

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Южно-Уральский государственный университет**  
**(национальный исследовательский университет)»**  
**Институт политехнический**  
**Факультет материаловедения и металлургических технологий**  
**Кафедра пирометаллургических процессов**

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

\_\_\_\_\_  
\_доцент каф. ЛП\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_/\_\_Ивочкина О.В.\_\_/  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,  
к.т.н.,

\_\_\_\_\_/П.А. Гамов/

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

СОВРЕМЕННОЕ ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПО НОМЕНКЛАТУРЕ ООО  
"ЧТЗ - УРАЛТРАК" НА ГОДОВОЙ ВЫПУСК 1500 ТОНН ОТЛИВОК  
УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ЛИТЬЁМ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**  
**ЮУрГУ–22.04.02.2020.191.ПЗ ВКР**

Консультант

\_\_\_\_\_  
\_к.т.н., доцент\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Руководитель работы

\_\_\_\_\_  
Профессор каф. ЛП\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_/\_\_Л.Г. Знаменский\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

Консультант

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

Автор работы

студент группы \_П-248\_\_

\_\_\_\_\_/\_\_Н.А. Топорков\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О.Ф.)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2020 г.

## АННОТАЦИЯ

Топорков Н. А. Современное литейное производство ООО «ЧТЗ-Уралтрак» на годовой выпуск 1500 тонн отливок из углеродистой стали литьем по выплавляемым моделям. – Челябинск: 2020, П-248, 89 с., библиогр. список – 10 наим., 2 прил., 8 лист чертежей.

Объект исследования – годовой выпуск отливок «ЧТЗ-Уралтрак».

Предмет исследования – процесс точного литья.

Задачи исследования:

1. разработать производственные отделения литейного цеха,
2. подобрать оптимальные виды оборудования для всех отделений литейного цеха,
3. рассчитать количество оборудования для всех отделений литейного цеха,
4. определить необходимую площадь складского помещения.
5. рассмотреть отливку массового производства «Угольник поворотный».
6. произвести анализ технологичности изготовления отливки, выбрать способ изготовления отливки.

Проект ориентирован на современные разработки технологического оборудования литейного производства, механизацию и автоматизацию технологических процессов.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
<b>1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ</b>	
1.1 Особенности литейного производства России.....	9
1.2 Разновидности литья по выплавляемым формам.....	12
<b>2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ</b>	
2.1 Структура литейного цеха, режим работы и фонды времени.....	19
2.2 Плавильное отделение и составление баланса металла.....	23
2.3 Расчет шихты и составление ведомости расходов шихтовых материалов. Выбор и расчет плавильного отделения.....	26
2.4 Расчет потребностей ковшей и модельное отделение.....	29
2.5 Технология изготовления моделей, выбор и расчет оборудования для модельного отделения. Формовочно-заливочное отделение .....	36
2.6 Термообрубное отделение и склады литейных цехов. Вспомогательные отделения и участки цех.....	46
<b>3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ "УГОЛЬНИК ПОВОРОТНЫЙ"</b>	
3.1 Выбор положения отливки в форме в период заливки. Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	53
3.2 Модельная масса, приготовление суспензий. Расчет гидролиза ЭТС.....	58
3.3 Керамические формы и финишные операции.....	63
<b>4 ХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЖИДКО-СТЕКОЛНЫХ СЛОЕВ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМОБОЛОЧЕК</b>	
4.1 Этилсиликат в точном литье.....	71
4.2 Приготовление закрепляющего раствора.....	76
<b>5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов. Запыленность воздуха рабочей зоны.....	80
5.2 Шум, вибрация, освещение, электробезопасность и очистка выбросов. Обезвреживание и утилизация отходов.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	87
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. КОМПОНЕНТЫ ШИХТЫ 45Л.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КОМПОНЕНТЫ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ШИХТЫ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ.....	89

## ВВЕДЕНИЕ

Основной способ изготовления отливок – литье в песчаные формы, которым получают около 80% отливок.

Литейное производство позволяет получить заготовки сложной конфигурации с минимальными припусками на обработку резанием и с хорошими механическими свойствами. Технологический процесс изготовления механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок. Достижения современной науки во многих случаях позволяют коренным образом изменить технологический процесс, что, в конечном счете, помогает улучшить качество продукции и повысить эффективность производства.

Целью данной работы является разработка современного литейного производства ООО «ЧТЗ-Уралтрак» на годовой выпуск 1500 тонн отливок из углеродистой стали литьем по выплавляемым моделям с современным оборудованием и использованием новейших технологий в области литейного производства.

Степень научной разработки проблемы. В данной работе мы опирались на труды Л.Г. Знаменского и А.С. Варламова «Процессы ускоренного формообразования в литье по выплавляемым моделям».

Задачи: разработать производственные отделения литейного цеха, подобрать оптимальные виды оборудования для всех отделений литейного цеха, рассчитать количество оборудования для всех отделений литейного цеха, определить необходимую площадь складского помещения.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Особенности литейного производства России

Литейное производство России является основной заготовительной базой машиностроительного комплекса и его развитие зависит от темпов развития машиностроения в целом. Литейное производство занимает лидирующее положение среди заготовительных баз машиностроения, таких, как сварка и кузница. Коэффициент использования металла (от 75 до 95%), технологическая возможность получения сложных по конфигурации и геометрии литых заготовок со сложными поднутрениями и внутренними полостями позволит литейному производству и в дальнейшем сохранить свое ведущее положение среди заготовительных производств.

