

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

В.А. Жаранов И.В. Прусенко

ОБОРУДОВАНИЕ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ:
1–42 01 01 МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО
И МАТЕРИЛООБРАБОТКА
(МЕТАЛЛУРГИЯ)

Гомель 2022

УДК 621.7 (075.8)

ББК 34.441.

Авторы-составители: *В. А. Жаранов, И. Н. Прусенко*

Оборудование металлургического и литейного производств: лабораторный практикум для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (Металлургия)» дневной формы обучения / сост.: В.А. Жаранов, И. Н. Прусенко. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. - 74 с.

Представлены лабораторные работы. Изучение лабораторного оборудования позволяет наиболее эффективно изучить практические основы производственной деятельности в области оборудования литейных и металлургических цехов.

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа 1 «Принцип работы и устройство оборудования для приготовления формовочных смесей»	6
Лабораторная работа 2 «Принцип работы и устройство пескодувно-прессовых и пескострельных машин».....	17
Лабораторная работа 3 «Исследование пропускной способности бункеров для сыпучих материалов»	28
Лабораторная работа 4 «Конструкция и принцип работы машин для непрерывного литья заготовок»	32
Лабораторная работа 5 Исследование условий охлаждения непрерывнолитой заготовки в зоне вторичного охлаждения.....	39
Лабораторная работа 6 Исследование положения центра тяжести и места расположения цапф сталевого ковша	54
Лабораторная работа 7 «Исследование нагрузок механизма выката корпуса электросталеплавильной печи»	58
Лабораторная работа 8 «Определение давления металла на валки при прокатке на лабораторном прокатном стане»	64
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	71

ВВЕДЕНИЕ

В лабораторном практикуме представлен комплекс лабораторных исследовательских работ на действующих установках, которые позволяют определять, исследовать и анализировать технологические, кинематические, конструктивные, энергосиловые и другие параметры металлургического и литейного оборудования.

При выполнении представленных в практикуме лабораторных работ, предусмотренных учебным планом подготовки студенты приобретают компетенции:

- самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;
- уметь осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии, литейном производстве и материалообработке;
- уметь выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы;
- анализировать, совершенствовать и разрабатывать нормативную и технологическую документацию металлургического и литейного производства.

Все лабораторные работы выполняются бригадами студентов. В целях экономии времени персоналом лаборатории могут быть выполнены вспомогательные операции. Предпочтительно последовательное выполнение лабораторных работ в соответствии с содержанием практикума.

На первом лабораторном занятии преподаватель должен ознакомить студентов с задачами лабораторного практикума, требованиями, предъявляемыми к отчетам, правилами внутреннего распорядка лаборатории. В ряде случаев преподаватель должен напомнить студентам некоторые теоретические сведения,

непосредственно относящиеся к той или иной работе, либо организовать показ тех или иных операций.

После вводной беседы преподаватель знакомит студентов с правилами техники безопасности, что фиксируется в специальном журнале.

Приступая к выполнению работы, студент должен изучить ее описание, ознакомиться с рекомендованной литературой и составить конспект с указанием цели работы, теоретического введения, технологических параметров основных процессов, схем установок и приборов.

В начале каждого лабораторного занятия студенты должны защитить отчет по предыдущей работе и получить допуск к выполнению следующей работы.

После окончания каждой работы студенты предъявляют преподавателю на подпись результаты опытов и наводят порядок на рабочем месте.

По каждой лабораторной работе оформляется отчет, который должен начинаться с названия работы и содержать следующие разделы: цель работы, краткое теоретическое введение, методика проведения работы, схемы и описание лабораторных установок, результаты измерений, расчётов и выводы. Индивидуальные требования по оформлению отчетов изложены в описании представленных в практикуме лабораторных работ.

Защищённые лабораторные работы являются допуском к итоговому виду аттестации по дисциплине «Оборудование металлургического и литейного производства».

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).

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. 2) оформляют

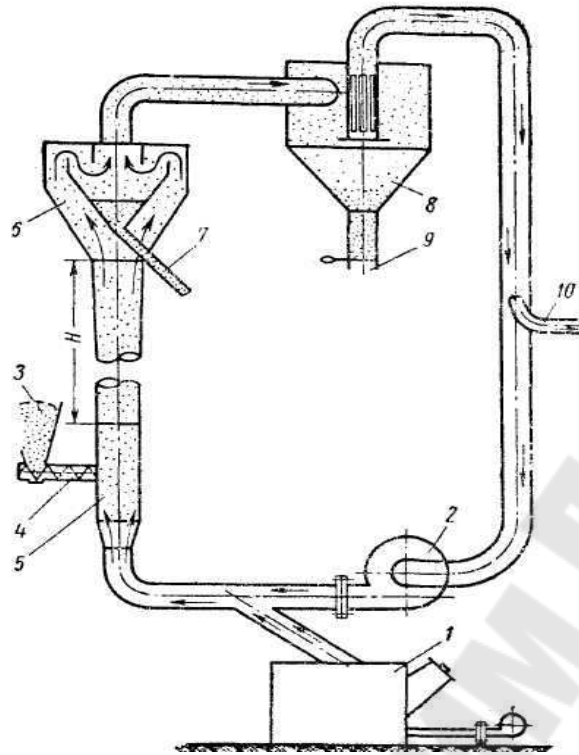


Рисунок 1- Установка для сушки песка в воздушном потоке: 1- топка; 2- главный вентилятор; 3- сырой песок; 4- питатель; 5- сушильная плита; 6- проточный сепаратор; 7- выход сухого песка; 8- циклон; 9- зола, пыль и мелкий песок; 10- выход в атмосферу или матерчатый фильтр

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.

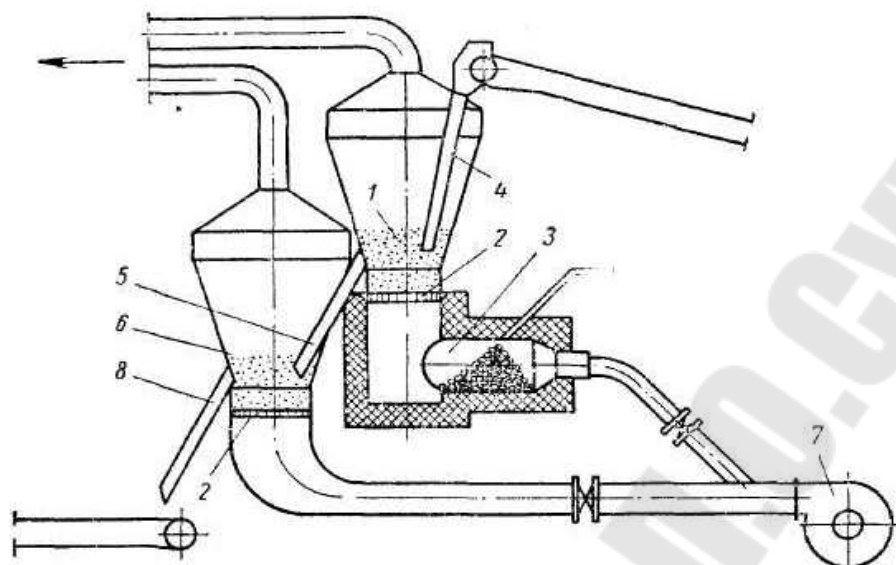


Рисунок 2 - Установка для сушки и охлаждения песка в кипящем слое: 1- аппарат для сушки; 2- решетка; 3- топка; 4- подача сырого песка; 5- выдача сухого горячего песка; 6- аппарат для охлаждения; 7- вентилятор; 8- выдача сухого охлажденного песка

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-размельных машин основано на раздавливании, раскалывании, ударе или истирании материала.

1) Щековые дробилки

Рабочее пространство щековой дробилки имеет клиновидную форму между клиновидную форму (рис.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. 5) представляет собой два гладких валка одинакового диаметра, которые вращаются навстречу друг другу с

одинаковыми числами оборотов. Для хрупких материалов применяют также рифленые и зубчатые валки.

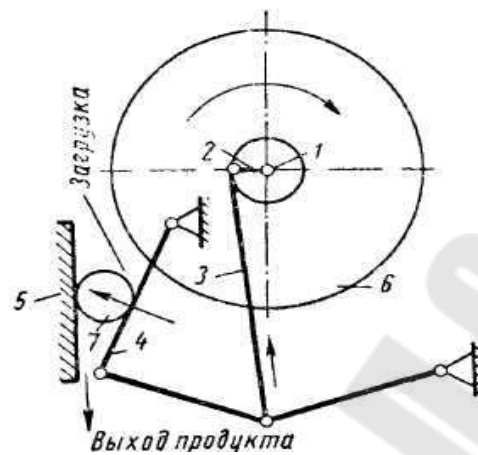


Рисунок 3- Кинематическая схема щековой дробилки: 1- вал; 2- кривошип; 3- шатун; 4- качающаяся щека; 5- неподвижная щека; 6- маховик; 7- кусок материала

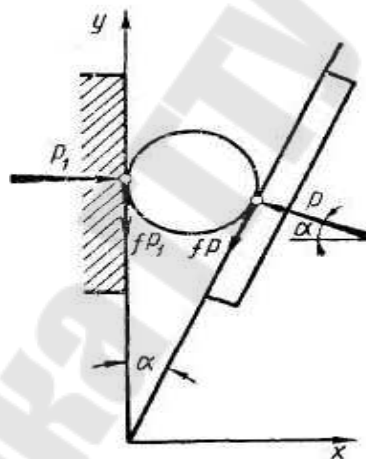


Рисунок 4- Определение сил, действующих на кусок материала в щековой дробилке

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. Зубчатые валки дробят материал раскалыванием.

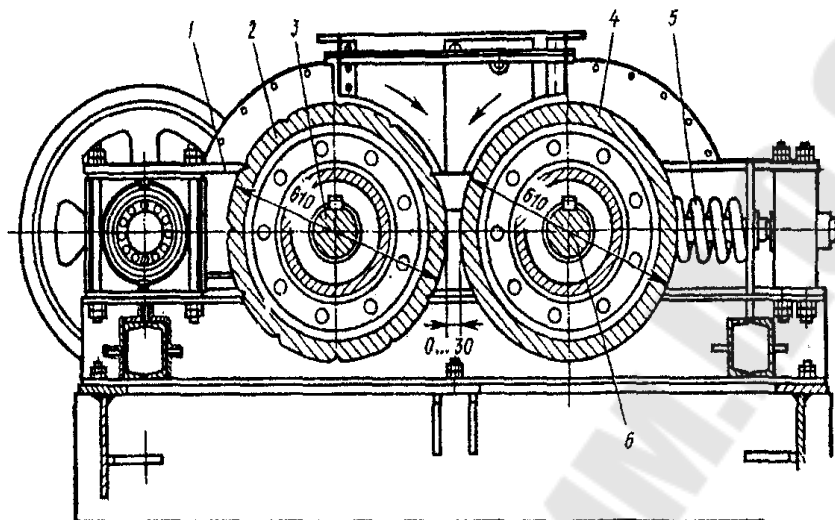


Рисунок 5-Общий вид валковой дробилки: 1- станина; 2,4- параллельные цилиндрические валки, вращающиеся на встречу друг другу; 3,6- подшипники; 5- пружинная опора

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

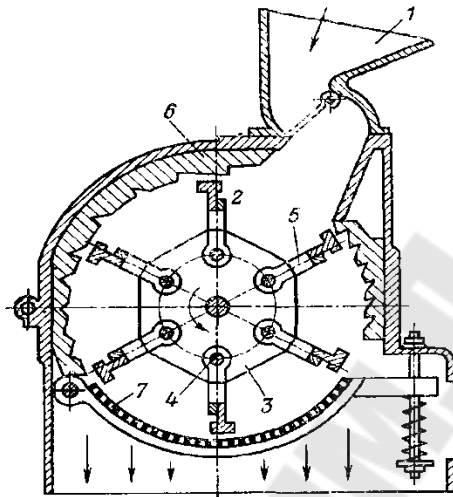


Рисунок 6 - Схема молотковой дробилки: 1- загрузка материала; 2- рабочее пространство; 3- диски; 4- болты; 5- била (молотки); 6- стальная облицовка; 7- решетка

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^2 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. 7).

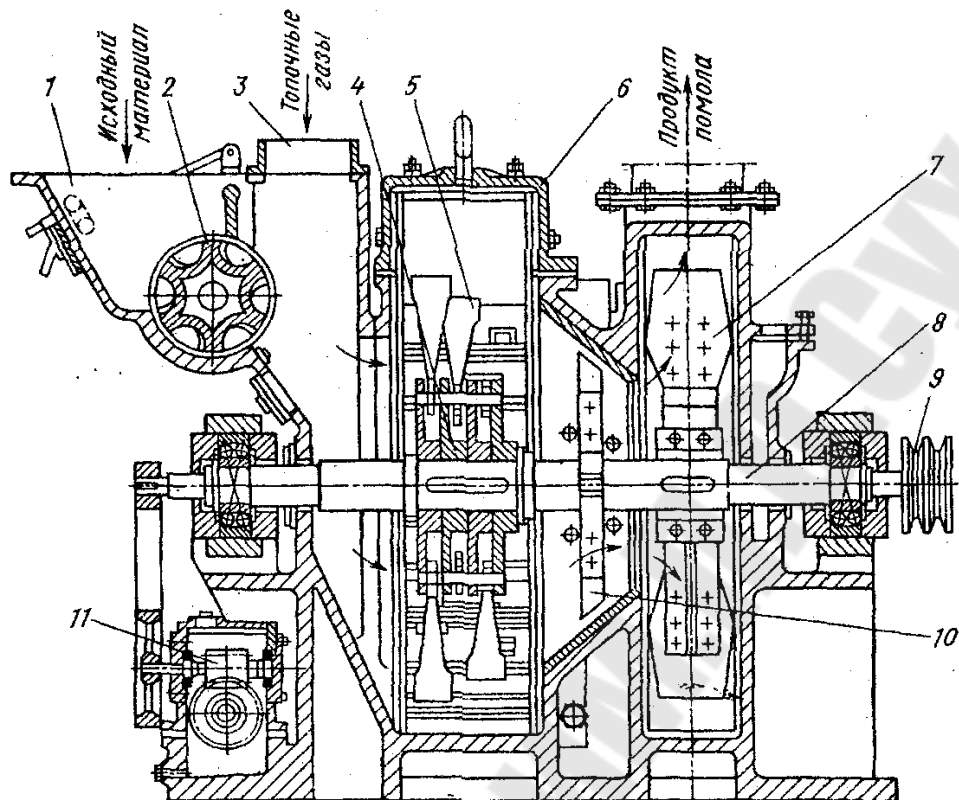


Рисунок 7- Молотковая мельница: 1- загрузочная воронка; 2- звездчатый питатель; 3- подвод воздуха и продуктов горения; 4- ротор; 5- молотки; 6- крестовина с ножами; 7- вентилятор; 8- выход аэросмеси; 9- вал; 10- ножи крестовины

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.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 железоотделитель 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 железоотделителя имеется прямоугольная магнитная шайба, которая выбирает из отработанной формовочной смеси металлические частицы.

