочие плунжеры (30-100), представляющие собой поршень 2 со штоком 3, на конце которого закреплен башмак 4.

Рабочие полости всех плунжеров соединены воедино и питаются от одного гидропривода, по которому подается масло под давлением. Прессование осуществляется двумя вариантами. В первом случае стол 5 с оснасткой 6 неподвижен, насос непрерывно подает масло под давлением в рабочие полости каждого плунжера. В зависимости от степени сопротивления смеси на отдельных участках полуформы плунжеры опускаются на разную глубину до тех пор, пока давление прессования каждого башмака не уравнивается силой сопротивления смеси. В этом случае плотность смеси под каждым башмаком будет приблизительно одинакова. Многоплунжерная головка при таком способе называется *активной*.

В *пассивной* многоплунжерной головке стол с оснасткой перемещается снизу вверх навстречу плунжерам. В этом случае масло в головке запирается и может только перетекать из одной рабочей полости в другую. Масло в данном случае может быть без давления. Формовочная машина в случае применения пассивной головки может иметь отдельный прессовый механизм, при действии которого головка служит пассивным упором. Башмаки головки здесь также поднимаются на разную высоту в зависимости от силы сопротивления смеси под данным плунжером. Объем масла в замкнутой полости головки остается постоянным.

Плунжеры активной головки иногда объединяют в несколько групп (чаще всего две), в каждую из которых подают масло разного давления и в разное время. Например, вначале прессуют с меньшим давлением смесь в надмодельной области, а затем по периферии полуформы – с большим давлением. Такое поочередное прессование обеспечивает лучшие условия перетекания смеси и повышает равномерность уплотнения.

На рис. 1.8. представлена конструкция плунжера активной головки, который состоит из башмака 1, штока 2, направляющей втулки 3, расположенной в корпусе 4, пружины 5, направляющего пальца 6 квадратного сечения, расположенного в крышке 7. Пружина 5 служит для возврата плунжера после прессования в начальное положение.

Размер башмака известных плунжерных головок 100.100 мм и более, а зазор между моделями или между моделью и стенкой опоки

50 – 80 мм. Поэтому эффективность уплотнения такой многоплунжерной головки невысокая.

В последние годы некоторые зарубежные фирмы стали применять прессовые многоплунжерные головки, у которых нет башмаков, а прессование осуществляется плунжером-штоком. Конструкция головки такова, что оси плунжеров-штоков сдвинуты максимально близко друг к другу. Это позволяет эффективнее осуществлять прессование, обеспечивается более высокая равномерность распределения плотности по всему объему формы.

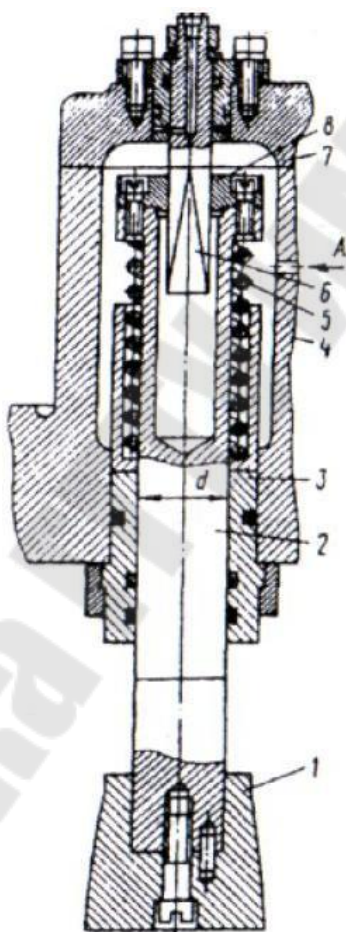


Рис.1.8. Конструкция узла плунжера активной прессовой головки

#### 2.3.4. Прессование решетчатым элементом

На рис. 1.9. представлена схема процесса прессования решетчатой прессовой плитой. Плита-решетка состоит из достаточно прочных стальных пластин, связанных в единую рамку. При прессовании смесь из наиболее уплотненной области перетекает в зазоры между

пластинами. Решетка тем самым более свободно перемещается в менее уплотненную область, и плотность смеси по всему объему формы выравнивается. Конечная величина плотности и равномерность её распределения определяются толщиной ребер, зазорами между ребрами, давлением прессования и свойствами смеси. Конструкция решетки может быть самой различной: плоская плита с перфорированными отверстиями, плита с вертикальными стержнями, напоминающая многоплунжерную головку без башмаков и т.д. Решетчатый прессовый элемент можно применять как при верхнем, так и при нижнем прессовании.

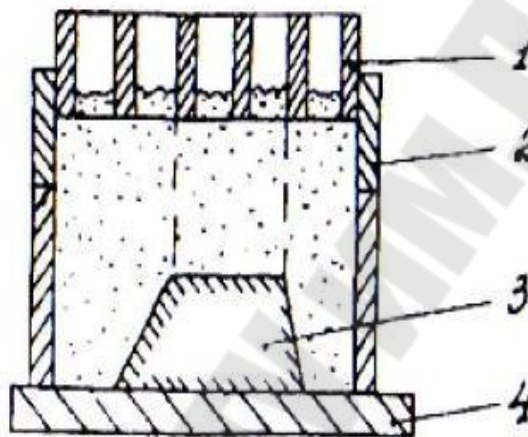


Рис.1.9. Схема прессования решетчатой прессовой плитой: 1 – решетчатый элемент; 2 – наполнительная рамка; 3 – модель; 4 – модельная плита

При прессовании решеткой смесь непосредственно под решетками имеет наибольшую плотность. Снижение плотности и рассеивание напряжений происходит так же, как и под плунжерами многоплунжерной головки в виде усеченных конусов, которые перекрываются конусами (пирамидами) от действия соседних ребер. Таким образом, на некоторой глубине от решетки напряжение и твердость в пределах одного слоя практически выравниваются.

Толщина ребра решетки существенно не влияет на ход процесса. Однако с увеличением толщины ребра неравномерность плотности в слое увеличивается под ребрами и между ребрами. В конечном итоге толщина ребра определяется его прочностью и жесткостью. Шаг решетки выбирается в зависимости от требуемой твердости лада и толщины ребер. С увеличением толщины ребер шаг следует увеличивать.



Решетку во время работы периодически очищают вибрацией от оставшейся смеси. Метод уплотнения решеткой нашел применение только для мелких по размерам опок (до 0,7 м<sup>2</sup>).

### **Постановка работы**

Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Изучаются принципы работы оборудования и оснастки, применяемой для уплотнения литейной формы.

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют основные этапы работы оборудования, рассчитывают основные параметры уплотнения литейной формы.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить методы уплотнения литейной формы.
2. Изучить классификацией методов прессования, применяемых для уплотнения литейной формы.
3. Изучить принципы работы оборудования и оснастки; исследовать параметры уплотнения литейной формы.
4. Определить метод уплотнения формовочной смеси, применяемой на АФЛ, установленной в цеху. Дать полное описание метода, указать основные параметры процесса уплотнения, произвести расчет этих параметров.

### **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; краткие теоретические сведения; результат расчета основных параметров уплотнения смеси, необходимые графические схемы и эскизы основных рабочих узлов и выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Дать определение операции формовка?
2. Укажите основные операции, выполняемые формовочными (стержневыми) машинами?
3. Какие операции выполняют формовочные автоматы?

4. Приведите классификацию методов уплотнения формовочной смеси. Укажите основные характеристики данных процессов?
5. Приведите классификацию формовочных машин и стержневых машин по методу уплотнения смеси?
6. Приведите классификацию методов прессования?
7. По заданию преподавателя дать полное описание одного из процессов прессования с изображением необходимых эскизов основных рабочих узлов оборудования?
8. Уплотнение литейной формы способом СЕЙАТСУ: приведите полное описание процесса и укажите основных характеристики процесса?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИНИИ

*Цель работы:* Изучить процесс изготовления литейных форм на основных типах автоматических формовочных линий.

*Задачи лабораторной работы:* Изучить принципы работы оборудования и оснастки; исследовать основные параметры работы формовочных линий.

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Формовочная линия как классический конвейер позволяет разделить выполнение операций с литейной формой по месту, что создает предпосылки для автоматизации производственного процесса. Современные формовочные линии работают практически в автоматическом режиме. Количество операций, выполняемых вручную, сведено к минимуму. Управление работой линии ведется с диспетчерского поста.

Термин «формовочная линия» не совсем корректен, поскольку на формовочной линии выполняются операции сборки, простановки стержней, заливки и выбивки. Но этот термин используется литейщиками, поэтому авторы склонны применять именно его. Вне зависимости от конструкции на любой формовочной линии выполняется ряд операций на соответствующем оборудовании. Комплектация конкретных формовочных линий производится под производственную программу литейного цеха.