Однако, литейное производство является наиболее энергоемким и материалоемким производством. Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,1...1,7 тонн металлических материалов, ферросплавов и флюсов, переработка и подготовка 3...5 тонн формовочных песков (при литье в песчано-глинистые формы), 3...4 кг связующих материалов и красок. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50...60%, стоимость материалов 30...35 %. В современных условиях отдельным отраслям присущи неравномерные темпы развития. Удельная доля производства и использования литых заготовок отраслей; в общем объеме производства машиностроительного комплекса составляет:

- автомобильная и тракторная – 60 %;
- электротехническая – 6 %;
- тяжелое и энергетическое машиностроение – 8 %;
- химическое и нефтяное машиностроение – 12 %;
- дорожное и коммунальное машиностроение – 10 %;

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- станкостроение и приборостроение – 2 %;
- другие отрасли – 2 %.

Объемы производства литых заготовок зависят от выпуска машиностроительной продукции, так как доля литых деталей из черных и цветных сплавов в машинах (автомобилях, тракторах, комбайнах, самолетах, танках и др.) составляет 40...50 %, а в металлообрабатывающих станках и кузнечно-прессовом оборудовании до 70 % по массе и до 20 % от стоимости машин. В настоящее время, как правило, литейные цехи находятся в структуре машиностроительных предприятий и производят отливки для собственных нужд.

Большая часть литейных заводов и цехов являются акционерными обществами или частными предприятиями. В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке) занято около 300 тыс. человек, в том числе 90 % рабочих, 9,8 % инженерных и 0,2 % научных работников. Выпуск отливок на одного работающего в 2015 г. составил около 13,3 тонн в год. Динамика изменения производства отливок с 1985 г. приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Динамика изменения производства отливок с 1985 г.

Годы	1985	1990	2001	2006	2010	2011	2012	2013	2015
Выпуск отливок, млн.т.	18,5	13,4	4,85	7,6	7,0	4,2	3,9	4,1	3,9
В том числе из:									
чугуна	12,9	9,3	3,5	5,2	5,1	3,0	2,9	3,1	2,9
стали	3,1	3,24	0,96	1,3	1,0	0,7	0,6	0,8	0,6
цветных сплавов	2,5	0,86	0,39	1,1	0,9	0,5	0,4	0,5	0,4

В настоящее время производство отливок по технологическим процессам распределяется (по экспертной оценке 2015 г.) следующим образом (таблица 1.2.).

Таблица 1.2 – Производство отливок по технологическим процессам, %

Технологический процесс	Доля, %
1. Литье в сырые песчано-глиняные формы	50,0
2. Литье в разовые формы из ХТС	29,0
3. Литье в кокиль	5,0
4. Литье под давлением	8,0
5. Центробежное литье	5,0
6. Литье в оболочковые формы	0,5
7. Литье по выплавляемым моделям	1,0
8. Литье по газифицируемым моделям	0,3
9. Непрерывное литье	0,8
10. Другие технологии литья	0,4

Степень механизации и автоматизации литейного производства России оценивается производством отливок на различные оборудования в соответствии с таблицей 1.3.

Таблица 1.3 – Производство по степени механизации

Тип оборудования	Производство отливок
На автоматических линиях	25
На полуавтоматических линиях	30
На машинах	35
Вручную	15

Постоянно возрастающие требования к экологической безопасности производства заставляют искать новые способы переработки и применения промышленных отходов. Metallургия является той производственной отраслью, где количество побочных продуктов, в значительной степени самое значительно из всех сфер человеческой деятельности. Причем данные отходы, с одной стороны, способны наносить серьезный урон окружающей среде, с другой

стороны, при умелом использовании могут быть ценными материалами, заменяющими естественное природное сырье и новые дорогостоящие продукты.

Основным потребителем отходов черной металлургии является в настоящее время строительная сфера. Вместе с тем, современное литейное производство, в качестве наполнителей литейных форм и стержней, противопопригарных красок, в значительных объемах потребляет обогащенный кварцевый песок, а для специальных способов литья такие дорогостоящие материалы, как белый электрокорунд, дистенсиллиманит, кристобалит, молотый пылевидный кварц. Поэтому, умелое применение дешевых отходов, не уступающих по технологическим параметрам свежим формовочным материалам, в качестве их заменителей, создает ресурс удешевления продукции литейного производства, а также решения экологических проблем, рационального природопользования и ресурсосбережения.

В современном мире остро встает вопрос совершенствования методов и способов производства точных отливок как в машиностроении, приборостроении, авиастроении, так и в художественном и ювелирном литье. Это можно реализовать благодаря разработке новых и совершенствования существующих технологических процессов, а также за счет применения новых, обладающих лучшими свойствами и характеристиками, материалов. Специфика точных отливок заключается в сложнопрофильности и повышенных требованиях, предъявляемых к качеству их поверхности, геометрической форме, толщине стенки. Основным способом получения таких отливок в разовые формы является литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) в оболочковые или объемные формы.

## 1.2 Разновидности литья по выплавляемым моделям

Существует несколько разновидностей ЛВМ, применение которых на практике обусловлено рядом причин. Так в настоящее время в машиностроении наиболее распространенным способом получения точных отливок является литье

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



по выплавляемым моделям в многослойные оболочковые формы на гидролизованном этилсиликате в качестве связующего с применением различных наполнителей. Выбор материала наполнителя зависит чаще всего от типа заливаемого сплава. При изготовлении отливок из цветных сплавов, чугуна и стали, чаще всего используют пылевидный кварц в качестве наполнителя огнеупорной суспензии и кварцевый песок в качестве обсыпки. Для литья жаропрочных сплавов применяют электрокорунд, дистенсиллиманит. Для формирования внутренних полостей отливки используются стержни, получаемые методом твердофазного спекания из порошков огнеупорных материалов. Менее широко распространены оболочковые формы на жидкостекольном связующем.

При производстве отливок из стали и чугуна литьём по выплавляемым моделям в качестве связующих в основном используются гидролизованные растворы этилсиликата (ГРЭС) и жидкое стекло (ЖС). При этом физико-механические характеристики суспензий и форм, главным образом, определяются свойствами указанных материалов и наполнителей.