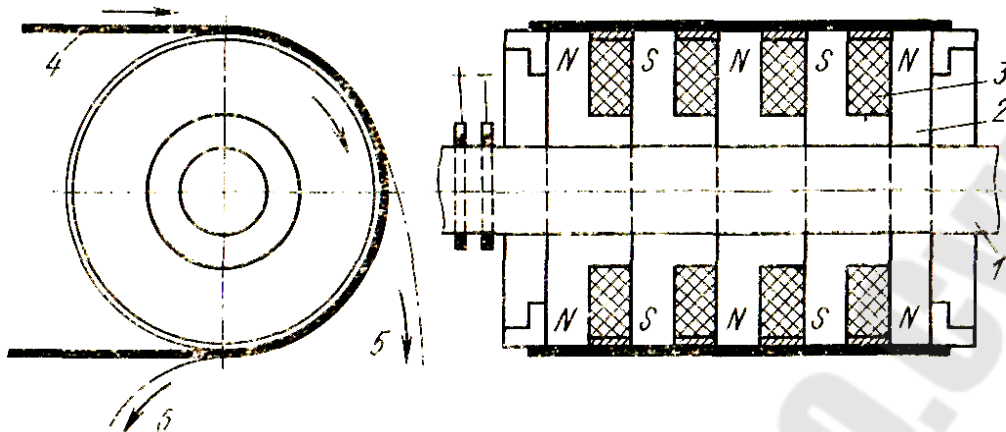


Рисунок 8 -Шкивной железоотделитель: 1- вал; 2- сердечник; 3- катушки; 4- лента конвейера; 5- немагнитный материал; 6- магнитные включения

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

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. 9).

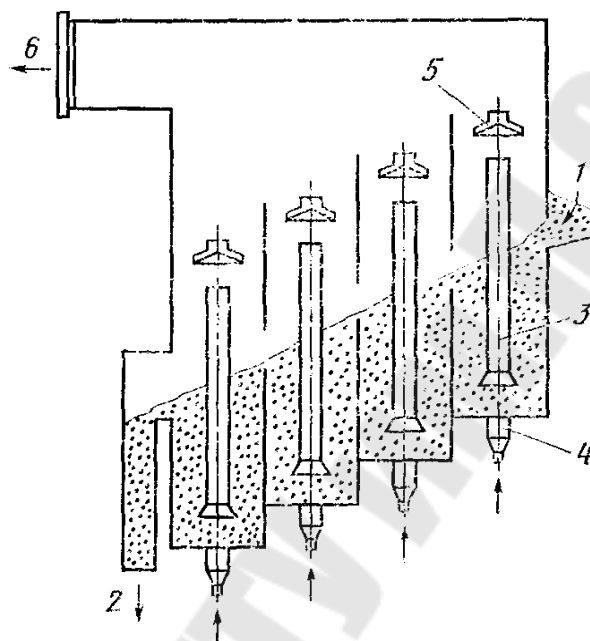


Рисунок 9 - Схема пневматической установки для регенерации: 1- непрерывная загрузка отработанной смеси; 2- непрерывный выпуск регенерата; 3- рабочая труба; 4- подвод сжатого воздуха; 5- колпак; 6- отсос пыльного воздуха

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. 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 вдввное отверстие в насадке "выстреливается" в строжневой ящик.

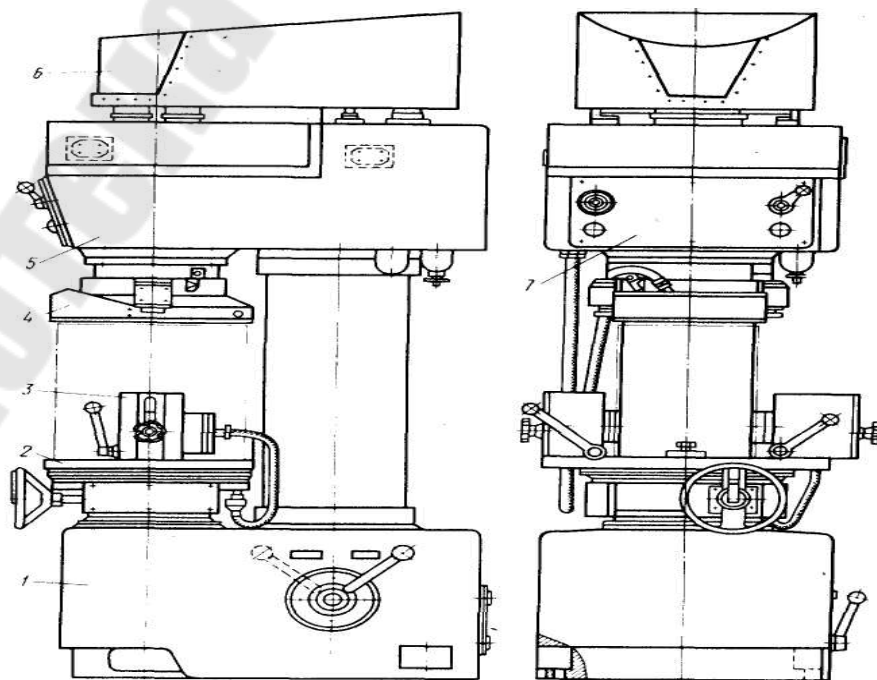


Рисунок 1 - Пескодувный полуавтомат модели 2Б83

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) 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.

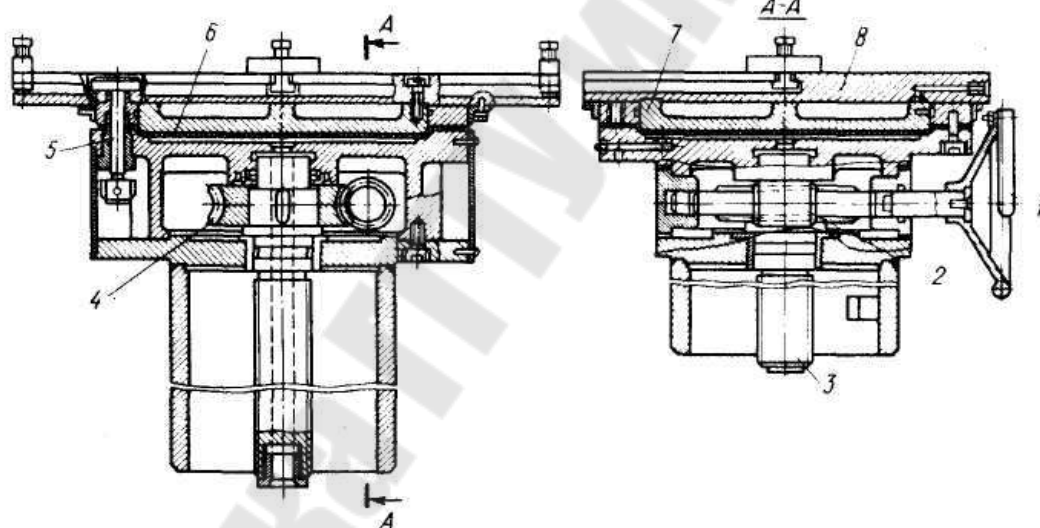


Рисунок 2 - Устройство прижимного стола пескодувного полуавтомата мод.2Б83

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 хомутом крепится горловина питателя 5. На нижней части траверсы монтируется фланец 9, к которому крепится насадка (рис. 4).

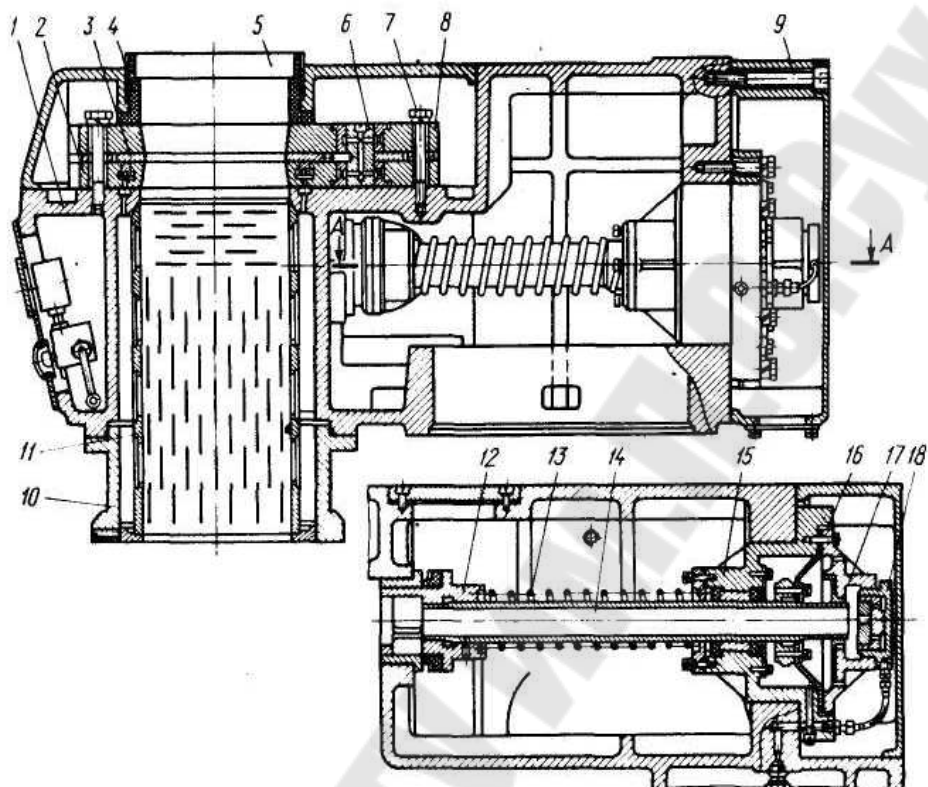


Рисунок 3 - Механизм дутья пескодувного полуавтомата мод.2Б83

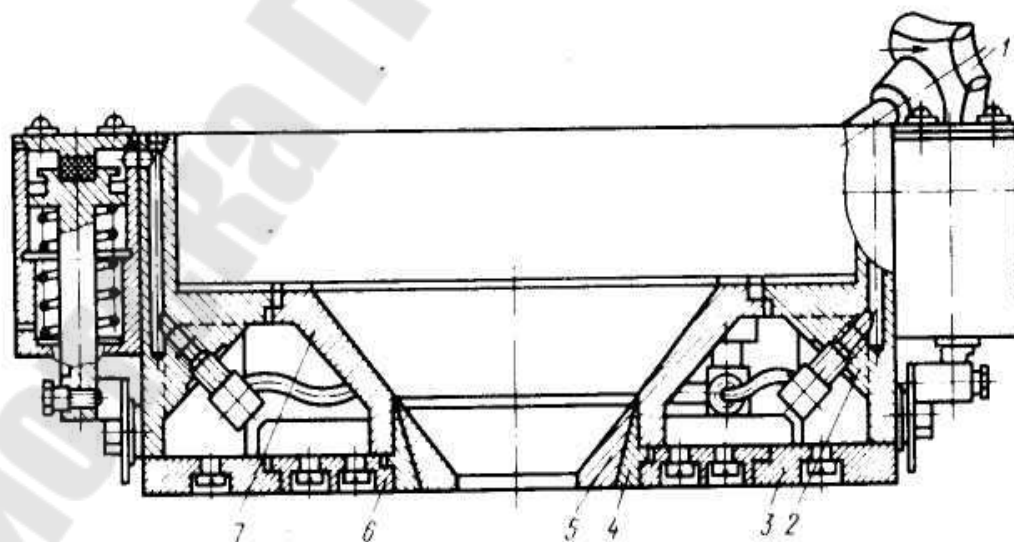


Рисунок 4 - Устройство насадки пескодувного резервуара полуавтомата мод.2Б83

Насадка (рис. 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. 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 полой 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. 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.

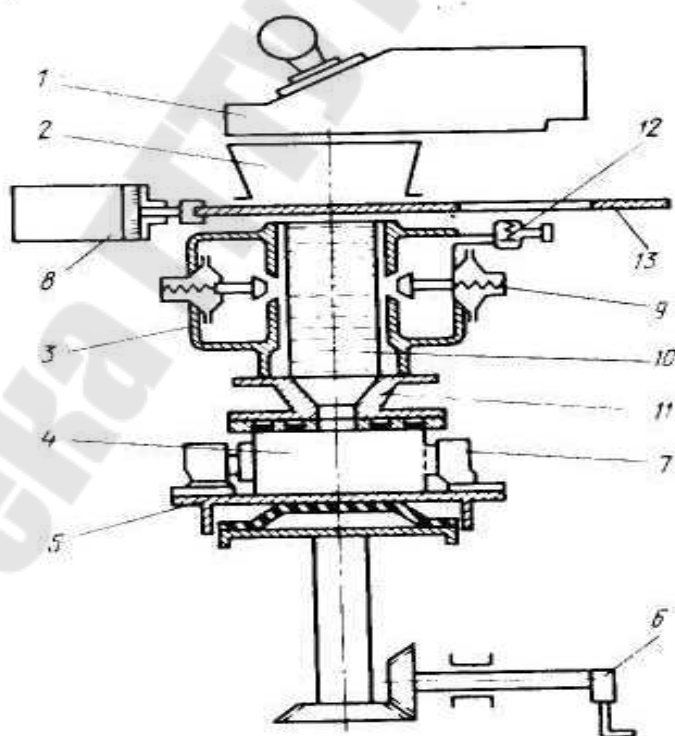


Рисунок 5 - Схема работы пескодувной машины мод. 306

Общий вид машины показан на рис. 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

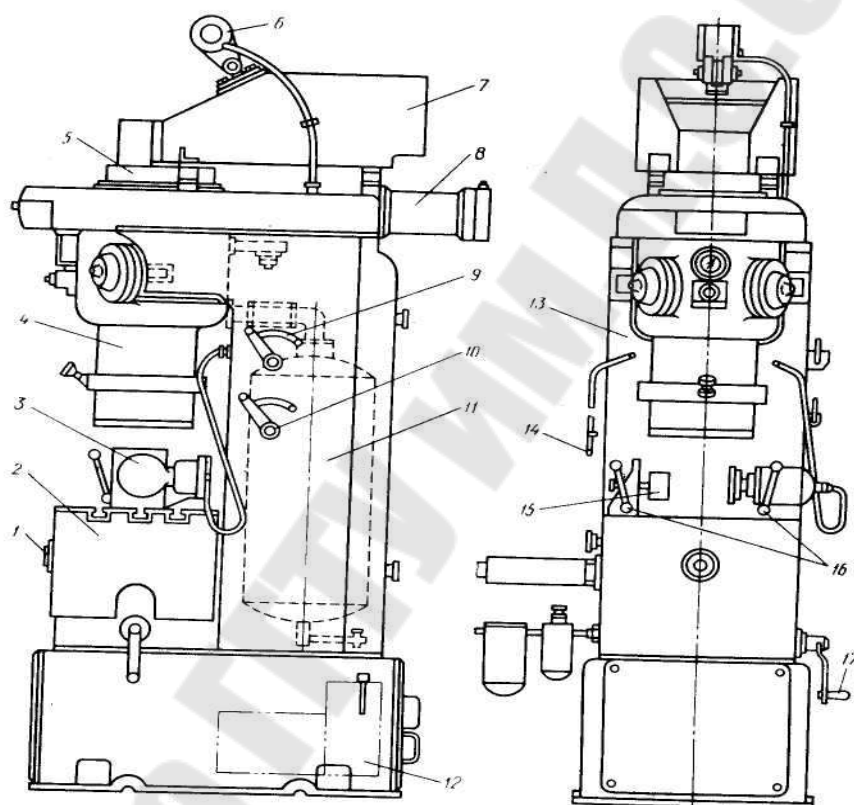


Рисунок 6 - Общий вид пескодувной машины мод. 306

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 направляющим 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 шиберов, 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 шиберов 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 термореактивных 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. 7) выполнен в виде восьмипозиционной карусели, на которой установлены стержневые ящики с вертикальной плоскостью разъема. Каждый ящик помещен в отдельную секцию со встроенным подогревом.