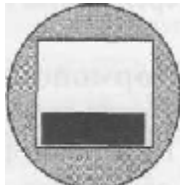
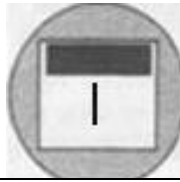
#### **2.1 Линии опочной формовки**


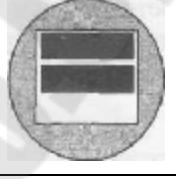

*Изготовление полуформ на формовочной машине.* В настоящее время используются два типа проходных формовочных машин для автоматических линий:

- однопозиционная. На однопозиционной формовочной машине изготавливается только одна полуформа – либо верхняя, либо нижняя. Следовательно, для комплектации формы на формовочной линии необходимо иметь две однопозиционные машины;
- двухпозиционная. На двухпозиционной формовочной машине благодаря челночной смене оснастки последовательно изготавливают верхнюю и нижнюю полуформы. Таким образом, достаточно одной формовочной машины.

Современные формовочные машины изготавливают полуформы контрладом вверх. Следовательно, для того, чтобы провести осмотр полуформы, ее необходимо кантовать. Кантователи, выпускаемые большинством производителей, представляют собой поворотный (в вертикальной плоскости) круг. Полуформа удерживается в кантователе рамкой, на которой по ладу и контрладу установлены ролики. Расстояние между роликами регулируется в зависимости от высоты опоки. Для кантовки полуформа въезжает по роликам лада в кантователь, а после кантовки выезжает из кантователя по роликам контрлада. На линиях опочной формовки стержни обычно проставляются вручную. Использование роботизированных комплексов в настоящее время вряд ли целесообразно из-за неточности позиционирования нижней полуформы. Сборка на формовочных линиях с одной двухпозиционной формовочной машиной производится последовательным выполнением следующих операций, выполняемых на универсальном спаривателе (табл. 2.1, рис. 2.1).

Таблица 2.1

	Операция	Схема
1	Нагрев термоусадочной пленки. Опускание термоусадочной пленки на модель. Модели, используемые в ВПФ, изготавливаются из любых материалов и имеют внутреннюю герметизированную полость с выводимыми на поверхность вентами	
2	Кантовка верхней полуформы контрладом вверх. Верхняя полуформа оказывается вверху спаривателя	

3	Подвод нижней полуформы на передвижной тележке в спариватель под верхнюю полуформу	
4	Нижняя полуформа подъемным устройством (встроенным в спариватель либо отдельным) поджимается к верхней	
5	Опускание собранной формы на уровень формовочной линии и снятие ее со спаривателя	

Все вышеперечисленные операции могут выполняться и отдельными устройствами:

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

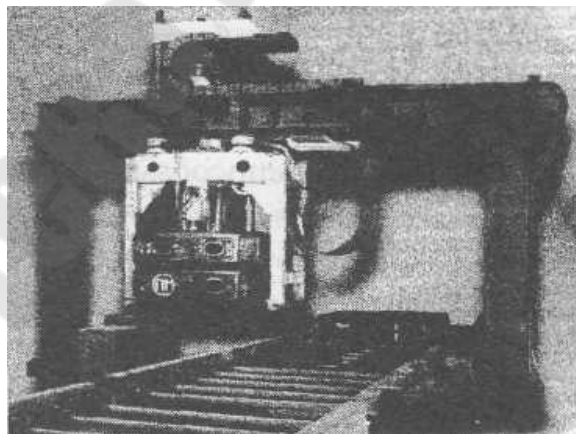


Рис.2.1 Универсальный спариватель

На формовочных линиях с двумя однопозиционными формовочными машинами возможна установка конвейера верхних полуформ на более высокий уровень, что позволяет отказаться от опе-

рации подъема верхней полуформы.

Для предотвращения подъема верхней полуформы гидростатическим давлением залитого металла собранную форму нагружают. Наибольшее распространение на современных линиях получили грузоукладчики возвратно-поступательного действия, аналогичные мостовым укладчикам, однако существуют и другие конструктивные схемы. Например, используемые в настоящее время линии опочной формовки чаще нагружают формы с помощью подвесного конвейера.

*Форма поступает на позицию заливки.* Для заливки форм на линиях применяются различные устройства как ручные, так и автоматические.

Залитая форма поступает на охлаждающую ветвь формовочной линии. Минимальная длина ветви определяется максимальным временем охлаждения выпускаемых отливок  $t$  с шагом форм и производительностью формовочной машины  $q$  по формуле  $L = q - t - x$ .

Для большей компактности охлаждающая ветвь формовочной линии обычно разбивается на участки по горизонтали или по вертикали (эстакада). Формы между участками охлаждающей ветви транспортируются соответственно толкателями или подъемниками.

Охлажденные опочные формы выбиваются либо прессом непосредственно на линии (если есть технологическая возможность), либо на выбивной решетке. Формы транспортируются на выбивную решетку и обратно на формовочную линию мостовым укладчиком, он же осуществляет распаровку. Для транспортировки полуформ в современных формовочных линиях используют приводные рольганги.

На простейшей *линии опочной формовки* (рис. 2.2) проходной формовочный автомат изготавливает по очереди верхнюю и нижнюю полуформы. Затем кантователем их переворачивают ладом вверх. После контроля полости формы и установки стержней в нижнюю полуформу верхнюю полуформу опять переворачивают кантователем. При въезде под мостовой укладчик верхняя полуформа поднимается до въезда под нее нижней. Опусканием верхней полуформы форма спаривается. Толкателем собранная форма устанавливается на заливочно-охлаждающую ветвь конвейера. После охлаждения отливки форма сталкивается под мостовой укладчик для выбивки на решетке и распаровки.

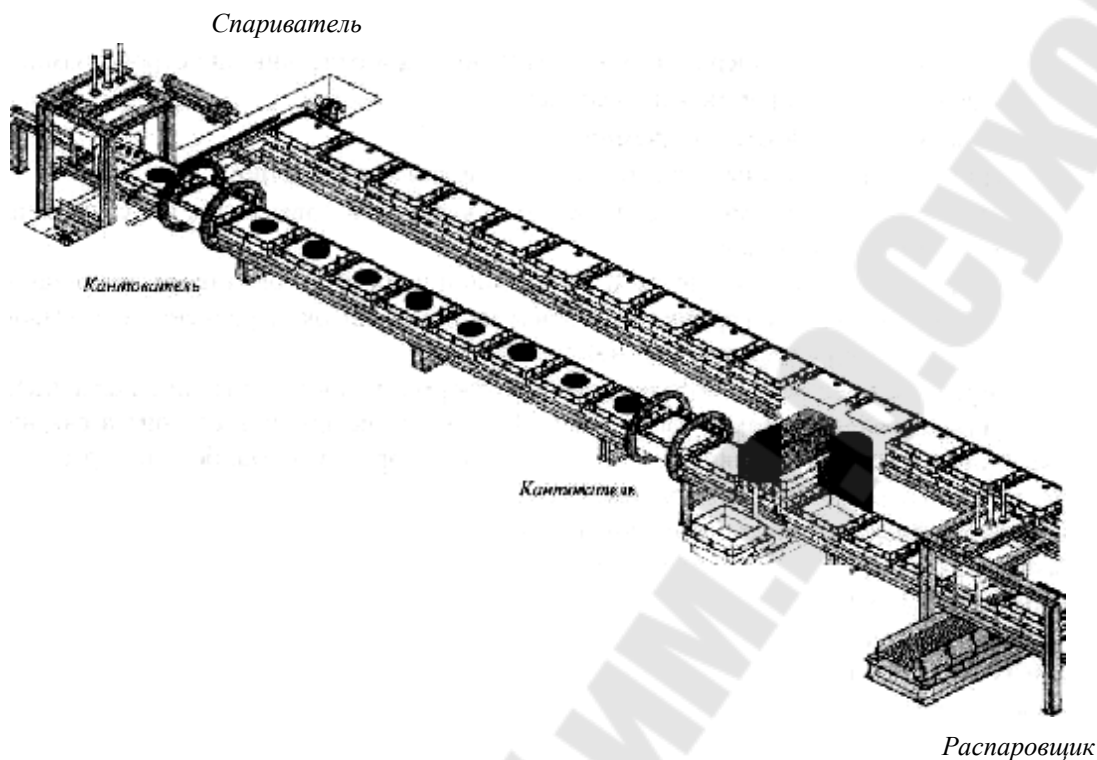


Рис.2.2 Линия опочной формовки

## 2.2 Линии стержневой формовки

Стержневая формовка (рис. 2.3) – исключительно перспективный технологический процесс, позволяющий отказаться от формовочного передела. Таким образом, процесс изготовления форм приобретает прямопоточную структуру. Но поскольку стоимость стержневых смесей пока значительно превышает стоимость формовочных, использование стержневой формовки целесообразно лишь для отливок сложной конфигурации, изготовить которые другими способами невозможно.