Наибольшее распространение получили многослойные керамические формы для ЛВМ на гидролизованном этилсиликате. В качестве наполнителей и обсыпочных материалов применяют различные сыпучие огнеупорные оксиды или их соединения: кварц кристаллический  $\text{SiO}_2$ , электрокорунд белый  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , магнезит  $\text{MgO}$ , муллит  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  и другие.

Высокое и стабильное качество форм обеспечивается при применении связующих, полученных гидролизом этилсиликата (ЭС) в среде органических растворителей. Однако такой способ подготовки связующего является дорогостоящим и ухудшает условия труда в цехе (использование этилового спирта, ацетона и т. д.). Подготовка этилсиликатного связующего непосредственно в литейных цехах путём гидролиза ЭС без органических растворителей позволяет получать связующие со стабильными свойствами, но уровень физико-механических характеристик получаемых форм не обеспечивает изготовления крупногабаритных отливок.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Использование готовых этилсиликатных связующих (ГС-20Э, ГС-12И, «Экосил–мелур» (Россия); Silester (Англия) VP (ФРГ)) на предприятиях значительно улучшает экологическую обстановку. Однако опыт применения ГС-20Э показал, что поставляемые партии не имеют стабильных свойств, требуют особых условий хранения, а получаемые оболочки склоны к расслоению. Импортные готовые связующие являются дорогими и затраты на их приобретение часто не окупаются.

При изготовлении отливок из сплавов, содержащих химически активные компоненты, например, жаропрочных никелевых, в процессе вакуумной заливки происходит термическая диссоциация кремнезема формы с образованием атомарного и молекулярного кислорода, а также монооксида кремния. Данные продукты диссоциации способны окислять химически активные компоненты сплава, такие как алюминий, титан и др., образовывать на поверхности отливки дефекты в виде оксидных плен, а также насыщать сплав кремнием, который является в них вредной примесью. Термодинамические расчеты и эксперименты показали, что более термохимически устойчивыми соединениями являются алюмосиликаты, предпочтительно – муллит.

С целью повышения прочности и термостойкости оболочковых форм ЛВМ различными исследователями применялись методы армирования форм, физико-химическая обработка связующих и самих форм. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что литье по выплавляемым моделям является постоянным совершенствующимся технологическим процессом, позволяющим получить наиболее сложные по конфигурации и точные отливки, практически из любых сплавов черных и цветных металлов. Повышение эффективности литейного производства неразрывно связано с внедрением ресурсосберегающих технологий, увеличением производительности и улучшением условий труда.

Решение данных задач в значительной степени обусловлено темпами инноваций прогрессивных технологий, основанных на специальных способах литья, позволяющих максимально приблизить отливку по форме и размерам к

готовой детали, снизить массу отливки, расход энергии и вспомогательных материалов, объем механической обработки, повысить производительность за счет высокой степени комплексной механизации и автоматизации, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Специальные способы литья также создают условия для перехода к комплексно автоматизированному производству, построенному на основе современных гибких производственных систем.

Вместе с тем, постоянно возрастающие требования к точности литых заготовок, экологичности литейного производства и, одновременно, снижению себестоимости в условиях жесткой конкуренции, заставляют исследователей и в области специальных способов литья разрабатывать новые процессы формообразования и приготовления расплавов, составы связующих композиций и смесей, обладающих высокой прочностью, термостойкостью, низкой себестоимостью, недефицитностью и обеспечивающих хорошие санитарно-гигиенические условия труда и охрану окружающей среды. Литье по разовым удаляемым моделям по способу формообразования имеет две основные разновидности: литье в оболочковые и объемные керамические, а также гипсовые и цементные формы. По способу удаления применяемых разовых моделей выделяют литье по выплавляемым, растворяемым и выжигаемым моделям. Наибольшее распространение в машиностроении получило литье по выплавляемым моделям.

С древних времен известен метод восковой формовки, который является прообразом современного технологического процесса литья по выплавляемым моделям. Сущность метода заключалась в том, что из воска получали модель будущей отливки, которую покрывали глиной густой консистенции. В глине делали отверстия для выхода расплавленного воска при обжиге формы и для последующей заливки в нее металла. Полученные отливки достаточно хорошо воспроизводили модель. В эпоху Возрождения методом восковой формовки пользовались итальянские скульпторы и ювелиры. Этим методом в России были

изготовлены памятники Петру I, Минину и Пожарскому и др. В конце XIX в. в несколько измененном виде этот метод литья начал применяться в зубопротезном деле. Только с 1940 г., когда для получения оболочек был применен новый связующий материал на основе этилового эфира ортокремниевой кислоты (этилсиликат), литье по выплавляемым моделям стало распространяться в промышленном производстве. В годы второй мировой войны выплавляемые модели уже применяли для литья моторных, оружейных, авиационных и других деталей. В настоящее время литье по выплавляемым моделям широко применяется в современном машиностроении, приборостроении, судостроении, авиационном моторостроении, ракетостроении и т.д.

Метод литья в оболочковые керамические формы по выплавляемым и растворяемым моделям широко используется при изготовлении отливок массой от десятков граммов до сотен килограммов из черных и цветных сплавов. Особенно широко он применяется для деталей из жаропрочных или специальных труднообрабатываемых сплавов. Высокие точность и качество поверхности отливок позволяют снизить припуски на механическую обработку до 0,2...0,7 мм, сократить потери металла на стружку, уменьшить потребность в металлорежущем оборудовании. Наиболее эффективно изготовление литья по выплавляемым моделям в серийном и массовом производстве, где успешно работают механизированные и комплексно-автоматизированные линии.

Технология литья по таким моделям в керамические формы имеет ряд специфических особенностей:

- модель служит для получения только одной отливки, так как вытапливается, растворяется или выжигается в процессе изготовления формы;
- модель служит для получения только одной отливки, так как вытапливается, растворяется или выжигается в процессе изготовления формы;
- металл заливают в тонкостенные неразъемные формы, получаемые путем нанесения огнеупорного покрытия на модель, сушки покрытия, удаления модели и последующего прокаливания формы;

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

- формовочная смесь представляет собой суспензию, состоящую из наполнителя в виде мелкозернистого огнеупорного материала и связующего раствора;
- применение мелкозернистых пылевидных огнеупорных материалов обеспечивает очень высокое качество поверхности отливки.