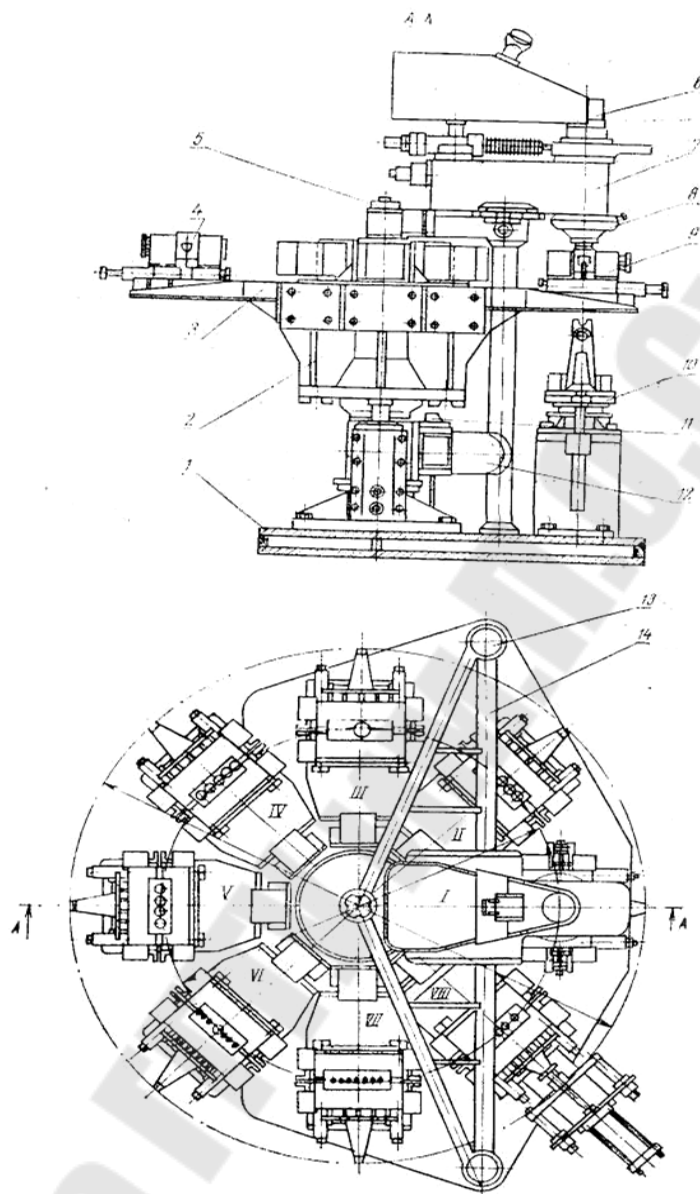


Рисунок 7 - Стержневой автомат мод.4532А

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, клиновая 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 пескодувно-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 пескодувная 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?

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

Лабораторная работа 3 «Исследование пропускной способности бункеров для сыпучих материалов»

Цель работы: изучение характера истечения сыпучих материалов из бункеров на моделях различной конструкции; определение угла естественного откоса (коэффициента внутреннего трения) материала; определение производительности.

Теоретические сведения

Непрерывная подача шихтовых материалов на агломерационные машины, доменные печи и сталеплавильные агрегаты определяет необходимость создания временного хранения материалов в специальных ёмкостях-бункерах. Количество бункеров для каждого компонента шихты зависит от максимально возможного запаса материалов, поданных в цех-потребитель. Объём каждого бункера зависит от формы и углов наклонов его стенок. Форма сечения бункера может быть квадратной или круглой. Углы наклона стенок бункера должны быть больше угла естественного наклона материала. Чем больше угол наклона стенок бункера, тем меньше возможность налипания на его наклонных стенках. Для увлажнённых материалов углы наклона стенок бункера следует увеличить на $10...15^\circ$ по сравнению с углом естественного откоса материала.

Изучение характера истечения материалов из бункеров проводим на плоской модели бункера, передняя и задняя стенки выполнены из стекла, выпускное отверстие которого оборудовано затвором, заслонками для регулирования площади сечения и формы отверстия (рисунок 1).

Производительность выдачи материала из бункера зависит от площади сечения выпускного отверстия, формы бункера и характера истечения материала из бункера. Истечение сыпучего материала из бункера имеет сложный характер. Общая схема истечения материала из бункеров может быть представлена следующим образом (рисунок 1).

Начиная с момента открытия отверстия и до конца выпуска, истечение материала проходит последовательно три фазы:

Фаза 1. Материал напротив отверстия переходит в разрыхлённое состояние. Форма разрыхлённого объёма напоминает эллипсоид вращения, размеры которого постепенно возрастают.

Фаза 2. Истечение характеризуется постоянством размеров эллипсоида разрыхления. Материал в выпускное отверстие поступает из эллипсоида разрыхления, который в свою очередь подпитывается из вышележащих слоев (1–5).

Фаза 3. На поверхности образуется воронка выпуска с углом наклона конической поверхности, близким к углу естественного откоса α . Материал от стенок сыпается в зону разрыхления (в воронку), расположенную над выпускным отверстием.

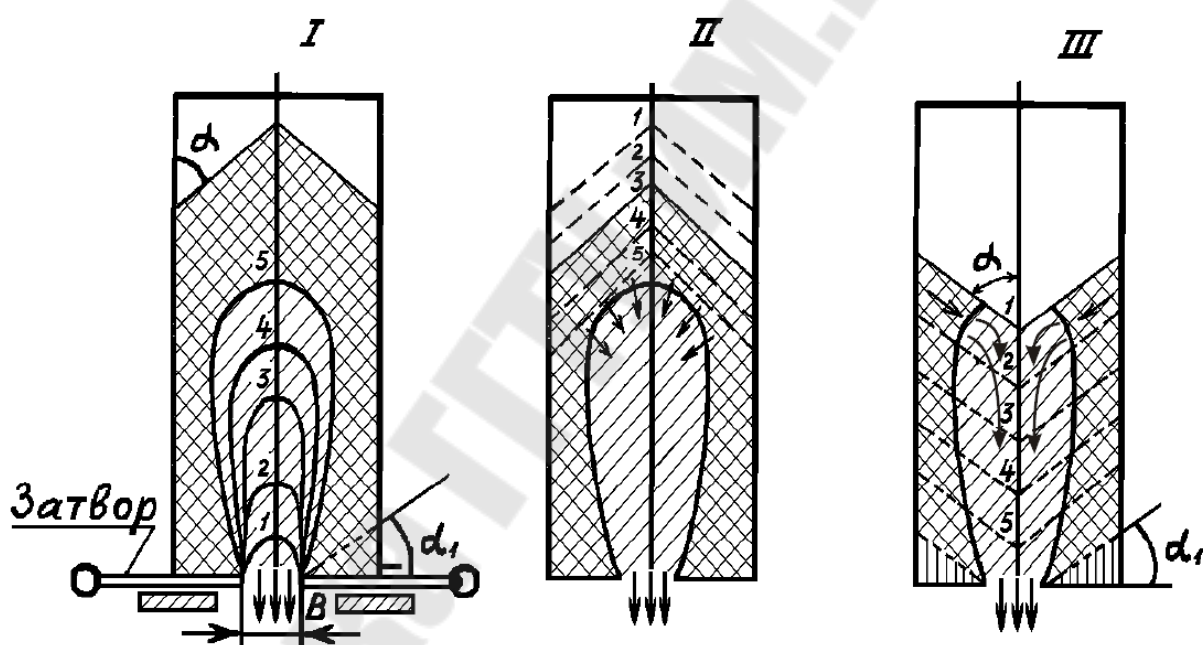


Рисунок 1 - Схема движения сыпучих материалов при опорожнении бункера: I, II, III – фазы истечения материала

Угол естественного откоса определяет подвижность частиц сыпучего материала. Для идеальных сыпучих материалов, в которых незначительно действуют силы сцепления между частицами, угол естественного откоса α совпадает с углом внутреннего трения j .

Изучение пропускной способности проводится на модели бункера с использованием угломера, линейки, секундомера, весов и набора пластин с отверстиями различной формы и размеров.

Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают устройство и принцип работы бункеров для сыпучих материалов.

Порядок выполнения работы

Выходное отверстие бункера закрывают затвором. Заслонками устанавливают ширину выходного отверстия $B=10$ мм, засыпают исследуемый материал на полную высоту бункера и измеряют угол естественного откоса материала α на вершине засыпи.

Открывают затвор и наблюдают за характером истечения материала, обращая внимание на фазы истечения I, II и III, измеряют время высыпания и угол α_1 сравнивают его с углом α (см. рисунок 1).

Устанавливают ширину выходного отверстия $B=60$ мм. Повторяют операции по пунктам 1 и 2. Устанавливают ширину проходного отверстия $B=90$ мм. Повторяют операции по пунктам 1, 2.

Закрывают выпускное отверстие бункера. Поочередно устанавливают пластины с круглыми отверстиями диаметром 30, 40 или 50 мм. Заданное преподавателем количество материала засыпают в бункер, открывают задвижку и измеряют время для каждого случая опорожнения бункера.

По результатам опытов определяют производительность бункера в зависимости от формы и диаметра выпускного отверстия. Анализируют результаты опытов, вычисляют коэффициент использования объёма бункера как отношение максимального объёма материала в бункере к его внутреннему объёму.

Содержание отчёта

В отчёте приводятся цель работы, порядок выполнения, анализ и результаты опытов, выводы.

Контрольные вопросы

1. Как увеличить коэффициент использования объёма бункера?
2. Какие углы наклона стенок бункера Вы рекомендуете для исследуемых материалов?
3. Влияет ли форма отверстия на производительность?

4. Какие результаты могут быть использованы для проектирования бункеров?

Лабораторная работа 4 «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. 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.

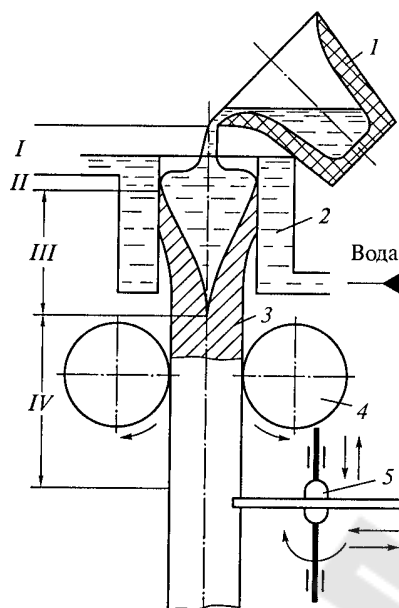


Рисунок 1 - Схема установки для непрерывного литья:
 1- ковш; 2- форма-кристаллизатор; 3- отливка; 4- валки
 (стрелки- вращение валков); 5- пила (стрелки- направление
 перемещений); I- IV- температурные зоны слитка

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 кристаллизуемой 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. 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.

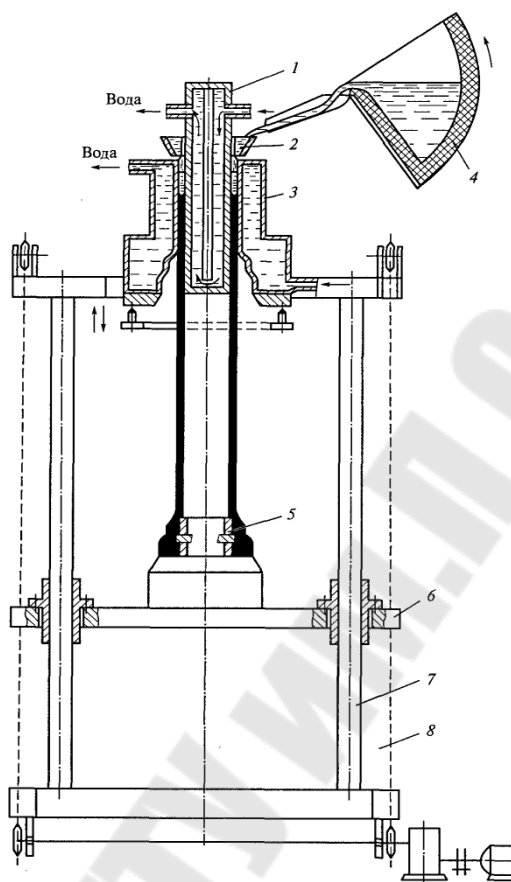


Рисунок 2 - Установка полунепрерывного литья труб: 1- водоохлаждаемый стержень; 2- литниковая система; 3- кристаллизатор; 4- дозирующий ковш; 5- разборный стержень с кольцевым выступом; 6- стол; 7- колонны; 8- цепь привода стола

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 изготавливают из чугуна, медных сплавов - бронз, латуней.

Для литья таких заготовок используют установки горизонтального типа с графитовым водоохлаждаемым кристаллизатором (рис. 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.