Для сборки форм в линии стержневой формовки используются коробки, передвигающиеся по конвейеру. Стержневые машины установлены вдоль линии. Изготавливаемые на них стержни последовательно устанавливаются в коробки. Формы выбиваются переворотом коробки в кантователе.

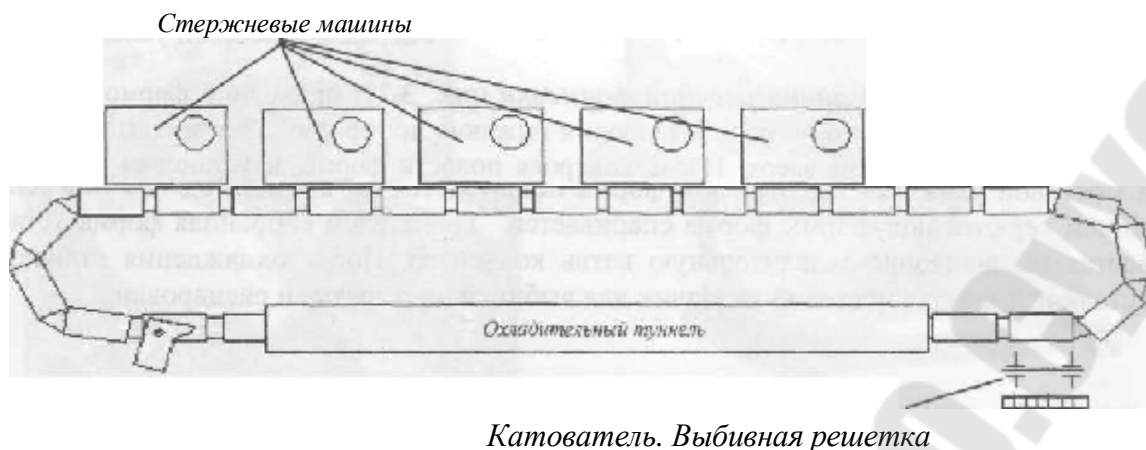


Рис. 2.3 Линия стержневой формовки

### 2.3 Линия безопочной горизонтально-стопочной формовки

Формы изготавливаются автоматическими формовочными установками. Для продвижения стопки форм используется шагающий конвейер, после позиции заливки – ленточный конвейер. С ленточного конвейера формы попадают на транспортирующую выбивную решетку. Затем выбитые отливки для очистки и отделения литниковой системы проходят через галтовочный барабан.

Простановка в формы стержней не может быть произведена вручную из-за высокой скорости работы линии и ее технологических особенностей (нет возможности организовать простановку стержней на нескольких позициях). Поэтому используются автоматические стержнеукладчики. Их применение возможно благодаря высокой точности позиционирования безопочной формы. Автоматическая простановка стержней предусматривает использование стержневой кассеты, т.е. шаблона, в который установлены стержни. Расположение стержней в кассете полностью соответствует их расположению в полости формы. Принцип действия автоматического стержнеукладчика совместно с «ди-заматиком» приведен в таблице. 2.2.

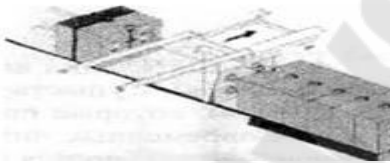

Таблица 2.2

Операции, выполняемые стержнеукладчиком

№ п/п	Операция	Схема
1	2	3



Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
1	Подбор кассеты стержнеукладчиком. Современные стержнеукладчики используют вакуумирование для удержания стержней в кассете при манипуляциях	
2	Простановка стержней в полуформу. Вакуум в стержневой кассете отключается	
3	Стержнеукладчик отводится в первоначальное положение	

#### 2.4 Линия безопочной формовки с горизонтальной плоскостью разъема

Безопочные формы на линии безопочной формовки с горизонтальной плоскостью разъема (рис. 2.4) изготавливаются на формовочном автомате. Технология изготовления формы не предусматривает возможность установки в форму стержней. Готовые формы помещаются на карусель, накрываются жакетом и нагружаются. На карусели формы заливаются, после охлаждения формы сталкиваются на выбивную решетку. При большой длительности охлаждения отливки используют многоярусные карусели.

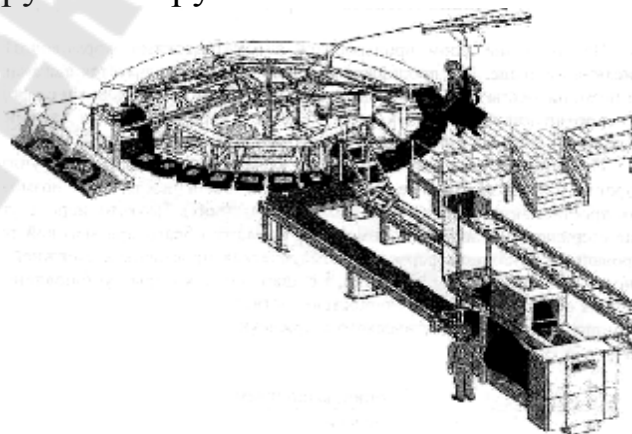


Рис.2.4 Линия безопочной формовки с горизонтальной плоскостью разъема

## 2.5. Линия вакуумно-пленочной формовки

Автоматизация вакуумно-пленочной формовки в настоящее время экономически не эффективна. Существуют механизированные линии вакуумно-пленочной формовки (рис. 2.5), которые позволяют интенсифицировать использование оборудования и оснастки. Современные линии вакуумно-пленочной формовки состоят из двух каруселей отдельно для верхней и нижней полуформ и замкнутого тележечного конвейера. На каждой позиции карусели последовательно выполняются операции 1 – 5 технологического процесса изготовления форм. Охладительная ветвь конвейера очень короткая за счет малой толщины стенок отливок, изготавливаемых ВПФ, поэтому площадь линии невелика. Формы выбиваются на стационарной решетке. Перестановка полуформ с карусели на тележечный конвейер и пустых опок обратно, а также сборка форм производится мостовым укладчиком.

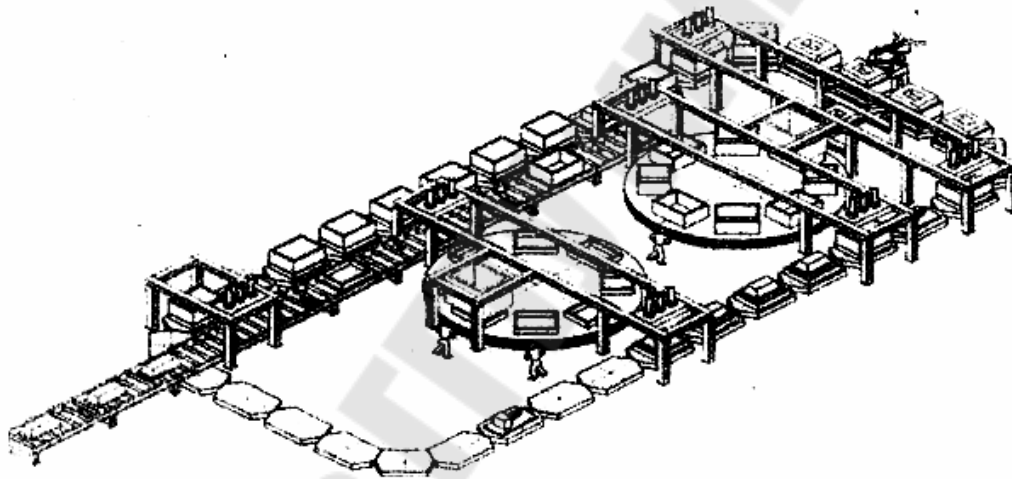


Рис. 2.5 Механизированная линия вакуумно-пленочной формовки

### Постановка работы

Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Изучаются принципы работы формовочных линий.

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют основные этапы работы оборудования и производят расчет производительности автоматической линии.

## **Порядок выполнения работы**

1. Изучить установленные на предприятии автоматические линии.
2. Выявить существенно важные различия в структуре и комплектации линий, установленных в литейном цеху.
3. По указанию преподавателя дать полную характеристику АФЛ.
4. Рассчитать производительность линии, произвести оценку гибкости работы и эффективности эксплуатации линии.

## **Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; краткие теоретические сведения; результат расчета производительности линии и выводы по эффективности ее работы, необходимые графические схемы и эскизы основных рабочих узлов и выводы по работе.

## **Контрольные вопросы**

1. Перечислите виды автоматических формовочных линий?
2. Перечислите основные рабочие узлы АФЛ?
3. Принцип формообразования, используемый на линиях опочной формовки?
4. Основные характеристики работы линии стержневой формовки?
5. Основные характеристики работы линии безопочной горизонтально-стопочной формовки?
6. Основные характеристики работы линии безопочной формовки с горизонтальной плоскостью разъема?
7. Основные характеристики работы линии безопочной вакуумно-пленочной формовки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

*Цель работы:* Изучить состав и основные технологические операции автоматических линий.