Схема изготовления по выплавляемым моделям мелких деталей в условиях крупносерийного и массового производства представлена на рисунке 1.1.

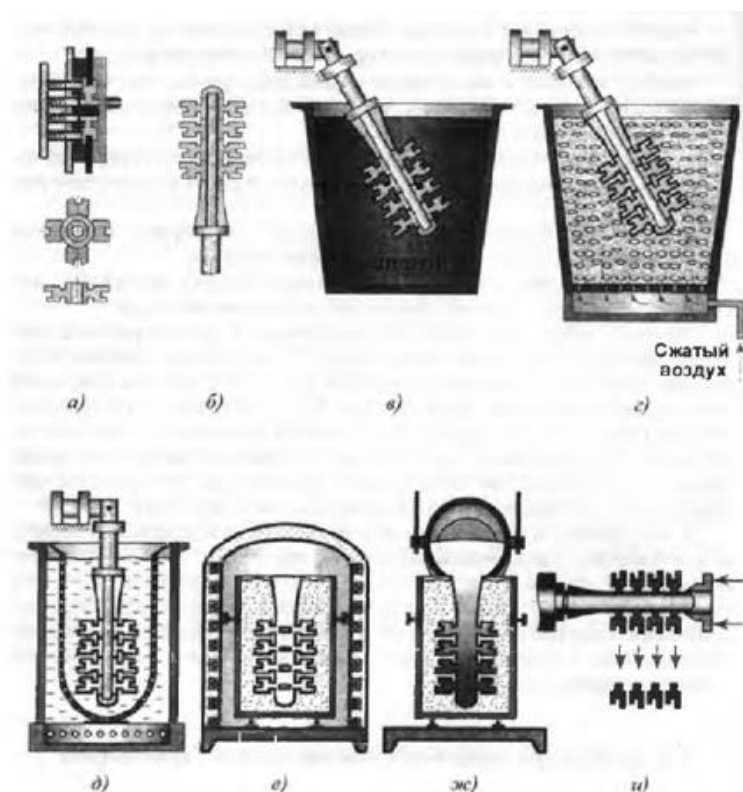


Рисунок 1.1 – Изготовление мелких отливок по выплавляемым моделям: а – пресс-форма; б – сборка моделей на каркас-стояк; в – нанесение суспензии на модельный блок; г – обсыпка слоя суспензии кварцевым песком; д – выплавление модельного состава в горячей воде; е – прокаливание литейной формы; ж – заливка формы; и – отделение отливок от стояка

Восковые модели изготавливают в многоместной пресс-форме на специальном пресс-автомате в виде звеньев (рисунок 1.1, а), а затем собирают в модельный блок с общей литниковой системой (рисунок 1.1, б). Затем на модельный блок

наносят огнеупорную суспензию (рисунок 1.1, в), состоящую из связующего раствора (как правило, на основе этилсиликата) и огнеупорного порошка (наполнителя). Для укрепления слоя суспензии его обсыпают также огнеупорным зернистым материалом, но более крупной фракции (рисунок 1.1, г), после чего просушивают. На блок последовательно наносят несколько слоев.

В зависимости от материала модели ее удаляют из керамической оболочки выплавлением, растворением или выжиганием (рисунок 1.1, д). Оболочку прокаливают для удаления остатков модельного состава и других органических веществ (рисунок 1.1, е), а также спекания зерен огнеупорного наполнителя со связующим. Если прочность оболочки недостаточна, ее перед прокаливанием заформовывают в огнеупорный наполнитель и в таком виде после прокалики заливают металлом (рисунок 1.1, ж).

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

## 2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

### 2.1 Структура литейного цеха, режим работы и фонды времени

Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой номенклатурой в соответствии с таблицей

2.1. Отливки изготавливаются из стали 45Л ГОСТ 977-88.

Таблица 2.1 – Точная производственная программа

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок за годовую программу, т
1	2	3	4	5
1. Рычаг	45Л	0,243	308642	75,00
2. Корпус	45Л	0,236	317797	75,00
3. Кронштейн	45Л	0,260	288462	75,00
4. Проушина	45Л	0,260	288462	75,00
5. Вставка	45Л	0,200	375000	75,00
6. Петля	45Л	0,500	150000	75,00
7. Пластина	45Л	0,340	220588	75,00
8. Замок	45Л	0,140	535714	75,00
9. Хомут	45Л	0,180	416667	75,00
10. Корпус	45Л	0,180	416667	75,00
11. Вилка	45Л	0,940	79787	75,00
12. Кронштейн	45Л	0,800	93750	75,00
13. Бонка	45Л	0,990	75758	75,00
14. Штуцер	45Л	0,230	326087	75,00
15. Фланец	45Л	0,340	220588	75,00
16. Стакан	45Л	0,140	535714	75,00
17. Рычаг	45Л	0,640	117188	75,00
18. Вставка	45Л	1,270	59055	75,00
19. Петля	45Л	1,270	59055	75,00

Продолжение таблицы 2.1

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок за годовую программу, т
20. Угольный поворотный	45Л	0,160	468750	75,00
Итого			5353730	1500,00

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного производства, должен обеспечить выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных программой, начиная со складов шихтовых материалов и поступления годного литья на склад отливок.

Цех стального литья производительностью 1500 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

Проектируемый литейный цех состоит из производственных и вспомогательных отделений, складских и служебно-бытовых помещений.

К производственным отделениям, где выполняется собственно технологический процесс изготовления отливок, относятся следующие:

- модельное отделение;
- изготовление оболочек форм;
- прокалочно-заливочное;
- термообрубное.