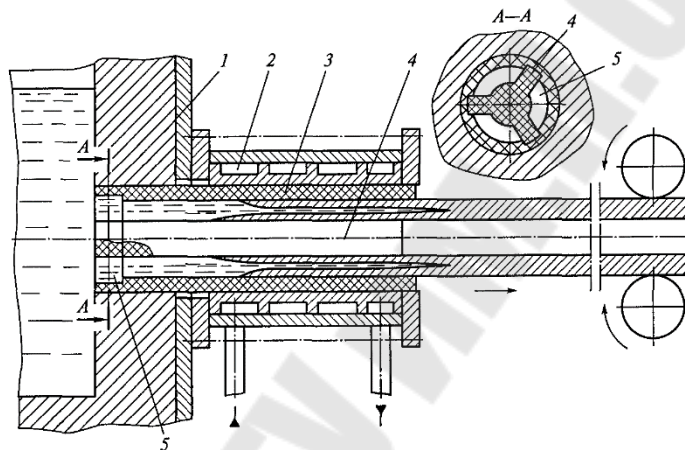


Рисунок 3 - Схема кристаллизатора для горизонтального непрерывного литья трубчатых заготовок и профилей: 1 – раздаточная печь; 2 – водоохлаждаемая рубашка; 3 – графитовый вкладыш; 4 – стержень; 5 – отверстие для подвода расплава

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 чугунных 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 5 Исследование условий охлаждения непрерывнолитой заготовки в зоне вторичного охлаждения

Цель работы: изучение распределения плотности орошения форсунок в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ; изучение способов повышения равномерности теплоотвода от поверхности непрерывнолитого слитка в зоне вторичного охлаждения.

Теоретические сведения

Зона вторичного охлаждения (ЗВО) МНЛЗ состоит из опорных элементов, поддерживающих заготовку, устройств, обеспечивающих охлаждение слитка, а также специальных устройств, воздействующих на структуру кристаллизующейся заготовки (электромагнитное воздействие, мягкое обжатие, и т.д.). Снижение температуры заготовки в ЗВО достигается путем опрыскивания заготовки водой или водовоздушной смесью, отвода тепла к поддерживающим роликам, а также вследствие конвекции и лучеиспускания в окружающую среду.

Одним из решающих факторов эффективности охлаждения является распределение охладителя по поверхности заготовки, определяемое применяемым режимом охлаждения, конструктивными параметрами форсунок и их расположением. Наряду с качеством воды, подаваемой для охлаждения, наиболее важными элементами ЗВО являются распыляющие форсунки.

В системах вторичного охлаждения современных МНЛЗ применяются полноконусные форсунки, обеспечивающие полное покрытие орошаемой поверхности каплями охладителя (с различной степенью равномерности). В зависимости от конструкции ЗВО применяют форсунки с различной конфигурацией поля орошения (пятна распыла): круг, прямоугольник (квадрат) или овал. Наибольшее применение получили кругло- и плоскофакельные форсунки. Круглофакельные форсунки формируют круглое пятно орошения, полностью покрытое каплями жидкости. Плоскофакельные форсунки, в зависимости от конструктивных особенностей, могут формировать поле орошения прямоугольной или овальной формы. Основные типы форсунок наиболее широко используемых в ЗВО, а также форма образуемого ими факела представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные типы форсунок, применяемых для охлаждения сортовых заготовок, и характер образуемого ими факела

Тип и внешний вид форсунок			
Плоскоструйная (плоскофакельная)	Круглофакельная	Полноконусная с квадратным факелом	
			
Характер поля орошения и внешний вид факела			
прямоугольник	овал	круг	квадрат
			

Геометрические характеристики полей орошения определяются углами раскрытия факела форсунки (конструкция форсунки), параметрами охлаждающей среды и высотой расположения форсунки. При увеличении высоты расположения и углов раскрытия форсунки увеличивается площадь орошения (при сохранении ее конфигурации), поэтому изменяя эти параметры можно регулировать интенсивность подачи охладителя на поверхность заготовки (уровень теплоотвода от поверхности слитка).

Кроме различий в характеристиках распыла, форсунки подразделяются по способу подачи охлаждающего вещества: охлаждение струями воды (струйное охлаждение) или водовоздушной смесью (водовоздушное охлаждение).

В струйных форсунках распыление воды осуществляется посредством ее дробления на капли при прохождении через сопло определенной конфигурации. В результате, вода, подаваемая под давлением 0,25-0,35 МПа, самостоятельно дробится (за счет перепада давлений) на капли размером 0,2- 1,0 мм и в виде факела плоской, овальной или округлой формы попадает на охлаждаемую поверхность. Необходимая форма факела обеспечивается конструкцией форсунки и ее сопла. Струйное (водяное) охлаждение имеет ряд существенных технологических недостатков: величина теплоотдачи не всегда увеличивается пропорционально увеличению расхода воды; капли из водяной форсунки обычно достаточно крупные, что не способствует увеличению скорости парообразования и ограничивает эффективность охлаждения; в месте воздействия водяной струи с заготовкой происходит термический удар, который может привести к зональной ликвации или образованию трещин и т.д. Между тем, система струйного охлаждения является достаточно простой в конструкционном плане.

Водовоздушное охлаждение осуществляется частицами воды, которые распыляются воздухом. Распыление воды происходит в результате соударения двух потоков (водяного и воздушного) внутри смесителя форсунки. При

пересечении струй под определенными углами происходит их соударение, дробление струи воды и образование направленного водовоздушного факела, форма которого определяется конфигурацией сопла форсунки. Воздух при этом способе охлаждения играет двойную роль: он обеспечивает распыление воды и сообщает каплям необходимую высокую кинетическую энергию.

Основные технологические преимущества системы водовоздушного охлаждения заключаются в следующем:

- высокие скорости движения потоков непосредственно в отверстии форсунки, что существенно уменьшает вероятность его зарастания;

- высокая эффективность охлаждения, связанная с увеличенной площадью теплообмена между охладителем и заготовкой вследствие образования мелкодисперсных капель воды (размер капель 20-150 мкм) и их высокой кинетической энергией;
- более равномерное распределение охладителя по полю орошения (способствует устранению местного переохлаждения и повторного нагрева металла) и большая устойчивость геометрических размеров факела к изменению параметров охладителя;
- широкий диапазон изменения параметров подачи охлаждающей жидкости и воздуха, что дает возможность использовать один типоразмер форсунок для различных марок сталей и скоростей литья;
- однородность распыления воды вдоль поверхности широких граней слябов за счет использования нескольких форсунок по ширине (с перекрытием), что снижает вероятность локального переохлаждения (перегрева) поверхности слитка.

Несмотря на существенные преимущества водовоздушного охлаждения, струйная подача охладителя используется достаточно широко, и, повсеместно применяется под кристаллизатором, обеспечивая наряду с интенсивным охлаждением заготовки, теплоотвод от роликов поддерживающей системы (обеспечивая их надежную работу).

Вне зависимости от используемого метода охлаждения заготовки и конструкции применяемых форсунок, параметры вторичного охлаждения должны обеспечивать получение качественной заготовки. Качество непрерывнолитой заготовки во многом зависит от условий ее охлаждения в зоне вторичного охлаждения, поскольку развитие внутренних и поверхностных дефектов определяется величиной напряжений, возникающих в затвердевающей заготовке. Причинами возникновения термических напряжений в затвердевающей корочке является неравномерная скорость охлаждения по периметру заготовки, а также изменяющиеся условия охлаждения по длине вытягиваемого слитка.

Поэтому для ограничения развития трещин в литых заготовках вторичное охлаждение должно обеспечивать:

- равномерное распределение температуры на поверхности заготовки по периметру;
- плавное понижение температуры поверхности заготовки в направлении ее вытягивания;
- обеспечение температуры поверхности заготовки на выходе из зоны вторичного охлаждения не менее 850-900 °С.

Добиться равномерности отвода тепла от поверхности заготовки очень трудно из-за отличающихся условий охлаждения заготовки на разных участках МНЛЗ. Между роликами выделяют несколько зон, отличающихся по механизму теплоотвода: зона орошения водой, натекания струи, участок контактного охлаждения роликом и зона свободной конвекции и излучения на воздухе. О расположении этих зон на поверхности слитка можно судить исходя из рисунка 1. Охлаждающая жидкость подается на поверхность при помощи форсунок установленных в зазоре между роликами. Наибольший теплоотвод осуществляется в зоне действия факела форсунки и на участке контактного охлаждения роликом. На других участках наблюдается повторный разогрев поверхности заготовки теплом из центральной части слитка.

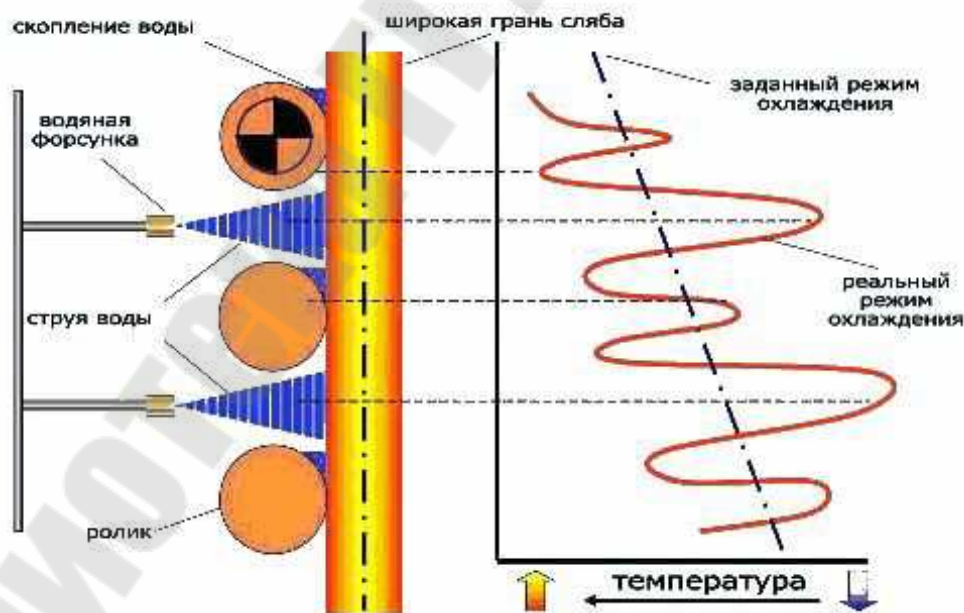


Рисунок 1 – Схема элемента зоны вторичного охлаждения

Равномерность температуры поверхности заготовки в поперечном сечении определяется распределением плотности орошения от группы форсунок, расположенных по периметру

заготовки. Характер распределения потока жидкости от форсунки в поперечном сечении определяется типом применяемой форсунки, расположением ее относительно охлаждаемой поверхности, углами раскрытия струи, давлением истекающей среды и ее физическими параметрами. Участок действия факела форсунки представляет собой поле орошения (пятно распыла). На рисунке 2 представлена схема раскрытия факела плоскофакельной форсунки с овальным полем орошения, где большая ось эллипса соответствует большему углу раскрытия струи и высоте расположения форсунки над плоскостью.

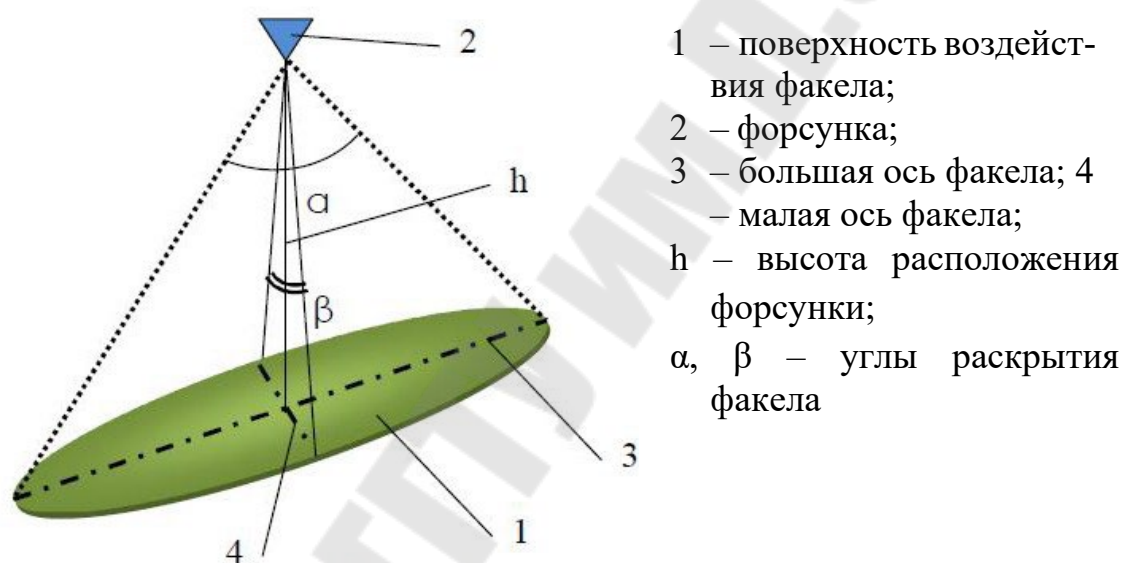


Рисунок 2 - Схема раскрытия факела плоскофакельной форсунки

На текущий момент не существует форсунок, обеспечивающих полностью равномерное охлаждение орошаемой поверхности. Как правило, применяемые в ЗВО форсунки характеризуются параболическим законом распределения охладителя. Распределение охладителя в плоскости орошения форсунки типа У90, применяемой в секциях ЗВО, полученное опытным путем, представлено на рисунке 3.

Учитывая неравномерное распределение охладителя по орошаемой поверхности от одной форсунки, при проектировании ЗВО необходимо следить за тем, чтобы зоны распыления отдельных форсунок соответствующим образом перекрывались для достижения как можно более равномерного распределения коэффициента теплопередачи. Таким образом, суммарная плотность орошения

поверхности заготовки в поперечном сечении зависит от взаимного расположения форсунок.