*Задачи лабораторной работы:* Изучить принципы работы оборудования; исследовать основные параметры работы формовочных линий.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Обычно механизированные формовочные (стержневые) машины выполняют две основные операции: уплотнение (упрочнение) смеси и извлечение модели из форм или стержня из стержневого ящика. Остальные же операции выполняются либо вручную, либо с применением околос машинной механизации. На формовочных автоматах как входящих в состав автоматической линии, так и не входящих (что значительно реже) производится целый ряд других механизированных технологических операций: замена модельной оснастки; обдув и опрыскивание модельного комплекта; установка опоки; установка наполнительной рамки; подача смеси в дозатор; дозирование порции смеси; выдача дозы; предварительное уплотнение смеси; окончательное уплотнение; срезка излишков смеси; образование заливной воронки; накол каналов для выхода газов; извлечение моделей; удаление полуформы. Указанные операции в различных формовочных автоматах могут выполняться по-разному. Например, наполнительная рамка может подаваться накатом или поворотом; дозаторы могут быть шиберные, коробчатые или секторные, причем, например, коробчатые также могут быть различными по конструкции. Так, наибольшее применение нашли коробчатые дозаторы с жалюзийным затвором и с разрыхлителем (аэратором) смеси.

Уплотнение смеси в последние годы на АФЛ, как правило, про-

изводится комбинированными способами: пескодувно-прессовым; встряхивающе-прессовым; импульсным и импульсно-прессовым; уплотнение воздушным потоком с допрессовкой; вибро-прессовым и др.

Срезка верхних слоев уплотненной формы (излишка) также может выполняться срезом или фрезерованием. Съем модели может быть как штифтовой (при простых моделях), так и рамочный. Вместе с тем при более сложных моделях в крупных формах применяют поворот или перекидку полуформы на  $180^\circ$  с последующей вытяжкой модели под собственным весом или с дополнительным поддувом воздуха в карманы оснастки с целью облегчения протяжки болванов.

### **Классификация формовочных автоматов по числу позиций**

Формовочные автоматы по числу позиций можно подразделить на однопозиционные и многопозиционные. Наибольшее распространение получили однопозиционные (проходные), реже встречаются двухпозиционные и трехпозиционные (челночные) с двумя комплектами оснастки. В последнее время появились двухпозиционные автоматы с двумя комплектами оснастки, стол которых периодически поворачивается на  $180^\circ$  вокруг вертикальной оси. В однопозиционных автоматах отсутствует сложный привод карусели или тележки и механизм торможения, что увеличивает их надежность. Более перспективными считаются трехпозиционные челночные автоматы, так как они производительней однопозиционных. На них может формоваться одновременно верхняя и нижняя полуформы. Многопозиционные карусельные автоматы не нашли широкого применения, так как занимают бóльшую площадь, чем однопозиционные, имеют сложный привод карусели и менее надежны.

Достаточно известны многопозиционные формовочные автоматы с плавающей оснасткой. Такие автоматы применяются обычно в мелкосерийном и единичном производстве. Модельные плиты в таких автоматах установлены на специальных спутниках-подставках, не скрепленных с основным транспортирующим органом. Модельная плита на спутниках проходит все технологические операции. Затем готовая полуформа снимается с модельной плиты и идет на сборку, а модельная плита возвращается по параллельному конвейеру на рабочие позиции.

Большое распространение в практике литейного производства занимает безопочная формовка. АФЛ безопочной формовки занимают

меньшую площадь, более дешевые (нет дорогостоящих опок). АФЛ безопочной формовки бывают с горизонтальным разъемом и вертикальным. АФЛ безопочной формовки с горизонтальным разъемом бывают как проходного типа, так и многопозиционные карусельные. Наибольшее распространение получили безопочные автоматы с вертикальным разъемом, так как они более высокопроизводительны, малогабаритны и надежны.

Автоматы и АФЛ безопочной формовки применяются для изготовления относительно небольших опок, что связано с относительно низкой прочностью смеси ( $<0,2$  МПа). Максимальные размеры опок ныне действующих безопочных АФЛ –  $950 \times 700 \times (200-560)$  мм.

Таким образом, проведенный анализ механизированных операций формовочного автомата показал их чрезвычайно большое разнообразие, поэтому формовочные автоматы классифицируют только по основным признакам, а именно: по типу автомата (проходной, челночный или карусельный); по числу позиций (одно-, двух- или многопозиционный); по способу уплотнения (встряхивающий, прессовый, импульсный, комбинированный и т.д.).

Для более подробной характеристики формовочного автомата могут указываться способ дозировки (например, объемный дозатор коробчатого типа с жалюзийным затвором и с разрыхлителем или аэратором смеси); способ протяжки модели (штифтовой с рамкой съем опоки; поворот модельной плиты на  $180^\circ$  на отдельной позиции в кантователе барабанного типа) и другие наиболее характерные операции для данной конструкции формовочного автомата.

### **Постановка работы**

Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Изучаются устройства и работа узлов формовочных линий.

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают технологическую схему организации производства отливок на АФЛ.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить установленные на предприятии автоматические линии.

2. Используя секундомер, произвести хронометраж технологических операций, выполняемых в автоматическом режиме для основных рабочих узлов формовочной линии. Полученные данные занести в таблицу 3.1
3. Рассчитать производительность линии, произвести оценку гибкости работы и эффективности эксплуатации линии.

Таблица 3.1

Данные о техническом процессе

№ п.п.	Наименование операции	Длительность, с	Длительность простоя по организационным причинам, с	Длительность простоя по техническим причинам, с	Примечание

**Содержание отчета**

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; краткие теоретические сведения; результаты проведения хронометража технологических операций, расчета производительность линии и выводы по эффективности ее работы, необходимые графические схемы и эскизы основных рабочих узлов и выводы по работе.

**Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются формовочные автоматы по числу позиций?
2. Перечислите основные технологические операции, выполняемые на формовочных автоматах, входящих в состав АФЛ?
3. Какие способы уплотнения формовочной смеси применяют на АФЛ?
4. Дать характеристику работе многопозиционным формовочным автоматам с плавающей оснасткой?
5. Как классифицируются АФЛ безопочной формовки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### АВТОМАТИЧЕСКИЕ ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИНИИ DISAMATIC

*Цель работы:* Изучить состав и основные технологические операции автоматических линий Disamatic.

*Задачи лабораторной работы:* Изучить принципы работы оборудования; исследовать основные параметры работы формовочных линий Disamatic.

### ТЕОРИТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 1. Изготовление безопочных форм на линии Disamatic

Автоматические литейные линии ДИСАМАТИК могут изготавливать отливки с минимальными допусками, которых нельзя достичь при других методах производства отливок в сырых песчаных формах. Это подтверждается двумя факторами. Простота принципа ДИСАМАТИК исключает возможные смещения полуформ при их перемещении. Формы все время остаются в одной плоскости, что обеспечивает сохранение каждой полости в нетронутом состоянии вплоть до момента выемки отливки из формы. ДИСАМАТИК является полностью автоматизированной формовочной машиной для изготовления безопочных форм с производительностью 360 и более сырых песчаных форм в час. Фирма ДИСА изготавливает вспомогательное машинное оборудование, в частности, системы конвейеров для форм, охлаждающие барабаны, стержневые формовочные машины и стержнеукладчики для установки стержней в песчаные формы.

#### 2. Типы формовочных линий ДИСАМАТИК

ДИСАМАТИК типа 2011 явился первым образцом ДИСАМАТИК, который был установлен в датском литейном цехе в феврале 1964 года. Размер форм – 400×500 мм. Представлял собой механически, гидравлически-пневматически управляемый блок. Длина участка заливки составила 6 м, а за ним следовал свободно движущийся охлаждающий ленточный конвейер из резины.

ДИСАМАТИК типа 2013 является самым распространенным типом на сегодня работающих формовочных автоматов. Четвертое поколение этого автомата изготавливалось под названием 2013 Mk 4. Размеры форм для всех типов 2013 – 480×600 мм, толщина форм – от



120 до 330 мм. ДИСАМАТИК типа 2013 Mk 4 имеет улучшенную форму, продленный участок охлаждения отливок, упрощенное обслуживание, уход и регулировки. Автоматический ленточный конвейер (АМС) удлинения участков заливки и охлаждения до транспортирования форм к охлаждающему конвейеру – АМС 2042 Mk 4 управляется приводом от отдельной гидравлической силовой станции.