К вспомогательным относят следующие отделения:

- подготовки формовочных материалов и шихты;
- ремонта пресс-форм другой технологической оснастки;
- мастерские механика и энергетика;
- цеховая лаборатория.

К складским помещениям относят:



- склад шихтовых материалов;
- склад пресс-форм;
- склад формовочных материалов;
- склад приспособлений и инструментов;
- склад огнеупоров;
- склад готовой продукции.

К административно-бытовым помещениям относятся конторы цеха, технологическое бюро, службы механика и энергетика, бухгалтерия, отдел труда и зарплаты, производственно-диспетчерская и планово-экономическая службы, отдел технического контроля, гардеробные, душевые, столовые, медпункт, санузлы.

#### *Режим работы и фонды времени*

Режим работы литейных цехов определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

Проектируемый цех относится к категории литейных цехов крупносерийного производства, в котором выполнение большинства трудоемких операций механизировано и автоматизировано.

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

Различается три основных фонда рабочего времени:

- календарный ( $\Phi_K$ ), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный ( $\Phi_H$ ), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;

					<b>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>21</b>

- действительный ( $\Phi_{д}$ ), учитывающий полное годовое рабочее время с неизбежными потерями.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово-предупредительных ремонтов.

Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске.

В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих  $\Phi_{н}=2070$  часов и для оборудования  $\Phi_{н}=4140$  часов.

Действительный фонд времени составляет:

$$\Phi_{д} = \frac{\Phi_{н} \cdot (100 - \alpha)}{100} \quad (1)$$

где  $\Phi_{н}$  – номинальный фонд времени, ч;

$\alpha$  – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потеря времени, %	Действительный ф. времени, ч
Оборудование для приготовления модельного состава, изготовления моделей	2	4140	8	3890

Продолжение таблицы 2.2

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени., ч	Потеря времени, %	Действительный фонд. времени, ч
Оборудование для изготовления оболочек, выплавления моделей, выбивки, обрубки и очистки отливок	2	4140	6	3892
Печи индукционные	2	4140	7	3850
Печи термические	3	6120	5	5900

## 2.2 Плавильное отделение и составление баланса металла

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 2.3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

Таблица 2.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок за годовую программу, т
1	2	3	4	5
1. Рычаг	45Л	0,243	308642	75,00
2. Корпус	45Л	0,236	317797	75,00
3. Кронштейн	45Л	0,260	288462	75,00
4. Проушина	45Л	0,260	288462	75,00
5. Вставка	45Л	0,200	375000	75,00
6. Петля	45Л	0,500	150000	75,00
7. Пластина	45Л	0,340	220588	75,00
8. Замок	45Л	0,140	535714	75,00
9. Хомут	45Л	0,180	416667	75,00
10. Корпус	45Л	0,180	416667	75,00

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок за годовую программу, т
11. Вилка	45Л	0,940	79787	75,00
12. Кронштейн	45Л	0,800	93750	75,00
13. Бонка	45Л	0,990	75758	75,00
14. Штуцер	45Л	0,230	326087	75,00
15. Фланец	45Л	0,340	220588	75,00
16. Стакан	45Л	0,140	535714	75,00
17. Рычаг	45Л	0,640	117188	75,00
18. Вставка	45Л	1,270	59055	75,00
19. Петля	45Л	1,270	59055	75,00
20. Угольный поворотный	45Л	0,160	468750	75,00
Итого			5353730	1500,00

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Литниковая система			Всего, т
	Литниковая система на одну отливку, кг	Отливка с литниками, кг	Литников на годовую программу, т	
1	12	13	14	15
1. Рычаг	0,19	0,44	61,86	139,18
2. Корпус	0,19	0,42	61,86	139,18
3. Кронштейн	0,21	0,47	61,86	139,18
4. Проушина	0,21	0,47	61,86	139,18
5. Вставка	0,16	0,36	61,86	139,18
6. Петля	0,40	0,90	61,86	139,18
7. Пластина	0,27	0,61	61,86	139,18
8. Замок	0,11	0,25	61,86	139,18
9. Хомут	0,14	0,32	61,86	139,18
10. Корпус	0,14	0,32	61,86	139,18
11. Вилка	0,75	1,69	61,86	139,18
12. Кронштейн	0,64	1,44	61,86	139,18
13. Бонка	0,79	1,78	61,86	139,18

Продолжение таблицы 2.3

Название отливки	Литниковая система			Всего, т
	Лит. система на одну отливку, кг	Отливка с литниками, кг	Литников на годовую программу, т	
14. Штуцер	0,18	0,41	61,86	139,18
15. Фланец	0,27	0,61	61,86	139,18
16. Стакан	0,11	0,25	61,86	139,18
17. Рычаг	0,51	1,15	61,86	139,18
18. Вставка	1,02	2,29	61,86	139,18
19. Петля	1,02	2,29	61,86	139,18
20. Угольный поворотный	0,12	0,28	57,99	135,31
Итого	7,45	16,77	1233,25	2779,64

Составление баланса металла. В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 45Л ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Химический состав стали 45Л

Обозначение по ГОСТ 977-88	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %	
	C		Mn		Si		S	P
	min	max	min	max	min	max		
45Л	0,420	0,500	0,400	0,900	0,200	0,520	0,040	0,040

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 2.5).