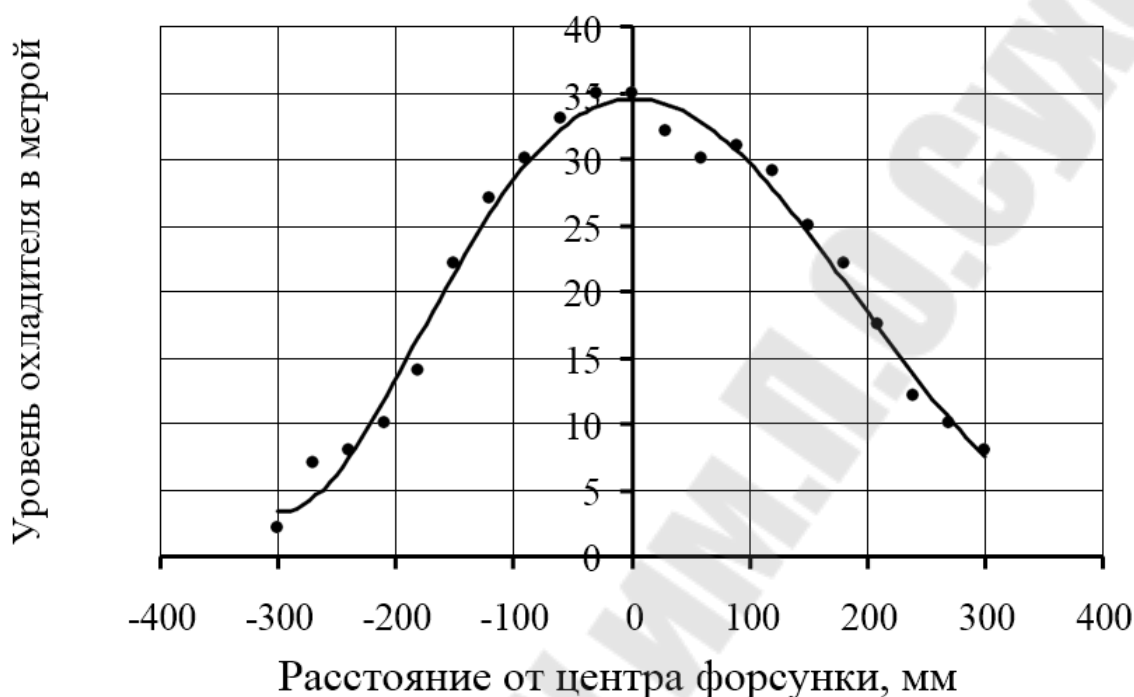


Рисунок 3 – Распределение охладителя в плоскости орошения форсунки типа У90 (по большой оси факела) при расходе воды – 0,7 м³/ч; расходе воздуха – 1,5 м³/ч; давлении воздуха – 2 атм.

Так, для охлаждения широкой грани сляба на МНЛЗ между поддерживающими роликами в ЗВО установлено по 2 плоскофакельные форсунки типа У90 (с каждой стороны). При этом расстояние между ними составляет: в секциях №1-3 – 300 мм, в секциях №4-11 – 340 мм. На рисунке 4 представлено распределение охладителя по поверхности заготовки при различных расположениях форсунок относительно центра заготовки.

При расположении форсунок относительно центра заготовки на расстоянии 150 и 170 мм (см. рисунок 4), что соответствует фактическим конструктивным параметрам ЗВО, в ее центральной части наблюдается резкое увеличение плотности орошения в месте перекрытия факелов от форсунок, что может привести к локальному переохлаждению поверхности заготовки в центральной части.

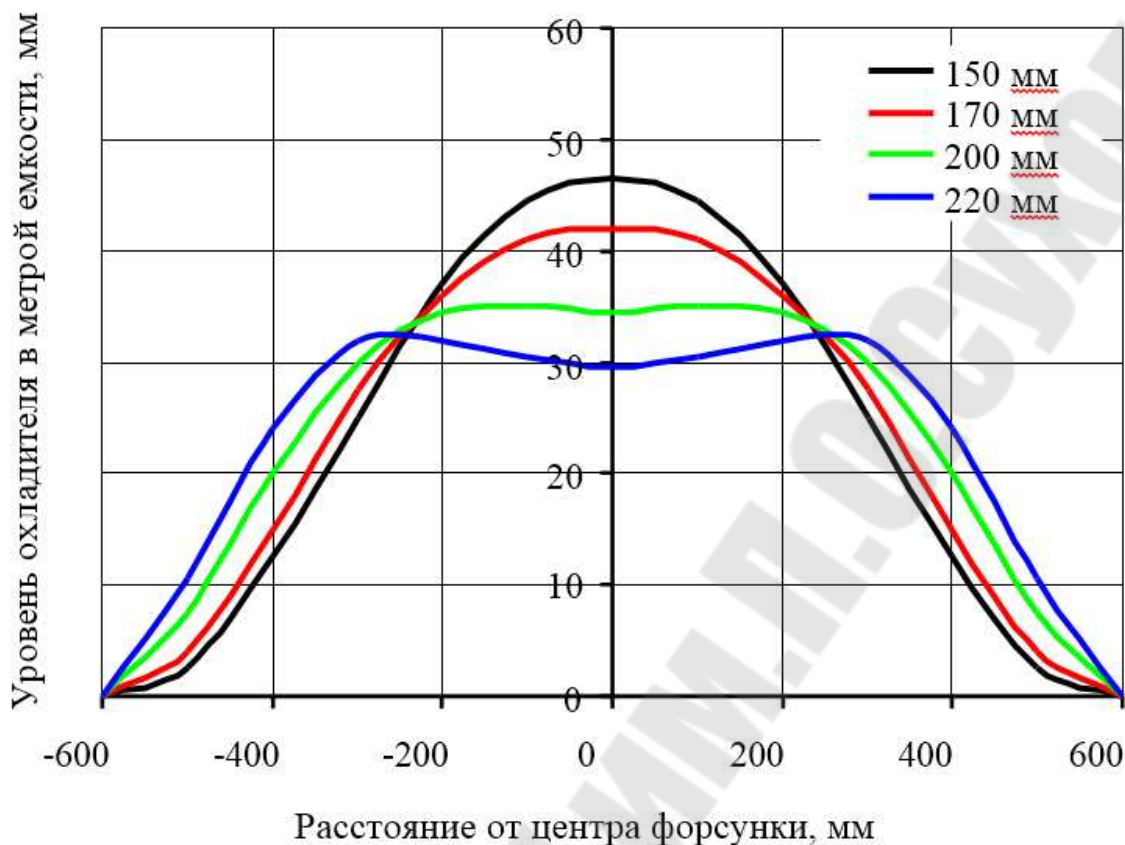


Рисунок 4 – Сравнительный анализ распределения объема охладителя по поверхности заготовки в сечениях №1-11 ЗВО при различном удалении форсунок от центральной оси движения заготовки (цифры у кривых).

Показанные на рисунке 4 закономерности распределения охладителя в сечениях ЗВО № 1-11 МНЛЗ подтверждаются экспериментальными данными измерений температуры поверхности заготовки. Так, при выходе сляба толщиной 270 мм (марка стали 09Г2С, скорость вытягивания 0,9 м/мин) из бункера ЗВО на поверхности заготовки со стороны малого радиуса наблюдается темная холодная сердцевина и две светлые горячие полосы на расстоянии $\sim 1/4$ от края слитка и далее более темные края (рисунок 5).

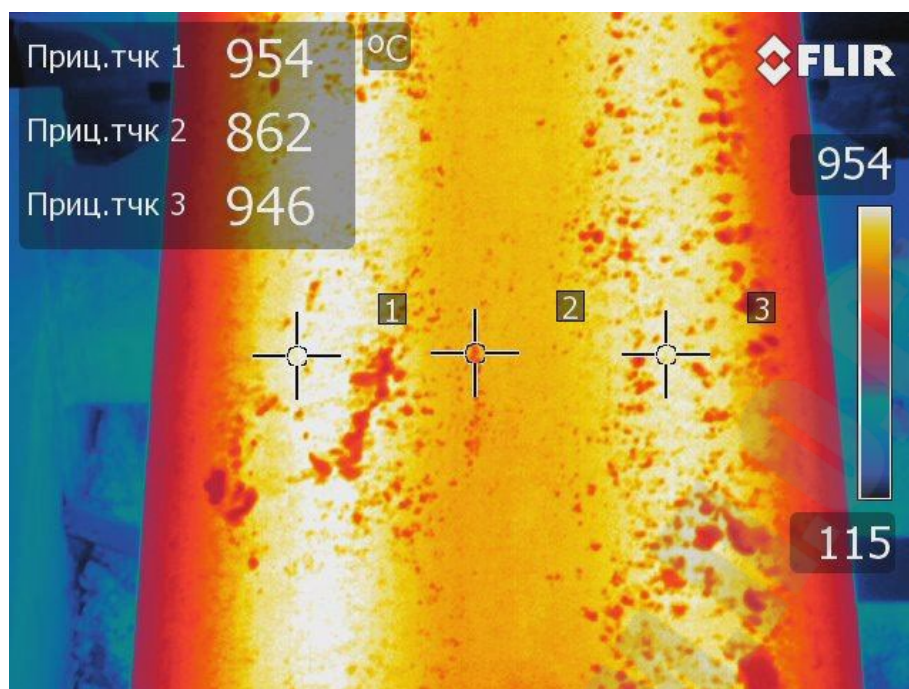


Рисунок 5 – Термограмма поверхности заготовки на выходе из бункера ЗВО

Таким образом, неравномерность охлаждения заготовки как в поперечном, так и в продольном (относительно направления вытягивания) направлении, является причиной возникновения термических напряжений, способствующих возникновению внутренних и поверхностных дефектов в затвердевающей заготовке. Для получения качественной заготовки необходимо оптимизировать режим вторичного охлаждения, изменяя параметры подачи охладителя (расход, давление), конструкцию и взаимное расположение форсунок.

Зная распределение плотности орошения форсунки при различных параметрах охладителя, можно корректировать распределение охладителя по поверхности заготовки (в поперечном сечении) добиваясь равномерной температуры на поверхности заготовки по ее периметру. Регулирующими факторами при этом являются (при постоянных параметрах охладителя) высота и взаимное расположение форсунок. При существующей конструкции ЗВО такими регулирующими факторами является расход и давление охладителя, а также конструкция форсунок, определяющие угол раскрытия струи и плотность орошения поверхности заготовки.

Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают способы повышения равномерности теплоотвода от поверхности непрерывнолитого слитка в зоне вторичного охлаждения.

Порядок выполнения работы

Важнейшим элементом, определяющим параметры кристаллизации слитка в зоне вторичного охлаждения, является форсунка (водяная или водовоздушная). Основными критериями при выборе форсунок являются:

- тип форсунки, исходя из производимого сортамента и конструкций машин (круглофакельные, плоскофакельные);
- устойчивость параметров форсунки (угол раскрытия факела, распределение охладителя по площади орошения, коэффициент теплоотдачи);
- диапазон регулирования расхода жидкой фазы.

Изучение параметров работы форсунок проводится на лабораторной установке, позволяющей определять расходные характеристики форсунок и плотность орошения охлаждаемой поверхности. Схема лабораторной установки приведена на рисункеб.

Основными узлами лабораторной установки являются сборная емкость, устройство крепления и позиционирования смесительной камеры и форсунки, системы подвода энергоносителей, измерительные и регулирующие устройства.

Сборная емкость представляет собой герметичный короб со множеством перегородок, образующих 64 изолированных друг от друга емкости высотой 200 и сечением 100x100 мм. Сборная емкость предназначена для улавливания охладителя, подаваемого форсункой и позволяет оценить габаритные размеры поля орошения, угол раскрытия струи и плотность орошения (по уровню воды в мерных емкостях) по осям факела.

Устройство крепления и позиционирования смесительной камеры и форсунки предназначено для установки форсунки (или форсунки со смесителем) в заданное положение над орошаемой поверхностью (верхний срез сборной емкости).

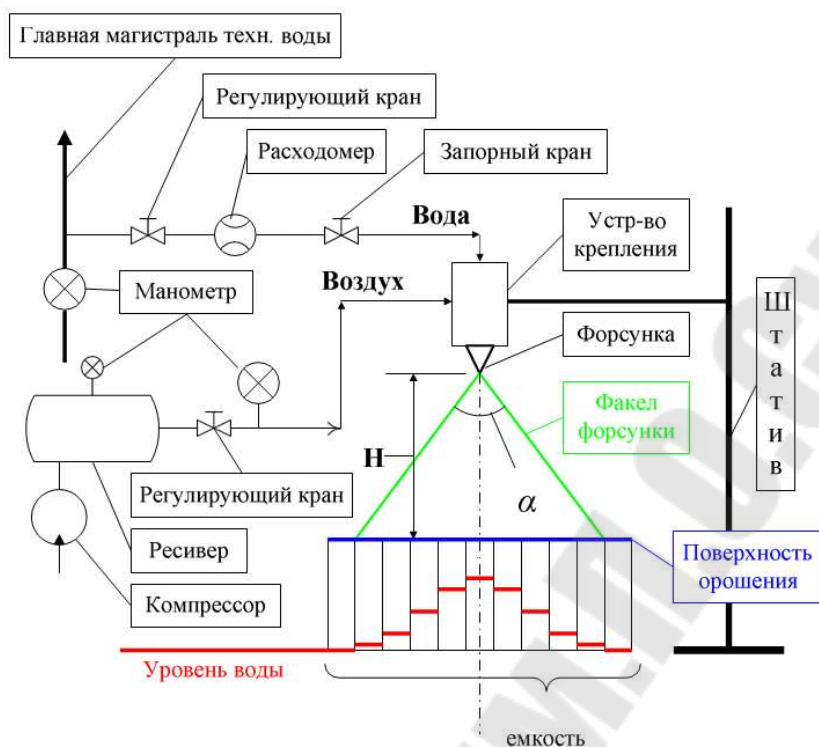


Рисунок 6 – Схема лабораторной установки

Работа предусматривает изучение параметров работы водяных (струйных) и водовоздушных форсунок, используемых в ЗВО МНЛЗ №1 и 2. Виды форсунок и условия их испытаний приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Характеристика опытных форсунок

Марка	Вид*1	Тип*2	Место установки		Производитель
			МНЛЗ	Секция ЗВО	
109У	П	С	№2	Подбой	Корад
УТ65	К	С		0	
158У/158УГ	П	С		1-11	
У90	П	ВВ		12-16	
У100	П	ВВ			
660.066.011.17	П	С	№1	Подбой (круг)	Lechler
460.406.30.СЕ	К	С		Сегмент 1 (круг)	
460.366.17.СЕ	К	С		Сегмент 2 (круг)	
148.496.30.39	П	ВВ		Подбой (блюм)	
1PM.021.17.07	К	ВВ		Сегмент 1-2 (блюм)	

*1 П – плоскофакельная; К – круглофакельная;
*2 С – струйная; ВВ – водовоздушная.

На лабораторном занятии студенты проводят исследование с одной-двумя форсунками в соответствии с заданным вариантом условий из таблицы 3. Испытания каждой форсунки следует производить при пяти значениях расхода воды из указанного в таблице 3 рабочего и опытного диапазона:

- первый и второй замер – при минимальных опытном и рабочем расходах;
- третий замер – при среднем рабочем расходе;
- четвертый и пятый замер – при максимальных рабочем и опытном расходах.