Главные улучшения ДИСАМАТИК 2013 Mk 4 следующие: новые системы пневматической очистки, вентиляции формовочных камер, очистной жидкости; новый стопор плиты противодействия; новое защитное ограждение; новые опора плиты противодействия и направляющие модельных плит; новая щель для ввода песка. ДИСАМАТИК 2013 типа Mk 4 удовлетворяет более строгим современным нормам безопасности при более высокой производительности.

ДИСАМАТИК типа 2032 появился в 1972 году, он привлек большое внимание из-за системы РМС, позволяющей транспортирование форм без разрушения их и без промежутков между формами. РМС – прецизионный конвейер для форм. Размер форм – 600x775 мм, толщина формы от 150 до 400 мм.

ДИСАМАТИК типа 2070 впервые изготовлен в 1977 году. Размер форм – 700x950 мм, толщина формы может быть изменена в пределах 200 – 560 мм. Прост в работе и уходе, имеет электронное устройство для отыскания неисправностей и высокую степень безопасности. Обладает саморегулируемыми эксплуатационными параметрами. Максимальная производительность 275 форм/ч. Такая производительность достигается при изготовлении форм без литейных стержней при толщине формы 200 мм и длине ряда форм до 30 м.

В комплексе 2070 предусмотрен автоматический стержнюккладчик 2073, который применяется при производстве сложных отливок с использованием литейных стержней. Максимальная производительность – 250 форм/ч. Максимально допустимая высота стержней – 490 мм. Часть стержня, выходящая за пределы формы, может достигать 250 мм независимо от толщины формы.

Поставленные в ряд формы продвигаются вперед с помощью машины и конвейера на расстояние, точно равное шагу формы. Заливка может быть произведена на расстоянии около 4 м от машины полуавтоматической или полностью автоматической системами заливки. Такие системы находят все большее применение в современных литейных цехах и, следовательно, увеличивают преимущест-

ва ДИСАМАТИК.

Система контролируется с помощью центрального блока управления. К прецизионному конвейеру для форм можно присоединить специальный блок – машину для извлечения отливок. Это особенно выгодно при изготовлении тяжелых отливок с использованием литейных стержней. Блок предотвращает возвращение выбиваемой стержневой смеси в систему регенерации отработанной смеси.

Охлаждающий барабан DISACOOЛ заменяет традиционные системы выбивки и решает связанные с ними проблемы в области экономики и охраны окружающей среды. Изготавливается в трех размерах, соответствующих ДИСАМАТИК 2013, 2032 и 2070. Фирма ДИСА также поставляет автоматический блок для заливки DISA-INDUCAL.

### 3. Состав комплекса оборудования ДИСАМАТИС

Формовочная машина ДИСАМАТИК предназначена для изготовления форм с высоким уровнем плотности и равномерной твердостью (рис. 4.1). Машина состоит из прецизионного конвейера форм, представляющего собой независимый от формовочной машины модуль, предназначенный для перемещения форм; синхронизированного ленточного конвейера для перемещения цепочки форм в зону охлаждения. Длина зависит от времени, необходимого для охлаждения отливок в формах.

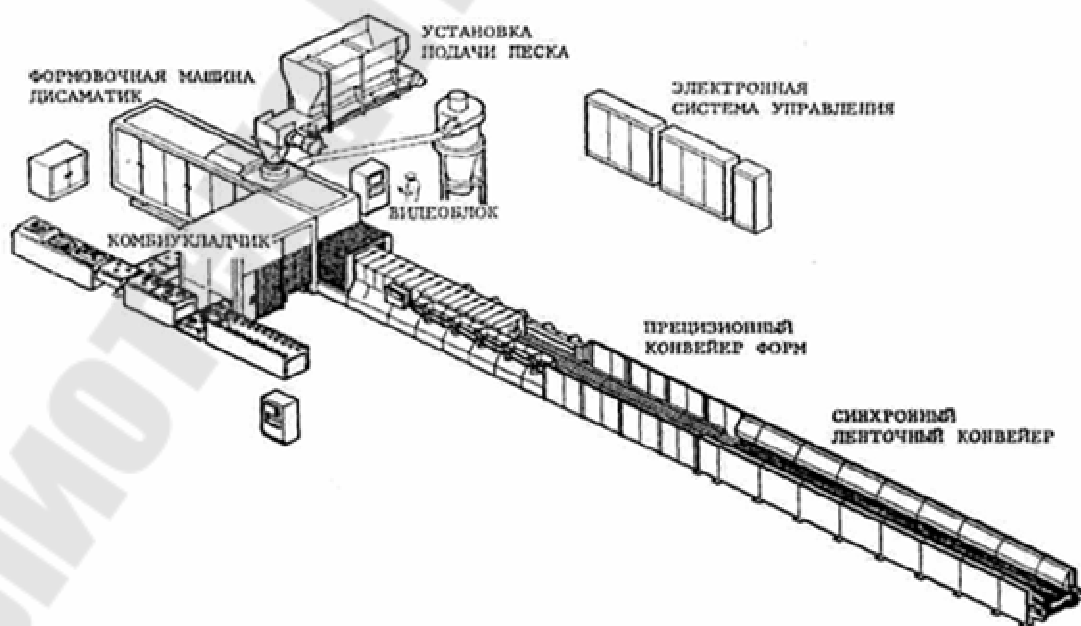


Рис. 4.1 Формовочная машина ДИСАМАТИК

В формовочной машине имеются комбиукладчик – робот, предназначенный для автоматической укладки стержней, а также для автоматической замены модельных плит и стержневых масок и установка автоматической подачи формовочной смеси в формовочную машину.

Автоматизированная система управления машины включает микрокомпьютер, который обеспечивает автоматизированное управление формовочной машиной, диагностику, соблюдение технологического режима, регулирование времени охлаждения отливок в формах, управление процессами подготовки и подачи формовочной смеси, плавки и заливки металла в формы, а также сбор и обработку необходимой информации.

#### 4. Принцип работы комплексной системы DISAMATIC

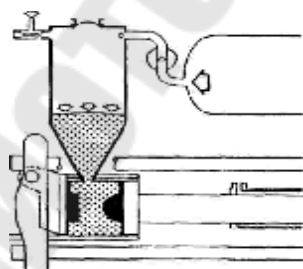
Формовочный блок ДИСАМАТИК – это пескодувная формовочная машина, изготавливающая прессованные, вертикально-разъемные безопочные формы из сырой песчано-глинистой смеси.

Существенными компонентами для производства форм являются формовочная камера с закрепленными: дном, потолком и боковыми стенками; подвижные модельные плиты; бункер для формовочной смеси; механизм смесеметания; гидравлическая система прессования и транспортировки форм.

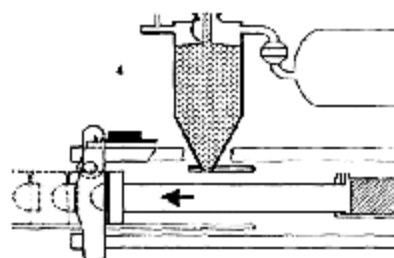
Рабочий цикл формовочной машины разделен на 6 операций. Контрольные лампы, расположенные на панели управления оператора, показывают операцию, выполняемую машиной в данный момент. Это дает оператору возможность следить за рабочим циклом и облегчает техобслуживание.

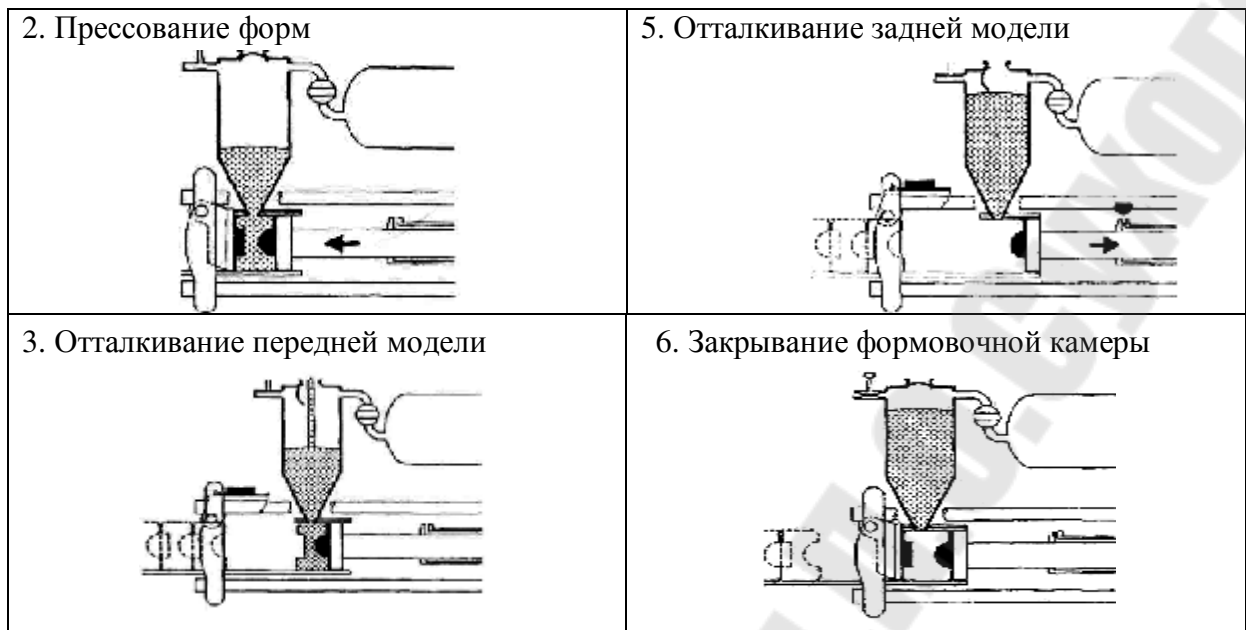
Этими операциями являются:

1. Наполнение формовочной камеры формовочной смесью



4. Подход формы и перемещение ряда форм





ДИСАМАТИК, формовочный блок и часть прецизионного конвейера закрываются вытяжным зонтом.