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\Gamma + \text{Л} + \text{Б}}{100 - \text{П}} \cdot 100, \quad (2)$$

где М – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т.;

Г – масса годных отливок, т.;

Б – масса бракованных и опытных, отливок, технологических проб, т.;

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей:

$$M_{45л} = \frac{1500 + 46,39 + 1233,25}{(100 - 3 - 0,1 - 0,2)} \cdot 100 = 2874,5 \text{ т.}$$

Таблица 2.5 – Баланс металла

Наименования статей	45Л	
	%	т
1. Годные отливки	52,18	1500,00
2. Брак отливок	1,61	46,39
3. Литники и прибыли	42,90	1233,25
4. Технические пробы	0,10	2,87
5. Сливы и сплески	0,20	5,75
Итого жидкого металла	97,00	2788,26
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	86,23
Металлозавалка	100,00	2874,50

### 2.3 Расчет шихты и составление ведомости расходы шихтовых материалов.

#### Выбор и расчет плавильного отделения

Целесообразно вести расчёт на 100 кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт. Результаты расчета приведены в приложении. Ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов для 45Л	
	%	т
1. Возврат 45Л	44,82	1288,26
2. Лом стальной ГОСТ 2787-86	49,31	1414,27
3. Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	4,12	118,29
4. Ферросилиций ФС75ГОСТ 1415-93	0,51	14,75
5. Ферромарганец ФМн65ГОСТ 4755-91	1,25	35,93
Итого	100,00	2874,50
1. Шлакообразующие	3,0	86,23
2. Раскислитель	2,0	57,49
Итого	105,00	3018,22

*Выбор и расчет плавильного отделения*

Для плавки стали в последнее время все чаще применяются агрегаты, использующие электронагрев – индукционные и дуговые печи. Индукционные печи средней частоты (ИПСЧ) обладают несомненными техническими и экономическими преимуществами, обусловленными эффектом внутреннего нагрева шихты вихревыми токами и потерями на перемагничивание ферромагнетиков в сильных электромагнитных полях повышенной частоты. Индукционный метод обеспечивает выделение теплоты непосредственно в металле без теплопередачи излучением или конвекцией, сопровождаемых значительными потерями, поэтому индукционные печи имеют значительно более высокий технологический КПД, чем агрегаты, работающие на топливе.

После выбора типа агрегата необходимо установить его вместимость. Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле:

$$G = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{н}} \cdot \tau}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (3)$$

где G – расчетная вместимость печи, т;

$V_{\Gamma}$  - годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$K_H$  – коэффициент неравномерности потребления и производства;

$\tau$  – длительность разливки одной плавки, ч;

$\Phi_D$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{2874,5 \cdot 1,1 \cdot 0,2}{3850} = 0,16 \text{ т.}$$

Из стандартного ряда печей выбираем печь емкостью 200 кг. Для выплавки стали в цехе применяют индукционную тигельную печь MFT Ge20.

Технические характеристики печи MFT Ge200:

- мощность плавления, кВА: 200;
- производительность max, т/ч: 0,25;
- номинальная емкость, т: 0,2.

В процессе плавки металла температура контролируется вольфрам-молибденовой термопарой.

Расчетное количество плавильных агрегатов  $P_1$  определяется по формуле:

$$P_1' = \frac{V_r \cdot K_H}{\Phi_D' \cdot N_{\text{расч}}'} \quad (4)$$

где  $V_r$  – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$\Phi_D'$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N_{\text{расч}}'$  – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

$K_H$  – коэффициент неравномерности потребления и производства.

В условиях массового и крупносерийного производства  $K_H = 1,0 \dots 1,2$ .

$$P_1' = \frac{2874,5 \cdot 1,2}{3850 \cdot 0,2} = 4,35.$$

Число единиц оборудования ( $P_2'$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3} \quad (5)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки ( $K_3 = 0,7 \dots 0,9$ ).



$$P_2' = \frac{4,35}{0,8} = 5,21.$$

Принимаем  $P_2' = 6$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле :

$$K_{эф} = \frac{P_1'}{P_2'} \quad (6)$$

$$K_{эф} = \frac{4,35}{6} = 0,72.$$

Для выплавки стали принимаем к установке шесть индукционных тигельных печи средней частоты MFT Ge200 фирмы OTTO JUNKER.

## 2.4 Расчет потребности ковшей и модельное отделение

Перед подачей разливочного ковша под слив стали из печи ковш подогревается на стенде обогрева ковшей до покраснения футеровки. Температура выпуска металла должна превышать температуру заливки на 50...70 °С. В ковше производится дополнительное раскисление силикокальцием.

Заливка форм производится из 50 кг ковшей, снабженных винтовыми заливочными устройствами, перемещающимися по монорельсовому пути.

При расчете количества ковшей учитываются:

- время ожидания ковша у печи, наполнение металлом, продолжительность модифицирования;
- время доставки ковша на участок разливки;
- время раздачи металла из ковша;
- время возврата пустого ковша;
- время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры.

Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных):

- непрерывная работа: 3...4 ч;
- остывание до ремонта: 0,5...0,7 ч;

- текущий ремонт: 0,5...1,0 ч;
- установка под желоб, выпуск металла: 0,5 ч;
- капитальный ремонт и подогрев: 2...3 ч;
- сушка и разогрев после капитального ремонта: 2...3 ч.

Расчет разливочных ковшей проводится по формуле:

$$n = \frac{B_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q}$$

где  $B_r$  – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

$t$  – средний цикл оборота ковша, ч;  $t = 0,33$ ;

$Q$  – емкость ковша, т;

$n$  – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{2874,5 \cdot 0,33}{3850 \cdot 0,05} = 4,92.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного отделения, рассчитывается по формуле:

$$N_1 = n \left( \frac{Z_1}{z} + 1 \right), \quad (8)$$

где  $N_1$  – общее количество ковшей, шт;

$Z_1$  – время ремонта ковша,  $Z_1 = 8$  ч;

$z$  – время работы ковша до ремонта,  $z = 8$  ч.

$$N_1 = n \left( \frac{8}{8} + 1 \right) = 9,66.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (9)$$

$$N = 9,66 \cdot 1,1 = 10,63.$$

Полученное значение округляем до целой величины и принимаем  $N = 11$ .  
Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 13 шт.

					<i>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

В цехе также есть два ковша емкостью 200 кг, для аварийной сливки металла из печи.