Таблица 3 – Условия проведения опытов

Марка	Высота расположения, мм	Параметры энергоносителей			
		Вода			Воздух
		Давление, атм*1	Расход, л/мин		Давление, атм*2
Рабочий	Опытный				
МНЛЗ №2					
109У	250	2-4	10,4-14,6	4,2-18	–
УТ65			4,0-6,2	2,6-7,0	–
158У/158Уг			6,2-9,3	4,3-11,0	–
У90			1,6-3,0	1,0-4,0	2-3
У100			0,4-1,0	0,4-2,7	
МНЛЗ №1					
660.066.011.17	300*3	2-4	0,8-1,3	0,5-2,4	–
460.406.30.СЕ			0,75-1,35	0,5-2,5	–
460.366.17.СЕ			0,75-1,0	0,5-1,6	–
148.496.30.39			0,8-1,8	0,4-2,2	2-3
1PM.021.17.07			0,8-1,6	0,3-2,4	
*1 Фиксируется по данным манометра, установленного на центральной магистрали;					
*2 Поддерживается на заданном уровне регулирующим краном;					
*3 Фактические расстояния 95-130 мм.					

Перед началом проведения активного эксперимента проводятся подготовительные операции:

- установка опытной форсунки на заданном расстоянии от орошаемой поверхности (Н, см. рисунок 6) при помощи устройства

крепления и штатива (в случае использования водовоздушных форсунок перед установкой необходимо провести сборку форсунки и смесителя);

- позиционирование форсунки относительно сборной емкости строго по центру (вертикальная ось форсунки должна находиться по центру центральной мерной камеры сборной емкости);
- настройка расхода воды с помощью регулирующего крана на заданный уровень (при постоянном давлении в магистрали);
- закачка в ресивер воздуха до давления 10 атм (при изучении работы водовоздушной форсунки);
- подключение энергоносителей к форсунке: вода для струйной форсунки и вода с воздухом для водовоздушной (в последнем случае подключение производится через смеситель, входящий в комплект водовоздушной форсунки).

После завершения подготовки установки к работе приступают к выполнению исследования. Исследование параметров работы форсунки проводится в следующей последовательности:

- при исследовании водяной (струйной) форсунки производится подача воды (с установленным ранее расходом) в форсунку с помощью запорного крана (см. рисунок 6) в течение 2-3 минут, после чего измеряется уровень воды в каждой мерной камере сборной емкости (при помощи линейки);
- при исследовании водовоздушной форсунки, одновременно с подачей воды (с установленным ранее расходом), включается подача воздуха, давление которого регулируется краном (регулирующий кран на рисунке 4б) в соответствии с заданием (по манометру). Длительность опыта определяется возможностью поддержания заданного давления воздуха, которое зависит от уровня заданного давления и емкости ресивера. Подача воды прекращается, когда давление воздуха падает ниже заданного уровня, после чего измеряется уровень воды в каждой мерной камере сборной емкости (при помощи линейки).

Результаты измерений по каждой исследуемой форсунке при каждом расходе охладителя фиксируются в таблице, форма которой представлена в таблице 4.

По данным измерений для каждой изученной форсунки строятся конфигурации поля орошения (по примеру, представленному на рисунке 7) и графики распределения охладителя по поверхности орошения (по примеру, представленному на рисунке 3) при различных расходах охладителя (допускается изображение опытных данных на одном рисунке по каждой форсунке при различных расходах воды). Графики распределения охладителя для круглофакельной форсунки строятся по любой оси факела, проходящей через центр.

Таблица 4 – Результаты замеров уровня охладителя в поле орошения

Марка форсунки -							
Расход воды, л/мин -							
Угол раскрытия факела форсунки по большой оси факела, град. - *							
Угол раскрытия факела форсунки по малой оси факела, град. - *							
Уровень охладителя в мерных камерах сборной емкости, мм							
* угол раскрытия факела (см. рисунок 42) определяется с использованием основ тригонометрии.							

Для плоскофакельной форсунки аналогичные графики строятся по большой оси факела (см. рисунок 7).

Делаются выводы по влиянию расхода воды, вида форсунки и способа распыления (типа форсунки) на распределение охладителя по поверхности орошения и равномерность теплоотвода от поверхности непрерывнолитого слитка в зоне вторичного охлаждения.

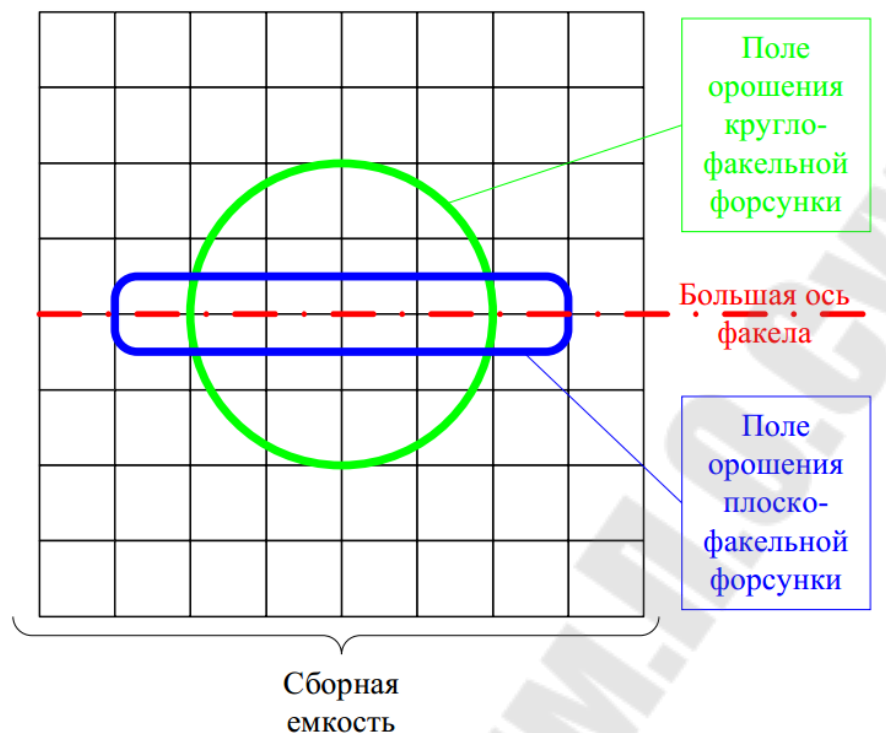


Рисунок 7 – Конфигурация поля орошения (пятно распыления) форсунки

Содержание отчета

По выполненной работе отчет должен содержать: схема лабораторной установки непрерывного литья заготовок, описание работы оборудования, результаты замеров уровня охладителя в поле орошения

Контрольные вопросы

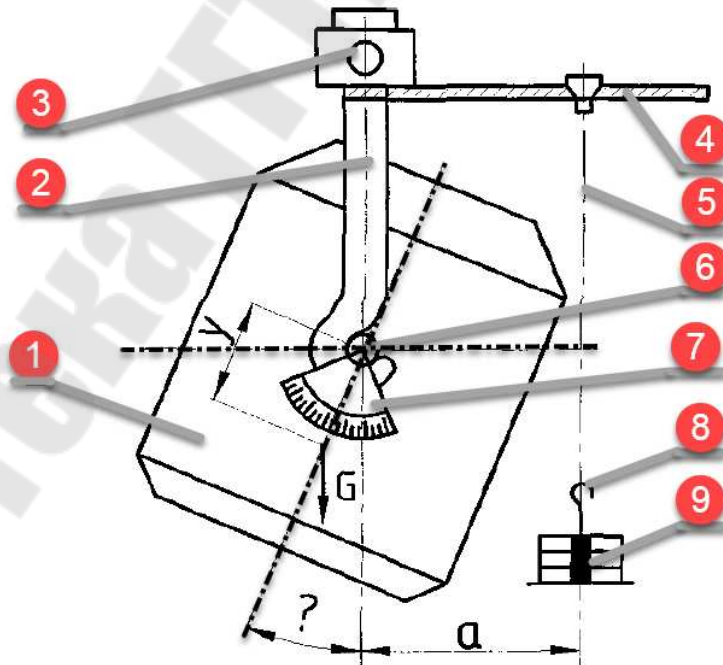
- 1 Виды дефектов непрерывнолитой заготовки и основные причины их образования.
- 2 Требования к организации тепловых условий охлаждения непрерывнолитой заготовки в ЗВО.
- 3 Конструктивные элементы ЗВО современных МНЛЗ.
- 4 Условия охлаждения заготовки на разных участках МНЛЗ: особенности, механизмы и равномерность теплоотвода.
- 5 Характерное распределение охладителя по поверхности орошения при использовании современных форсунок.
- 6 Параметры форсунок ЗВО и их влияние на конструкцию ЗВО, условия теплоотвода и качество непрерывнолитой заготовки.
- 7 Влияние параметров охладителя на распределение плотности орошения форсунки и устойчивость ее характеристик.

Лабораторная работа 6 Исследование положения центра тяжести и места расположения цапф сталевозного ковша

Цель работы: ознакомление на модели с устройством чугуновозного ковша, траверсы с пластинчатыми крюками и механизмами разливочного крана; определение положения центра тяжести порожнего ковша экспериментальным методом; нахождение места расположения цапф ковша с жидкостью по условиям устойчивости.

Теоретические сведения

Положение центра тяжести порожнего ковша определим по методике, предложенной профессором Кёнигом. Ковш 1 (см. рисунок 1) захватываем пластинчатыми крюками 2 и траверсами 3 разливочного ковша и, подняв его вверх на высоту 300–400 мм, удерживаем лебёдкой в поднятом положении. К носку ковша 1 осторожно, не допуская раскачивания, подвешиваем груз 9 весом Q . Замеряем угломером 7 угол поворота ковша φ_i , а линейкой 4 с отвесом 5 – расстояние от оси цапф 6 до подвески 8.



- 1 – ковш; 2 – пластинчатые крюки; 3 – траверса; 4 – линейка;
5 – расстояние, от оси цапф до подвески; 6 – ось цапф; 7 – угол поворота ковша; 8 – подвеска; 9 – груз

Рисунок 1 – Определение положения центра тяжести порожнего ковша

Для того, чтобы исключить трение между цапфами ковша и пластинчатыми крюками, поступаем следующим образом. Навешиваем добавочный груз ΔQ , под действием которого ковш повернётся на дополнительный угол $\Delta\varphi$. После этого осторожно снимаем груз ΔQ . Ковш, возвращаясь назад, не дойдёт до того положения, которое он занимал перед навешиванием добавочного груза. Вновь измеряем угол поворота ковша и плечо a_2 . Взвешиванием находим массу порожнего ковша G . В первом случае уравнение равновесия будет иметь вид:

$$Gy \cdot \sin\varphi_2 + M_{\text{тр}} = Q \cdot a_1 \quad (1)$$

где y – расстояние от оси поворота ковша до центра его тяжести;

$M_{\text{тр}}$ – момент трения на цапфах ковша.

Для второго случая уравнение равновесия будет иметь вид

$$Gy \cdot \sin\varphi_2 + M_{\text{тр}} = Q \cdot a_2 \quad (2)$$

Суммируя левые и правые части уравнений (1) и (2), определяем величину:

$$y = \frac{Q(a_1 + a_2)}{G(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2)} \quad (3)$$

Положение цапф на ковше должно удовлетворять условиям устойчивости при наполнении его жидкостью, что необходимо для создания безопасных условий эксплуатации.

Положение цапф по условию устойчивости определяется по формуле Кёнинга, устанавливающей расстояние от оси цапф до внутренней поверхности днища ковша:

$$h_y = \frac{G \times h_c + \gamma \times \frac{\pi \times R^2 \times h_{\text{ж}}^2}{2}}{G + \gamma \times \pi \times R^2 \times h_{\text{ж}}} \quad (4)$$

где G – вес порожневого ковша, кг,

γ – удельный вес жидкости (воды),

h_c – расстояние от внутренней поверхности днища ковша до центра тяжести порожневого ковша (ц.т.к.), дм.

R – радиус внутренней полости ковша, дм;

$h_{ж}$ – высота столба жидкости, дм.

Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают устройство чугуновозного ковша, траверсы с пластинчатыми крюками и механизмами разливочного крана, определяют положение центра тяжести порожнего ковша экспериментальным методом

Порядок выполнения работы

1. Производится определение расстояния от оси поворота ковша до центра тяжести по вышеперечисленной методике.
2. В ковш заливается жидкость (вода) до верхнего уровня цилиндрической части ковша.
3. Измеряются высота столба жидкости $h_{ж}$ и расстояние от оси поворота ковша до внутренней поверхности днища ковша h_c , и по формуле $h_c = h_0 - y$ определяется расстояние от внутренней поверхности до центра тяжести порожнего ковша.
4. Сливаются жидкость (вода) и измеряется радиус внутренней полости ковша.
5. Полученные значения подставляются в формулу (4) и определяют величину – расстояние от внутренней поверхности днища ковша до расчётного положения цапф, отвечающее условиям устойчивости.
6. Сравнивают полученный результат с реальным положением цапф в экспериментальном ковше и делают выводы.

Содержание отчета

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; описание методики выполнения работы; результаты нахождения экспериментальным путём центра тяжести порожнего сталеразливочного ковша и определение положения его цапф по условиям устойчивости.

Контрольные вопросы

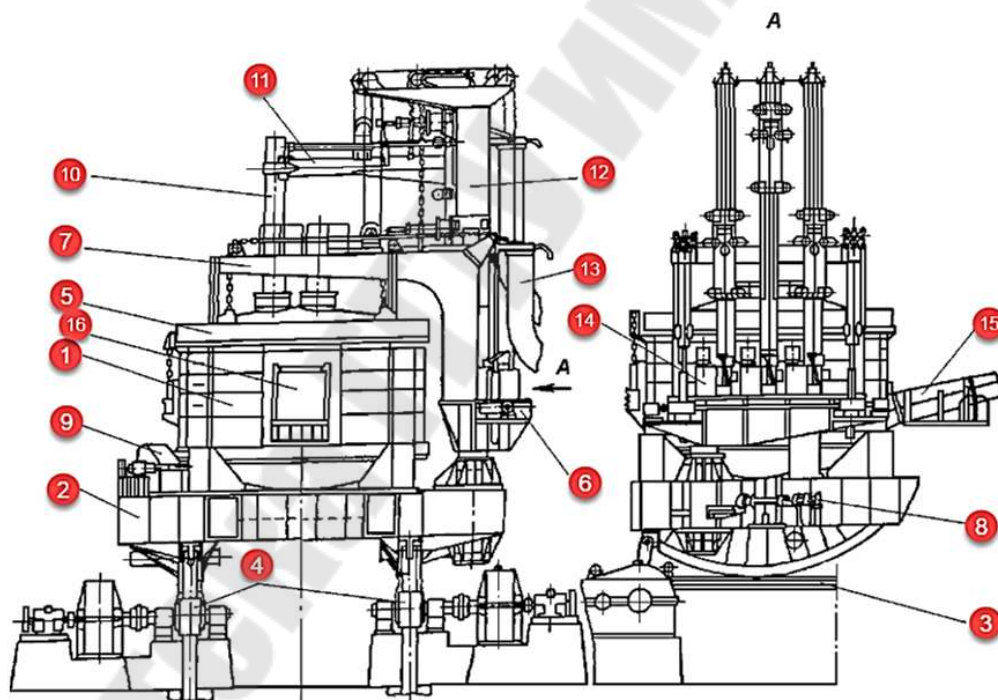
1. Какую роль играет в конструкции ковша положение центра тяжести жидкости и порожнего ковша?
2. Как изменится положение цапф ковша в зависимости от уровня жидкости (металла) в ковше?
3. Как определить положение цапф, обеспечивающее устойчивость системы металл-ковш?
4. В каком случае невыгодна установка цапф выше уровня металла?