Рис.4.2 Комплексная система DISAMATIK

### Постановка работы

В процессе проведения лабораторной работы изучаются устройства и работа узлов формовочной линии DISAMATIK, студенты изучают технологическую схему организации производства отливок на АФЛ.

## **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомится с устройствами и работой узлов и механизмов формовочной линии. Изучить технологическую схему организации производства отливок на линии DISAMATIC.
2. Рассчитать теоритически возможные параметры производительности работы АФЛ.
3. Дать оценку эффективности использования формовочного оборудования, рассмотрев возможность повышения производительности.
4. Выполнить эскизы механизмов линии.

## **Контрольные вопросы**

1. Какой состав линий безопочной формовки DISAMATIC?
2. Какие типы формовочных линий DISAMATIC?
3. Какой состав литейного комплекса DISAMATIC?
4. Какой принцип работы комплексной системы DISAMATIC?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### ФОРМОВОЧНЫЕ ЛИНИИ HWS

*Цель работы:* Изучить типы, состав и основные технологические операции автоматических линий HWS.

*Задачи лабораторной работы:* Изучить принципы работы оборудования; исследовать основные параметры работы формовочных линий HWS.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 1.Формовочная линия HWS стандартного исполнения

Все рабочие операции при изготовлении форм осуществляются на линии последовательно (рис. 5.1): выдавливание и выбивка форм, распаривание и очистка опок, изготовление новых форм, простановка стержней и спаривание, все шаги со съема заливаемых форм с тележечного конвейера до поставки новых, готовых к заливке форм на тележечный конвейер.

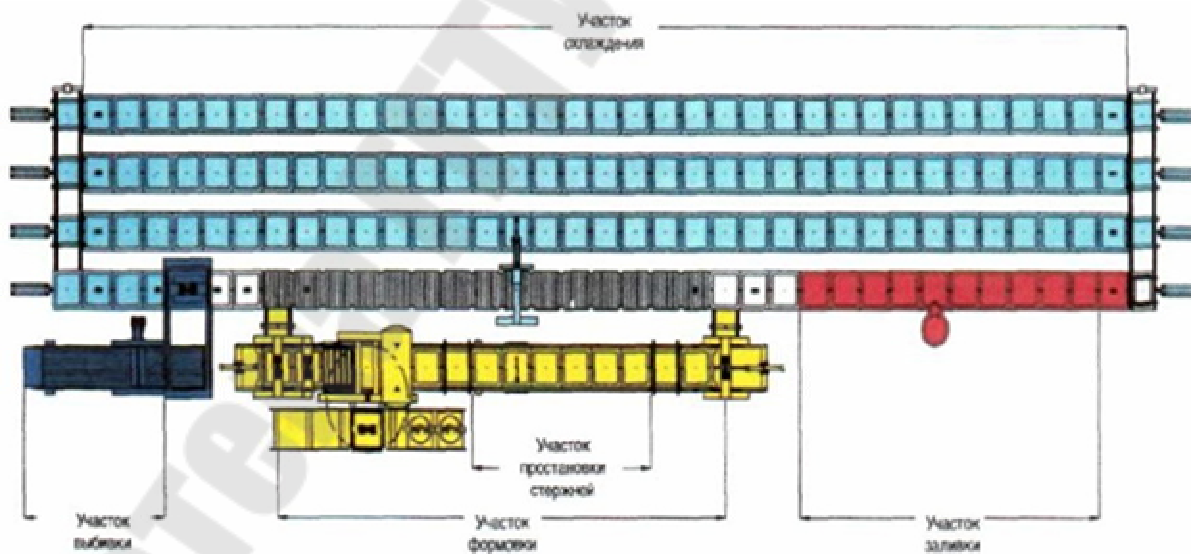


Рис.5.1 Формовочная автоматическая линия фирмы HWS

Для отвода выбитых отработавших смесей и просыпей на формовке нужен один ленточный конвейер. Поэтому нужен только один канал для уборочного конвейера под формовочной линией. Расходы на фундамент минимальные, так как все агрегаты линии расположены над полом в хорошо доступных местах. Стандартная

формовочная линия занимает незначительное место. Расширение линии определяется прежде всего участком охлаждения форм в зависимости от требуемого времени охлаждения отливки в форме до выбивки.

Компактная формовочная линия для средних и мелких цехов чугунного и цветного литья разработана фирмой HWS (рис. 5.2). Преимуществом компактной линии считаются не только более низкие капиталовложения, но и меньшие занимаемые рабочие площади и затраты энергии. К качеству формовочной смеси не предъявляются особенные требования.

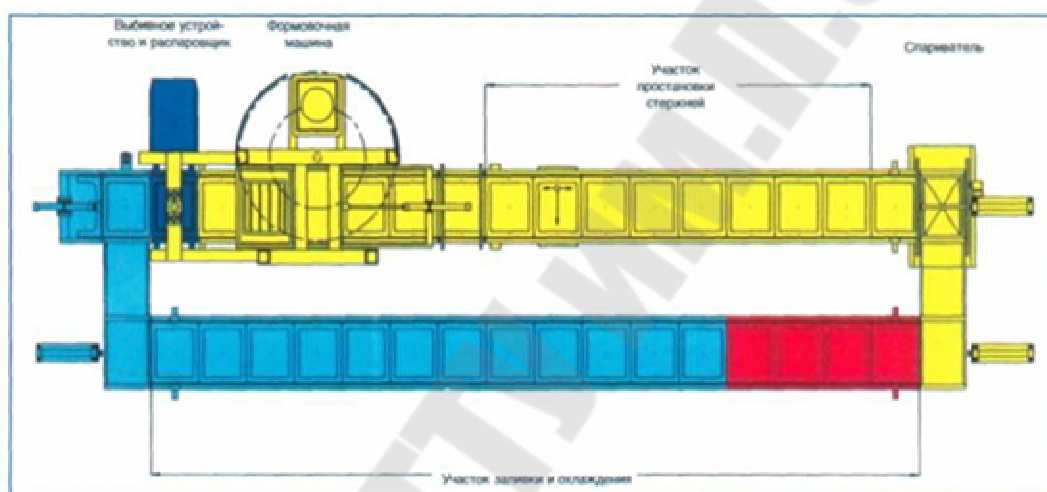


Рис.5.2 Формовочная линия фирмы HWS для мелких отливок

Процесс уплотнения формы «СЕЙАТСУ» осуществляется следующим образом. опока и наполнительная рамка устанавливаются на модельную оснастку. Затем наполняются приготовленной формовочной смесью. Уплотняющее устройство, состоящее из кожуха с гидравлическим прессом, сверху плотно перекрывает опоку.

Кратковременно открывается подача сжатого воздуха. Воздух протекает через формовочную смесь сверху до модельной плиты и уходит через венты в держатель подмодельной плиты. Поток воздуха давит на частицы песка с усилением вниз – в сторону модели. По этой причине наибольшее уплотнение достигается вблизи модели. Прочность формы уже после предварительного уплотнения потоком воздуха весьма высокая. Последующее уплотнение плоской прессовой плитой или с многоплунжерной головкой обеспечивает высокие результаты уплотнения формы, удовлетворяющие требованиям получения качественных форм. Уровень шума при уплотнении ниже 85

дБ.