В модельном отделении предусмотрено приготовление модельного состава, изготовление модельных звеньев и сборка их в блоки. Все процессы автоматизированы.

Ведомость годовой потребности в модельных звеньях и блоках приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Ведомость годовой потребности в модельных звеньях и блоках

Название отливки	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.	Потери блоков при обмазке	
					%	шт.
1	2	3	4	5	6	7
1. Рычаг	2	8	16	19887	5,00	994
2. Корпус	2	7	14	23402	5,00	1170
3.Кронштейн	2	7	14	21242	5,00	1062
4. Проушина	2	7	14	21242	5,00	1062
5. Вставка	2	8	16	24162	5,00	1208
6. Петля	1	10	10	15464	5,00	773
7. Пластина	2	8	16	14213	5,00	711
8. Замок	6	8	48	11506	5,00	575
9. Хомут	4	8	32	13424	5,00	671
10. Корпус	4	8	32	13424	5,00	671
11. Вилка	1	4	4	20564	5,00	1028
12.Кронштейн	1	5	5	19330	5,00	966
13. Бонка	1	4	4	19525	5,00	976
14. Штуцер	4	8	32	10505	5,00	525
15. Фланец	4	10	40	5685	5,00	284
16. Стакан	4	10	40	13807	5,00	690
17. Рычаг	1	6	6	20135	5,00	1007
18. Вставка	1	4	4	15220	5,00	761

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.	Потери блоков при обмазке	
					%	шт.
19. Петля	1	4	4	15220	5,00	761
20. Угольный поворотный	6	6	36	13424	5,0	671
Итого				331380		16569

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокатке и заливки форм		Количество блоков на годовую программу, шт.
	%	шт.	%	шт.	
1	8	9	10	11	12
1. Рычаг	3	597	5	994	22472
2. Корпус	3	702	5	1170	26444
3. Кронштейн	3	637	5	1062	24003
4. Проушина	3	637	5	1062	24003
5. Вставка	3	725	5	1208	27303
6. Петля	3	464	5	773	17474
7. Пластина	3	426	5	711	16061
8. Замок	3	345	5	575	13002
9. Хомут	3	403	5	671	15169
10. Корпус	3	403	5	671	15169
11. Вилка	3	617	5	1028	23237
12. Кронштейн	3	580	5	966	21483
13. Бонка	3	586	5	976	22062
14. Штуцер	3	315	5	525	11871
15. Фланец	3	171	5	284	6424
16. Стакан	3	414	5	690	15602
17. Рычаг	3	604	5	1007	22753

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокатке и заливки форм		Количество блоков на годовую программу, шт.
	%	шт.	%	шт.	
18. Вставка	3	457	5	761	17199
19. Петля	3	457	5	761	17199
20. Угольник поворотный	3	403	5	671	15169
Итого		9941	100	16569	374460

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Требуемое количество звеньев, шт.	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.
		%	шт.	
1	13	14	15	16
1. Рычаг	179776	15	26966	206742
2. Корпус	185108	15	27766	212875
3. Кронштейн	168021	15	25203	193225
4. Проушина	168021	14	25203	193225
5. Вставка	218428	15	32764	251192
6. Петля	174742	15	26211	200954
7. Пластина	128487	15	19273	147760
8. Замок	104013	15	15602	119615
9. Хомут	121349	15	18202	139551
10. Корпус	121349	15	18202	139551
11. Вилка	92948	15	13942	106890
12. Кронштейн	109214	15	16382	125596
13. Бонка	88254	15	13238	101492
14. Штуцер	94969	15	14245	109214
15. Фланец	64243	15	9637	73880
16. Стакан	156020	15	23403	179423
17. Рычаг	136517	15	20478	156995
18. Вставка	68796	15	10319	79116

Продолжение таблицы 2.7

Название отливки	Требуемое количество звеньев, шт	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт
		%	шт.	
19. Петля	68796	15	10319	79116
20. Угольник поворотный	91012	15	13652	104663
Итого	2540064		381010	2921074

Ведомость годовой потребности литниковых чашах и колпачках в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Ведомость годовой потребности в литниковых чашах и колпачках

Название отливки	Количество блоков на годовую программу, шт	Количество в блоке, шт		Потребность, шт	
		чаш	колпачков	чаш	колпачков
1	2	3	4	5	6
1. Рычаг	206742	3	5	68914	41348
2. Корпус	212875	3	5	70958	42575
3. Кронштейн	193225	3	5	64408	38645
4. Проушина	193225	3	5	64408	38645
5. Вставка	251192	3	5	83731	50238
6. Петля	200954	3	5	66985	40191
7. Пластина	147760	3	5	49253	29552
8. Замок	119615	3	5	39872	23923
9. Хомут	139551	3	5	46517	27910
10. Корпус	139551	3	5	46517	27910
11. Вилка	106890	3	5	35630	21378
12. Кронштейн	125596	3	5	41865	25119
13. Бонка	101492	3	5	33831	20298
14. Штуцер	109214	3	5	36405	21843

Продолжение таблицы 2.8

Название отливки	Количество блоков на годовую программу, шт	Количество в блоке, шт		Потребность, шт	
		чаш	колпачко в	чаш	колпачков
15. Фланец	73880	3	5	24627	14776
16. Стакан	179423	3	5	59808	35885
17. Рычаг	156995	3	5	52332	31399
18. Вставка	79116	3	5	26372	15823
19. Петля	79116	3	5	26372	15823
20. Угольный поворотный	104663	3	5	34888	20933
Итого	2921074			973691	584215