Лабораторная работа 7 «Исследование нагрузок механизма выката корпуса электросталеплавильной печи»

Цель работы: определение усилий, необходимых для выката корпуса электросталеплавильной печи, на модели двумя способами: экспериментальным и расчетным; сопоставление опытных и расчетных данных, анализ полученных результатов.

Теоретические сведения

Нахождение усилий, необходимых для выката корпуса электропечи, экспериментальным методом. Откат корпуса электропечи на модели производится механизмом с выкатной платформой. Вес корпуса электропечи и люльки 1 (рисунок 8) передается через сегменты 2 балкам 3 выкатной платформы 6.



1 – корпус; 2 – люлька; 3 – фундаментные балки; 4 – реечный механизм наклона корпуса с электроприводами; 5 – свод; 6 – механизм подъема свода; 7 – полупортал; 8 – механизм поворота свода; 9 – механизм поворота корпуса; 10 – электрод; 11 – электрододержатель; 12 – колонны для перемещения кареток электрододержателей; 13 – гибкие шины для подвода тока; 14 – механизм перемещения электрода; 15 – сливной носок; 16 – рабочее окно

Рисунок 1 – Схема электросталеплавильной печи

Последняя опирается на катки 4, заключенные в раме. При движении рамы катков выкатная платформа также получает поступательное движение, но уже с удвоенным перемещением. Катки 4 опираются на две параллельные балки 5.

Привод механизма выката корпуса печи состоит из электродвигателя 10, червячного редуктора 9 и винтовой пары 8 с поступательно движущейся гайкой 7. Тяга 6 с овальными отверстиями обеспечивает ее работу на растяжение при изменении направления движения рамы.

Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты определяют усилия, необходимые для выката корпуса электросталеплавильной печи экспериментальным и расчетным способом.

Порядок выполнения работы

1. Проверить и собрать измерительную схему их проволочных датчиков. Последние наклеены на серьгу тяги 6 механизма выката корпуса печи (рисунок 2).

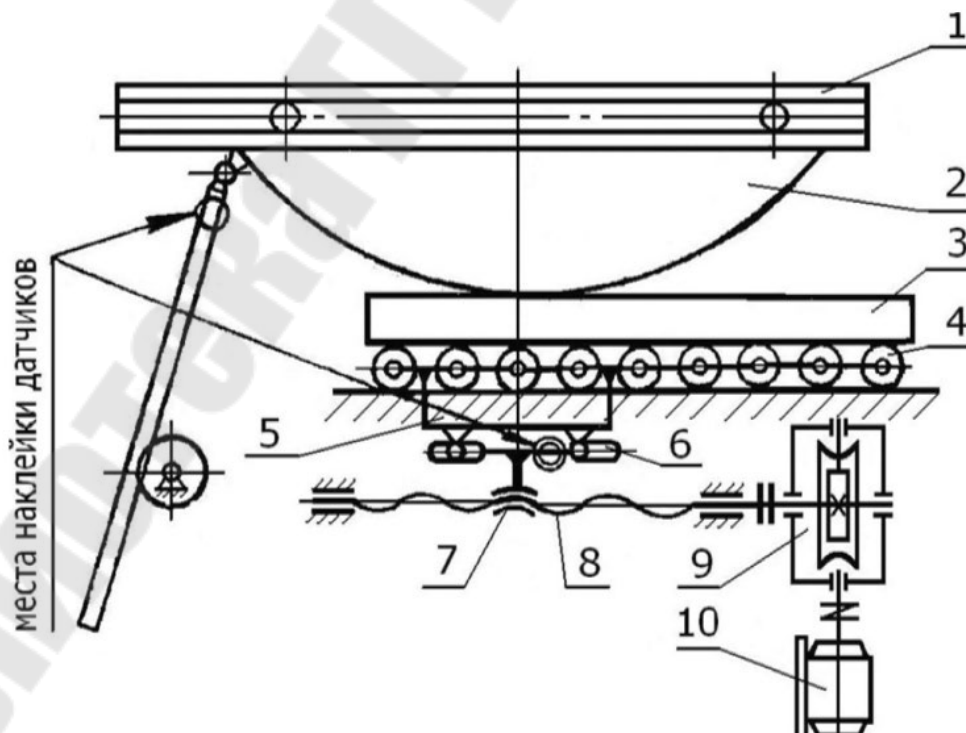


Рисунок 2 – Кинематическая схема механизма выката корпуса электросталеплавильной печи

2. Соединить измерительный мост с усилителем и подключить самопишущий прибор. Выбрать необходимую ступень усиления и произвести балансировку моста из проволочных датчиков.

3. Произвести запись усилий при выкате корпуса электропечи в обе стороны.

4. Определить масштаб усилий на записанной диаграмме косвенным методом тарирования с использованием тарировочной балки.

5. Произвести обработку диаграммы усилий механизма выката корпуса печи (рис. 3).

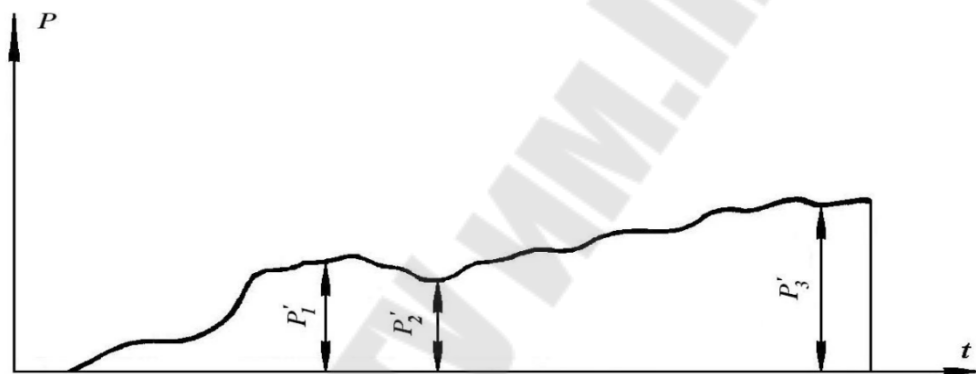


Рисунок 3 – Диаграмма усилий механизма выката электропечи

6. Определить по диаграмме (рис. 3) значения усилий (рис. 4) и вычислить их среднюю величину, кг:

$$P_{\text{ср(э)}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} \quad (1)$$

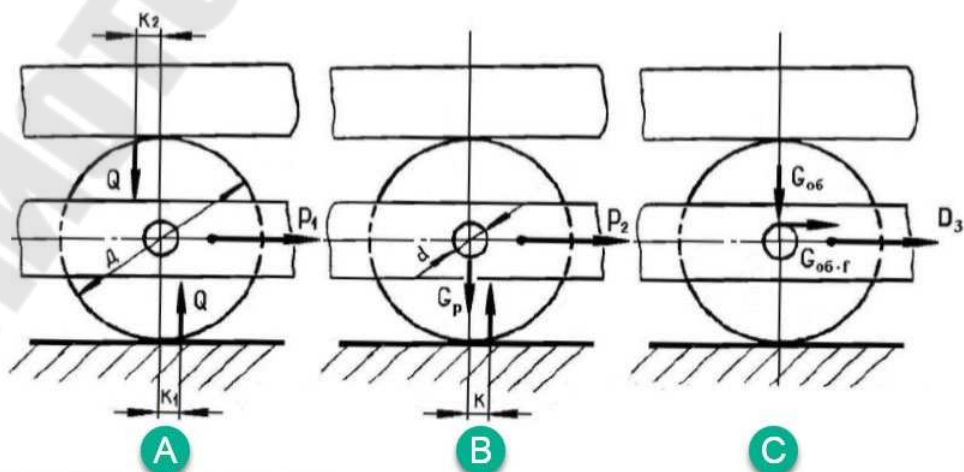


Рисунок 4 – Схемы для определения усилий при выкате корпуса печи

Определение расчетных усилий, для выката корпуса печи

Усилие, возникающее в результате качения балок выкатной платформы по каткам и катков по опорной раме, определяется по формуле, кг:

$$P_1 = \frac{2Q(k_1 + k_2)}{D} \quad (2)$$

где Q - вес люльки с опорными сегментами и корпусом печи, кг;

D - диаметр опорных катков, см;

k_1 и k_2 - коэффициенты трения качения.

Так как рама и балки выкатной платформы выполнены из стали, следовательно:

$$k_1 = k_2 = k \quad (3)$$

Тогда

$$P_1 = \frac{4Qk}{D} \quad (4)$$

Усилие, возникающее при качении катков от действия их собственного веса, составит, кг:

$$P_2 = \frac{fG_p d}{D} \quad (5)$$

где G_p - суммарный вес катков в двух обоймах, кг.

Усилие, необходимое для преодоления трения в осях опорных катков, кг:

$$P_3 = \frac{fG_{об} d}{D} \quad (6)$$

где $G_{об}$ - суммарный вес двух обойм катков, кг.

Полное усилие, необходимое для выката печи с учетом трения в ребордах опорных катков, кг:

$$P_0 = (P_1 + P_2 + P_3)c \quad (7)$$

где c - коэффициент, учитывающий трение реборд опорных катков о раму.

Анализ экспериментальных и расчетных данных

1. Определить относительную разность между экспериментальными и расчетными усилиями и дать ей объяснение:

$$\delta = \frac{P_{\text{ср(э)}} - P_0}{P_{\text{ср(э)}}} \times 100\% \quad (8)$$

2. Используя экспериментальные данные, определить коэффициент c , учитывающий трение в ребордах опорных катков:

$$c = \frac{P_{\text{ср(э)}}}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (9)$$

3. Найти относительные величины сил P_2 и P_3 по отношению к полному тяговому усилию:

$$P_{2\%} = \frac{P_2}{P_1 + P_2 + P_3} \times 100\% \quad (10)$$

$$P_{3\%} = \frac{P_3}{P_1 + P_2 + P_3} \times 100\% \quad (11)$$

Содержание отчета

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; описание и результаты определения усилий механизма выката корпуса электросталеплавильной печи двумя способами: экспериментальным и расчётным; необходимые схемы и рисунки; анализ опытных и расчётных данных.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение электросталеплавильных печей?
2. Какие механизмы входят в состав оборудования печи?
3. Какие типы электросталеплавильных печей существуют?
4. Какова последовательность работы механизмов печи при выплавке стали?
5. Почему возникает разность между экспериментальными и расчётными усилиями, необходимыми для выката корпуса печи?
6. Как снизить суммарное время цикла при выплавке стали?

Лабораторная работа 8 «Определение давления металла на валки при прокатке на лабораторном прокатном стане»

Цель работы: изучить способы определения давления металла P на валки (усилия прокатки) экспериментальным и расчётным с использованием известных методик.

Теоретические сведения

Давление металла на валки адекватно усилию прокатки, оно даёт количественное представление о силовом нагружении несущих элементов рабочей клетки и главного привода и служит основным параметром при расчётах этих элементов на прочность и деформацию. При проектировании или реконструкции рабочих клеток прокатных станов давление металла на валки, как и средние удельные, определяют расчётным путём по известным методикам, выбираемым по соответствующим условиям прокатки. На действующих станах предоставляется возможность определить давление металла на валки экспериментально по усилию прокатки, измеряемому при помощи месдоз (датчиков измерения давления) в силовой цепи "подушка прокатного валка – нажимной винт рабочей клетки".

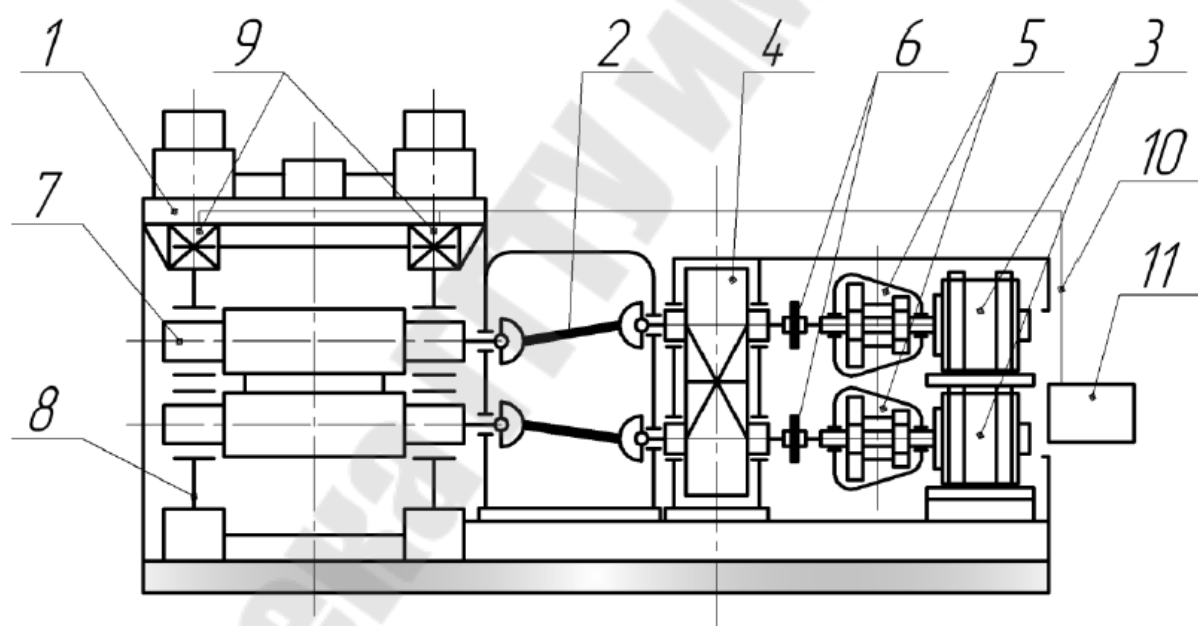
Методика проведения работы при экспериментальном определении давления

Мерой давления металла на валки служит упругая деформация элементов, включённых в силовую цепь рабочей клетки (станин, подушек прокатных валков, нажимных винтов и т. п.). Измерить давление металла на валки можно преобразованием упругой деформации датчиков измерительных приборов (месдоз) в электрический импульс. С помощью различных датчиков: ёмкостных, угольных, индуктивных, магнитострикционных, сопротивления и других усилие, действующее на нажимные винты, преобразуется в электрический сигнал, который визуально считывается с показывающих приборов или записывается на бумагу и расшифровывается при наличии определённой тарировки и градуировки.