Уплотненные формы кантуются и проходят участок простановки стержней. В верхней опоке высверливается литниковая воронка. На конце участка простановки стержней находится спариватель. Вокруг двойной барабанообразной рамы спаривателя имеется втулочно-роликовая цепь, на которой висит передвижная тележка. Под кантователем расположено устройство подъема нижней опоки. Верхняя опока эксцентрично транспортируется в кантователь, кантуется при повороте на  $180^\circ$  и поднимается. Одновременно втулочно-роликовая цепь тянет передвижную тележку по наклонному направляющему рельсу в барабан. Нижняя опока транспортируется на передвижную тележку, поднимается подъемным устройством под верхнюю опоку и затем спаренная форма опускается. Обратным поворотом барабана передвижная тележка с формой передается на участок заливки и охлаждения. Этот универсальный спариватель может быть заменен на традиционно применяемые устройства для спаривания полуформ.

Готовая к заливке форма транспортируется рольгангом на позицию заливки и заливается. После прохода участка охлаждения передвижная тележка транспортирует остывающую форму по наклонному рельсу на участок формовки, в начале которого находится выбивное устройство, выдавливающее ком смеси из опоки на выбивную решетку (или подобную установку). Затем специальным механизмом очищаются внутренние стенки опок, и опоки верха и низа распариваются. Цикл завершен.

В табл. 5.1 приведены модели и технические характеристики основных типов АФЛ фирмы HWS.

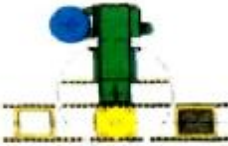
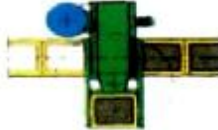
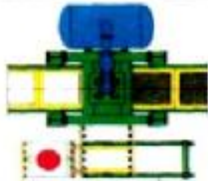

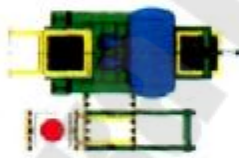



В литейных цехах, где на формовочных участках действующего производства применяются напольные пластинчатые конвейеры, фирма HWS рекомендует применять сопряженные формовочные блоки с напольными конвейерами (рис.5.3)

Автоматическая формовочная установка предназначена для сопряжения с имеющимся в литейном цехе напольным пластинчатым конвейером. Залитая и охлажденная форма снимается с конвейера специальным устройством, на котором она выбивается, распаривается и затем верхняя и нижняя полуформы подаются последовательно на формовочную линию для изготовления новой комплектной и готовой к заливке формы, которая снова ставится на пластинчатый конвейер.



Таблица 5.1

Типы формовочных машин HWS индивидуальные и в автоматических линиях

Тип машины	Схема конструкции	Размеры опок и производит. форм/час	Особенности
HSP		500x400 40 1000x800 15	ФМ со съемом на штифтах(или рольгангом), с 2-х позиционным поворотным столом для верхних и нижних полуформ, плоской прессовой плитой или мембраной.
HSP-D		500x400 70 1250x1000 20	ФМ проходного типа с 2-х позиционным поворотным столом для п/форм верха и низа с плоской прессовой плитой или мембраной.
DAFM-S		1000x800 50 2500x2000 10	ФМ с рольгангом для замены оснастки, для поочередного изготовления п/форм верха и низа с плоской прессовой плитой или мембраной.
DAFM-SD		500x400 100 1250x1000 50	ФМ с 2-х поз. поворотным столом, с прессовой плитой или мембраной, или дифференциальной многоплунжерной головкой.
EFA-S		1000x800 60 2500x2000 20	ФА с рольгангом и челночным механизмом для замены моделей, для поочередного изготовления п/форм и с многоплунжерной прессовой головкой.
EFA-SD		500x400 140 1600x1250 80	ФА с поворотным столом для изготовления верхних и нижних п/форм и с многоплунжерной головкой.
ZFA-S		500x400 250 1250x1000 160	Сдвоенный ФА для изготовления одновременно верхней и нижней п/форм с рольгангом и челночным механизмом для замены модельной оснастки.
ZFA-SD		500x400 250 1250x1000 160	Сдвоенный ФА с поворотным столом для одновременного изготовления двух п/форм верха и 2-х низа с плоской плитой или мембраной, или многоплунжерной головкой.

Примечание: ФМ – формовочная машина, ФА – формовочный автомат.

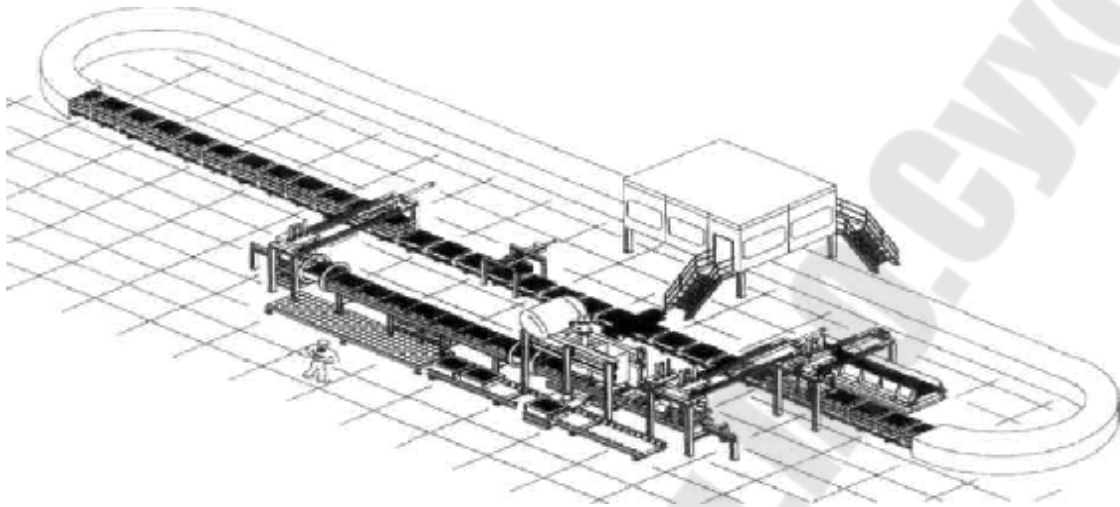


Рис. 5.3 АФЛ с напольным литейным конвейером

## 2. Формовочная линия HWS для крупногабаритных отливок

На территории предприятия ГИСАГ в Лейпциге построен новый литейный цех, первая очередь которого ориентирована на изготовление крупных отливок из чугуна с пластинчатым или шаровидным графитом весом до 1000 кг. Заказчиками таких изделий являются изготовители автомобилей, строительных машин, печатных машин, турбин и др. Размер опок линии HWS был выбран из расчета размещения в одной форме двух задних мостов грузовика - 2500x1600x 500/500 мм (рис.5.4). Для предотвращения расширения формы верхняя опока была снабжена поперечными ребрами. Обе полуформы скрепляются скобами в четырех местах, благодаря чему имеется возможность в любом месте поверхности формы просверлить одну или несколько литниковых воронок. Метод формирования воздушным потоком с прессованием обеспечил очень хорошую стабильность формы.

Для выбивки охлажденная форма передается с транспортной тележки на вибрационную выбивную решетку. Форму приподнимают на несколько сантиметров и передают на лоток перед виброрешеткой, в которой она выбивается. Перед такой передачей боковая стенка лотка откидывается вниз и образует мостик между тележкой и дном лотка, по которому ком, если он действительно провалится, может быть сдвинут на решетку самой опокой. Как только опока окажется в лотке, стенка снова встанет на место и опока

будет поднята от кома вверх. Ком, который в результате такой выбивки имеет очень малую высоту падения, сдвигается скребком на решетку.

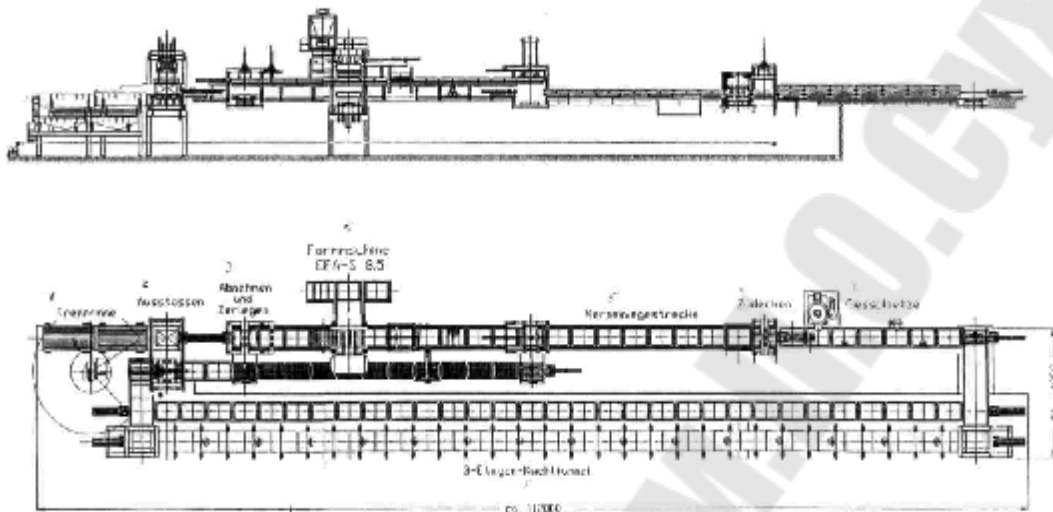


Рис.5.4 Планировка формовочной линии для изготовления крупных отливок (задних мостов грузовика). Размер опоки 2500×1600×500/500 мм. Производительность 25 форм/ч