Лабораторный прокатный стан предназначен для исследования процессов обработки металлов давлением (холодной прокатки

цветных металлов). Устройство стана включает двухвалковую рабочую клетку, два универсальных шпинделя, шестерённую клетку, валы которой соединены посредством предохранительных муфт с редукторами и два электродвигателя привода (рисунок 12). Лабораторный прокатный стан оснащён тензометрическим весоизмерительным электронным устройством типа ТВЭУ, позволяющим определять усилие прокатки. Для этого в нажимные винты нажимного механизма рабочей клетки смонтированы тензорезисторные датчики (месдозы), подключённые по определённой схеме (рисунок 13).

Устройство состоит из силовоспринимающего узла (СВУ), соединительной коробки и вторичного преобразователя (далее по тексту – прибора).



1 – двухвалковая рабочая клетка, 2 – универсальные шпиндели, 3 – электродвигатели, 4 – шестеренная клетка, 5 – редукторы, 6 – предохранительные муфты, 7 – рабочие валки двухвалковой клетки, 8 – станина, 9 – месдозы, 10 – провода соединительные, 11 – вторичный преобразователь

Рисунок 1 – Принципиальная схема лабораторного прокатного стана

В состав СВУ входит весоизмерительный тензорезисторный датчик (далее «датчик») и установочная оснастка, конструкция

которой зависит от модификации датчика, устанавливаемого оборудования, а также от условий эксплуатации. Соединительная коробка представляет собой контейнер из ударопрочного пластика и предназначена для параллельного соединения проводов кабеля датчика. Коробка соединена с прибором общим кабелем.

Принцип работы устройства основан на преобразовании усилия прокатки в аналоговый сигнал на выходе датчика и последующей цифровой обработке сигнала в микропроцессорном приборе с выдачей результата на табло индикации и выходные разъёмы для связи с внешними регистрирующими устройствами по стандартным интерфейсам.

Прибор принимает аналоговый сигнал датчиков по 4-х или 6-ти проводному кабелю, усиливает его, преобразует в цифровой код, производит необходимые вычисления и выдаёт показания на табло индикатора и выходной разъем.

Преобразователь ТВ-014 предназначен для следующих операций:

- измерение усилия прокатки в составе измерительных систем;
- суммирование результатов измерений;
- отображение результатов измерения;
- обмен информацией с другими устройствами по последовательным каналам связи в соответствии со стандартами RS-232 или RS-485.

Определение давления металла на валки выполняется с помощью месдозы (с фольговыми датчиками сопротивления), которая устанавливается под нажимные винты. Месдоза работает нормально, если в материале, из которого она изготовлена, напряжение не превышает предела упругости или в отдельных случаях – предела текучести.

Для месдозы кольцевого сечения расчетные напряжения определяются:

$$\sigma = \frac{4P_B}{\pi(D_H^2 - d_{BH}^2)} \leq \sigma_s \quad (1)$$

где P_B - максимальная нагрузка на нажимной винт;

D_H - наружный диаметр месдозы;

d_{BH} - внутренний диаметр месдозы;

σ_s - предел текучести материала месдозы.

Месдоза состоит из наружного и внутреннего стальных колец, между которыми пропущена фольговая лента в качестве проводника измерительного моста, в его плечи включены сопротивления $R_1 R_2$ (питающая обмотка) и $R_3 R_4$ (сигнальная обмотка) (см. рисунок 2).

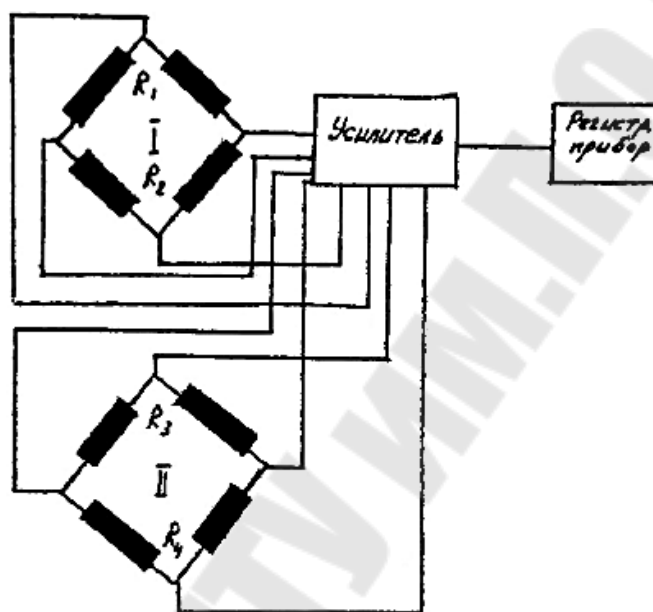


Рисунок 2 – Схема включения месдоз

Методика проведения работы при расчетном определении давления:

При определении давления металла на валки расчетным путем используются результаты прокатки при экспериментальном методе, упругое сплющивание валков не учитывается.

В целях более точного определения давления металла на валки расчет производится по формуле А.А. Королева. Определяется относительное среднее удельное давление как отношение P_{cp} к константе пластичности материала k :

$$\left(\frac{P_{cp}}{k}\right) = \frac{2}{\varepsilon \times \delta} \left[\left(\frac{1}{(1-\varepsilon)}\right)^{\frac{\delta-1}{2}} \times \left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) \right] \quad (2)$$

$$\delta = \mu \times \frac{2-\varepsilon}{\varepsilon} \times \frac{1}{h_{cp}} \quad (3)$$

Определяется усредненное значение:

$$\left(\frac{P_{cp}}{k}\right)_{cp} = \frac{\left[\left(\frac{P_{cp}}{k}\right)_1 + \left(\frac{P_{cp}}{k}\right)_2\right]}{2} \quad (4)$$

Зависимость P_{cp}/k от $1/h_{cp}$ определяется по номограмме (рис. 3).

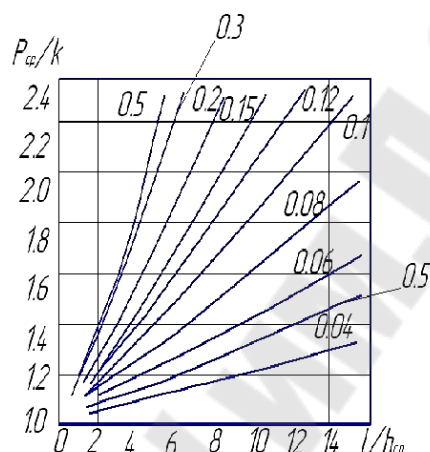
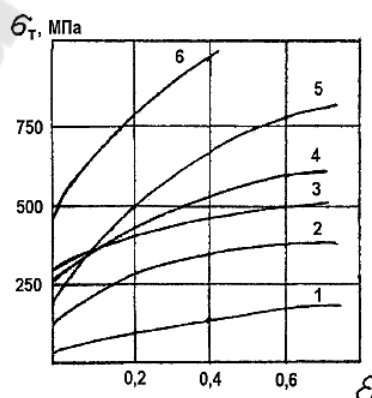


Рисунок 3 – Зависимость P_{cp}/k от $1/h_{cp}$ при различных значениях коэффициента трения

В зависимости от предела текучести прокатываемого материала σ_T по графику (рис. 4) определяется значение $k_{cp}=1,15 \sigma_T$ при соответствующем значении относительного обжатия ε .



1 – алюминий; 2 – медь; 3 – сталь 10; 4 – латунь Л62; 5 – никель; 6 – сталь 1Х18Н9Т

Рисунок 4 – Зависимость предела текучести σ_T от относительного обжатия при холодной прокатке.

С учетом полученных значений рассчитываются значения удельного давления:

$$P_{\text{ср}} = \left(\frac{P_{\text{ср}}}{k} \right)_{\text{ср}} \times k_{\text{ср}} \quad (5)$$

и давления металла на валки:

$$P = P_{\text{ср}} \times l \times B \quad (6)$$

Постановка работы

При выполнении данной лабораторной работы студенты изучают способы определения давления металла на валки (усилия прокатки) экспериментальным и расчётным с использованием известных методик

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со станом и измерительной аппаратурой;
2. Произвести последовательно прокатку образцов (алюминий, медь) с обжатием ε 5, 10, 20, 30, 40 %, показания и результаты прокатки занести в таблицу 1.

№	Толщина металла, мм		Абс. обжатие, Δh мм	Ср. высота очага дефф., $h_{\text{ср}}$, мм	Отн. обжатие при прокатке, ε	Утяжка, l мм	Давление металла на валки, P МПа
	До прохода, Н	После прохода, h					

Содержание отчета

По выполненной работе отчет должен содержать: цель работы; основные положения и результаты, сравнение результатов расчётов и эксперимента и выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Каковы зависимости между силовыми и технологическими параметрами при прокатке?
2. Что в наибольшей степени влияет на точность результатов расчётов давления металла на валки?
3. Как влияет относительное обжатие на величину удельного давления и усилия прокатки?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каблуковский А.Ф. Производство электростали и ферросплавов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 511 с.
2. Соколов А.М. Скоростная плавка стали в дуговых электропечах. – М.: «Машгиз», 1963. -273 с.
3. Семин А.Е., Кочетов А.И., Косырев К.Л. Выплавка стали в открытых дуговых печах. Уч. пособие. – М.: МИСиС, 1997. – 32 с.
4. Айзатулов Р.С. Харлашин П.С., Протопопов Е.В., Назюта Л.Ю. Теоретические основы сталеплавильных процессов. – М.: МИСиС, 2004. -320 с.
5. Эллиот Д.Ф., Глейзер М., Рамакришна В. Термохимия сталеплавильных процессов. М.: «Металлургия», 1969. – 252 с.
6. Белова Т.Г., Афанасьев М.И., Никольский В.С. Metallургия стали. Лаб. практикум. – Электросталь, ЭПИ МИСиС, 2006. - 126 с.
7. Мастрюков Б.С. Расчеты металлургических печей. – М.: Metallургия, 1986. -376 с.
8. Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И. Основы проектирования металлургических заводов. Справочник. – М.: Интернет Инжиниринг, 2002. -464 с.
9. Сталь на рубеже столетий/ Колл. авторов, ред. Карабасов Ю.С. – М.МИСиС, 2001. – 664 с.
10. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.
11. Шмарихин В.К. Учебное пособие по экономическим и организационным вопросам в дипломном проектировании для студентов специальностей 12.04. – М.: МИСиС, 1988. – 116 с.
12. Самарин А.М. Электрометаллургия. – М.: ГНТЧМ, 1943. – 516 с.
13. Шерашевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1976. – 152 с.
14. Новик Л.М. Внепечная вакуумная металлургия стали. М.: – Наука, 1986. -192 с.
15. Поволоцкий Д.Я., Гудим Ю.А. Выплавка легированной стали в дуговых печах. – М.: Metallургия, 1987. – 138 с.

16. Зальцман Э.С. Изложницы для легированных сталей. – Электросталь: ЭПИ МИСиС, 2004. – 208 с.
17. Соколов Г.А. Внепечное рафинирование стали. – М.: Metallurgy, 1977. -208 с.
18. Кудрин В.А. Metallurgy стали. – М.: Metallurgy, 1989. - 560 с.
19. Черепанов К.А., Черныш Г.И. и др. Утилизация вторичных материальных ресурсов в черной металлургии. – М.: Metallurgy, 1994. – 224 с.
20. Арутюнов В.А., Егоров А.В., Стомахин А.Я. Дожигание горючих компонентов в рабочих камерах промышленных печей. Известие ВУЗОВ. Ч.М. – 2003. № 3, 46 – 55 с.
21. Поволоцкий Д.Я. Кудрин В.А. Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. – М.: «МИСиС», 1995. – 256 с.
22. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: «Мир», 2003. – 528 с., ил.
23. Зайцев Н.Л. Экономика организации. – М.: «Экзамен», 2004. – 624 с.
24. Физико – химические расчеты электросталеплавильных процессов: Сб. задач с решениями / В.А. Григорян, А.Я. Стомахин, Ю.И. Уточкин и др. – М.: МИСиС, 2007. – 318 с.
25. Звонарев В.П., Щербаков С.И. и др. Глубокое восстановление хрома из шлаков в ДСП при производстве коррозионно-стойких сталей. Сталь. – 2007 – № 6, -30.
26. Кузьмин М.Г. Чередниченко В.С. Отечественный агрегат ковше-печь для внепечной обработки стали. – Сталь, 2006. – № 6, – 38 с.
27. Балландино В. Джордж К. Комплексная обработка стали в ковше-печи: практический подход. – Сталь, 2007. – № 11, – 52 с.
28. Матвеев И. В. Оборудование литейных цехов. М.: И. в., 2003
29. Аксёнов П. Н. Оборудование литейных цехов. Учебник для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
30. Матвеев И. В. и Тарский В. Л. Оборудование литейных цехов. Учебник для техникумов. М.: Машиностроение, 1976. – 440 с.
31. Иванов В. Н. Словарь-справочник по литейному производству. – М.: Машиностроение, 1990. – 348 с.

32. Горский А. И., Геллер Р. Л., Лиокумович Л. Ф. Расчёты машин литейного производства. М.: Машиностроение, 1966. – 404 с.
33. Сибикин, М. Ю. Технологическое оборудование заготовительных и складских производств машиностроительных предприятий : учебное пособие : [16+] / М. Ю. Сибикин. – Изд. 3-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 360 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575077> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-0763-9. – DOI 10.23681/575077. – Текст : электронный.
34. Соболев, Б. М. Расчеты в технологических процессах плавки литейных сталей : учебное пособие : [16+] / Б. М. Соболев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 140 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617677> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0695-6. – Текст : электронный.
35. Металлургическая теплотехника : учебное пособие : [16+] / В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко, А. В. Исанова, В. В. Черниченко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617615> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр.: с. 192. – ISBN 978-5-9729-0626-0. – Текст : электронный.
36. Специальные технологии художественной обработки материалов: по литейным материалам : учебно-методическое пособие / В. Г. Березюк, А. М. Синичкин, С. И. Лыткина, и др. ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014. – 168 с. : табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364623> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-2928-0. – Текст : электронный.
37. Лехов, О. С. Установка совмещенного процесса непрерывного литья и деформации для производства биметаллических полос / О. С. Лехов, М. М. Шевелев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 256 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617613> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0715-1. – Текст : электронный.

38. Основы теории формирования отливки : практикум / Т. Р. Гильманшина, В. Н. Баранов, В. Г. Бабкин, и др. ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014. – 148 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: _____ по _____ подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364581> (дата обращения: 19.01.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-2965-5. – Текст : электронный.