Технические данные формовочной линии

Размер опок - 2500×1600×500/500 мм

Вид уплотнения - воздушный поток + подпрессовка

Производительность - 25 комплектных форм в час

Время такта линии - 72 с

Время такта транспортиров, тележки - 144 с

Участок простановки стержней - 3 открытые нижние опоки  
3 открытые верхние опоки

Участок заливки - 6 готовых для заливки форм

Время охлаждения - 5,2 ч, т.е. в пересчете 25 форм/ч

Усилие прессования - 600 т

На выбивной решетке ком распадается и освобождает отливку, которую забирают из смеси с помощью манипулятора. При этом оператор манипулятора может останавливать работу виброрешетки. После выбивки опока возвращается обратно на транспортировочную тележку и попадает на ней на участок распаривания. Распариватель освобождает скобы обеих полуформ и поднимает вначале верхнюю опоку на высоту рольганга формовочной линии. После ее

отвода толкающим цилиндром формовочной линии он забирает нижнюю опоку. В результате шаговой подачи опоки попадают вначале на участок очистки и контроля, где их внутренние стенки, лад опоки и прилегающие поверхности очищаются от остатков смеси. Приставшие брызги металла регистрируются контрольным устройством и могут приводить к остановке линии. Затем опоки попадают в формовочные машины. Они заполняются формовочной смесью и уплотняются.

При изготовлении форм с равномерным уплотнением важнейшей предпосылкой для этого является распределение формовочной смеси по всей площади опоки. Чтобы распределить большое количество смеси - одна полуформа содержит более 3 т смеси – на большой площади под мешочным бункером (из ткани "Тревира" с пластиковым покрытием), параллельно установлены два раздаточных транспортера, которые заполняют устройство дозирования смеси по его продольной стороне. Направляющие листы обеспечивают равномерное распределение смеси. Количество наполнения регулируется с помощью устройства взвешивания.

Смесь уплотняется по методу прессования воздушным потоком с последующей подпрессовкой. После открытия клапана воздух проходит через формовочную смесь в направлении к модели и выходит там через прорезы (венты) в подмодельной плите. Воздушный поток обеспечивает равномерное распределение смеси, плотное наложение смеси на контур, особенно в нижних участках модели. Свою окончательную прочность форма получает после подпрессовки многоплунжерным прессом.

Действие прессования может быть увеличено повторным воздушным потоком, который обеспечивает дополнительное псевдооживление смеси во время сжатия. После уплотнения модель опускается вниз, выкатывается из машины и заменяется другой половиной модели. Так получают друг за другом верхнюю и нижнюю полуформы.

Для изготовления безупречных отливок больших размеров обязательно необходимо использовать в форме достаточное количество прибылей. С этой целью формовочная машина была сконструирована таким образом, что после выхода из машины модельный комплект имеет доступ с трех сторон. Благодаря этому имеется возможность разместить на модели более 20 прибылей. Чтобы не затруднять доступ к соответствующей модели, участок смены моделей размещен в

подвале. Для соединения между подвалом и полом цеха (расстояние по высоте 6 м) предусмотрены два лифта.

Модельные комплекты снабжены передаточной плитой так, что можно использовать имеющиеся модели. Эта система передачи выполнена таким образом, что можно комбинировать доли подмодельных плит. Соответственно числу подмодельных плит просверливаются и литниковые воронки.

После того как формы выйдут из машины, их поворачивают на 180° поверхностями вверх. Расположенный под рольгангом неподвижный нож срезает при движении ряда опок избыток смеси на задней стороне формы. На последующем участке фреза с управлением от компьютера просверливает на обратной стороне верхней полуформы одну или несколько литниковых воронок. Затем обе половины формы опускаются на участок простановки стержней. Нижняя опока устанавливается на транспортировочную тележку, которая на участке накопления заводится на участок простановки стержней.

Верхняя опока находится на рольганге, который устроен таким образом, что по участку простановки стержней попеременно следуют одна верхняя опока и одна тележка.

Простановка стержней большого размера и массы облегчается тем, что форма с такой прочностью не разрушается при надавливании.

Стержни изготавливаются в стержневом автомате, который рассчитан для разделенных по вертикали стержневых ящиков размерами до 3000x1200x1050 мм и объемом набивки 250 л. Стержни изготавливаются по методу Cold-Box-Amin. В конце участка простановки стержней верхние опоки снова поворачиваются и затем приподнимаются в устройстве спаривания. Когда с последующим тактом в него поступает нижняя опока, лежащая на транспортировочной тележке, оно опускает верхнюю опоку, закрывает форму и закрепляет скобы.

После этого форма попадает на участок заливки и заливается там с помощью автоматического заливочного устройства. Этот автомат подводится к самым различным позициям литниковой воронки. Процессы заливки и доливания производятся в автоматическом режиме посредством автоматической системы регулирования заливки. Процесс заливки можно заканчивать по выбору в зависимости от уровня или от веса.

Для охлаждения форм имеются четыре участка охлаждения по 31 тележке в каждом, причем три из них располагаются в холодильном отсеке друг над другом. При непрерывном режиме работы продолжительность охлаждения составляет 5,2 часа. Каждый из четырех участков может, однако, использоваться и как накопительный участок и отключаться для выдерживания таких отливок, для которых требуется более длительный период охлаждения.

Для привода насосов центральной гидравлической станции, подающей более 2100 л/мин, были применены электродвигатели мощностью 450 кВт. К этому следует добавить также насосы для оборотной и охлаждающей воды, нагрева и т.д., так что общая потребность в электроэнергии составляет более 500 кВт.

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

### **Постановка работы**

Работа проводится на производственной базе ОАО «Гомельский завод литья и нормалей». Изучаются устройства и работа узлов формовочных линий.

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают технологическую схему организации производства отливок на АФЛ.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомится с устройствами и работой узлов и механизмов формовочной линии. Изучить технологическую схему организации производства отливок на линии HWS.
2. Используя секундомер, произвести хронометраж технологических операций, выполняемых в автоматическом режиме для основных рабочих узлов формовочной линии. Полученные данные занести в таблицу 5.2
3. Рассчитать теоритически возможные параметры производительности работы АФЛ.

4. Дать оценку эффективности использования формовочного оборудования, рассмотрев возможность повышения производительности.

5. Выполнить эскизы механизмов линии.

Таблица 5.2

Данные о техническом процессе

№ п.п.	Наименование операции	Длительность, с	Длительность простоя по организационным причинам, с	Длительность простоя по техническим причинам, с	Примечание

**Контрольные вопросы**

1. Принцип формообразования, используемой на АФЛ, его особенности и характеристики?
2. Рабочий цикл формовочного автомата?
3. Структурная схема линии стандартного исполнения и ее характеристики?
4. Классификация линии согласно основным признакам?
5. Какой состав и принцип работы формовочной линии HWS для крупногабаритных отливок?
6. Какой состав и принцип работы формовочной линии HWS стандартного исполнения?
7. Какой состав и принцип работы формовочной линии HWS для мелких отливок?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кечин В.А., Корогодов Ю.Д. Технологическое оборудование для производства отливок из сплавов черных и цветных металлов. – Владимир: ВЛГУ Издательство, 2012.-231с.
2. Кукуй Д.М., Одиночко В.Ф. Автоматизация литейного производства. – Минск: Новое знамя, 2008.- 240с.
3. Матвеев И.В. Оборудование литейных цехов. Ч. 1.- М.: МГИУ, 2006.-172с.
4. Матвеев И.В., Исагулов А.З. Формовочное и стержневое оборудование литейных цехов. – Караганда: Карагандинский государственный технический университет, 2004.- 216с.
5. ИТЦМ «Металлург» Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении. – М.: «Металлург», 2002.- 286с.



## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	3
Методы уплотнения литейной формы. Классификация методов прессования.	3
Лабораторная работа № 2	19
Формовочные линии.	19
Лабораторная работа № 3	28
Состав и основные технологические операции автоматических линий.	28
Лабораторная работа № 4	32
Автоматические формовочные линии Disamatic.	32
Лабораторная работа № 5	36
Формовочные линии HWS.	36

**Одарченко Игорь Борисович  
Морозова Юлия Викторовна**

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И СИСТЕМЫ**

### **Практикум**

**по выполнению лабораторных работ**

**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 06.03.18.

Рег. № 40Е.

<http://www.gstu.by>