Продолжение таблицы 2.8

Название отливки	Брак при запрессовке				Количество на годовую программу, шт.	
	чаш		колпачков		чаш	колпачков
	%	шт.	%	шт.		
1	7	8	9	10	11	12
1. Рычаг	15	10337	12	4962	79251	46310
2. Корпус	15	10644	12	5109	81602	47684
3. Кронштейн	15	9661	12	4637	74069	43282
4. Проушина	15	9661	12	4637	74069	43282
5. Вставка	15	12560	12	6029	96290	56267
6. Петля	15	10048	12	4823	77032	45014
7. Пластина	15	7388	12	3546	56641	33098
8. Замок	15	5981	12	2871	45853	26794
9. Хомут	15	6978	12	3349	53495	31259
10. Корпус	15	6978	12	3349	53495	31259
11. Вилка	15	5345	12	2565	40975	23943
12. Кронштейн	15	6280	12	3014	48145	28134
13. Бонка	15	5075	12	2436	38905	22734
14. Штуцер	15	5461	12	2621	41865	24464
15. Фланец	15	3694	12	1773	28321	16549
16. Стакан	15	8971	12	4306	68779	40191

Продолжение таблицы 2.8

Название отливки	Брак при запрессовке				Количество на годовую программу, шт.	
	чаш		колпачков		чаш	колпачков
	%	шт.	%	шт.		
17. Рычаг	15	7850	12	3768	60181	35167
18. Вставка	15	3956	12	1899	30328	17722
19. Петля	15	3956	12	1899	30328	17722
20. Угольный поворотный	15	5233	12	2512	40121	23445
Итого	15	146054	12	70106	1119745	654320

2.5 Технология изготовления моделей, выбор и расчет оборудования для модельного отделения. Прокалочно-заливочное отделение

Модели изготавливаются из модельного состава МВС-15 ТУ 6-05-1516-72 на основе парафина, церезина и полиэтиленовых восков ПВ-200.

Свойства состава:

- температура плавления: 77,5 °С;
- температура состава в пастообразном состоянии: 62...64 °С;
- свободная линейная усадка (при запрессовке пастообразного состава): 1,1...1,25 %;
- зольность: 0,02 % по массе.

Модельный состав приготавливают на глицериновой бане с электрическим подогревом. Исходные материалы перед загрузкой измельчают до кусков размером не более 50 мм, что ускоряет процесс расплавления.

*Выбор оборудования для модельного отделения*

В установке 652А объединены плавильный агрегат, четыре ёмкостных бака, четыре мазеприготовительных агрегата, четыре насосно-нагревательных станций.



Плавильный агрегат обогревается паром, который поступает от насосно-нагревательных станций. Из плавильного агрегата модельный состав перекачивается центробежным насосом в ёмкостные баки, из которых поступает в мажеприготовительный бак с шестеренчатыми смесителями. Приготовленный модельный состав пневматическими насосами транспортируется по трубопроводам к запрессовочным автоматам приготовления моделей.

Технические характеристики установки 652А:

- производительность установки, м<sup>3</sup>/ч: 0,150;
- давление модельного состава, МПа: до 1;
- температура пара, °С: 100...110;
- расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/ч: не более 0,5;
- расход воды, м<sup>3</sup>/ч: не более 1;
- габаритные размеры установки, мм: 13000 x 4000 x 2400;
- общая установленная мощность, кВт: 133,1.

Модельные звенья приготавливаются на карусельных десятипозиционных автоматах модели 653. Охлаждение пресс-форм осуществляется водой с температурой 6...100 °С. Температура модельной массы при запрессовке составляет 48...52 °С. Работа шприца заблокирована с работой поворотного стола. Вращение стола плавное. Удаление модельных звеньев из водяной ванны осуществляется по мере ее наполнения. Не допускается загрязнение установки модельным составом. Периодически в течение смены производится чистка полостей пресс-форм при выключенном автомате.

Технические характеристики установки 653:

- производительность установки, звеньев в час: 190...360;
- размеры поверхностей для крепления пресс-форм, мм: 250×250;
- темп работы стола, °С: 10...14;
- число устанавливаемых пресс-форм, шт: 10;
- ход подвижной плиты, мм: 160;

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

- расход воздуха не более, м<sup>3</sup>/ч: 50;
- расход воды, м<sup>3</sup>/ч: 3...4;
- давление сжатого воздуха, МПа: 0,5;
- усилие смыкания, кН: 10;
- габаритные размеры, мм: 3700×2900×1400.

*Выбор и расчет оборудования для модельного отделения*

Количество модельного состава на годовую программу определяется по формуле:

$$Q = \frac{M \cdot \rho}{\rho_1 \cdot K}, \quad (10)$$

где M – годовая потребность в жидком металле, кг;

$\rho$  – плотность модельной массы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_1$  – плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;

K – коэффициент использования возврата модельной массы.

$$Q = \frac{2874500 \cdot 910}{7800 \cdot 0,8} = 406621,64.$$

Объем модельного состава на годовую программу определяется по формуле:

$$V = \frac{Q}{\rho}, \quad (11)$$

где Q – количество модельного состава на годовую программу, кг;

$\rho$  – плотность модельной массы, кг/м<sup>3</sup>;

$$V = \frac{406621,64}{910} = 446,8 \text{ кг/м}^3.$$

Приготовление пастообразного модельного состава производится на автоматической установке модели 652А. Количество установок определяется по формуле:

$$P'_1 = \frac{446,8 \cdot 1,1}{3809 \cdot 0,15} = 0,86.$$

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Число единиц оборудования ( $P_2'$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{0,86}{0,9} = 0,95.$$

Принимаем  $P_2' = 1$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{эф} = \frac{0,86}{1} = 0,86.$$

Принимаем 1 установку модели 652А.

Модельные звенья изготавливают на карусельных десятипозиционных автоматах модели 653. Количество установок определяется по формуле:

$$P_1' = \frac{4695139 \cdot 1,1}{3809 \cdot 250} = 5,42.$$

Число единиц оборудования ( $P_2'$ ), принимаем к установке цеха, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{5,42}{6} = 5,97.$$

Принимаем  $P_2' = 6$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{эф} = \frac{5,42}{6} = 0,9.$$

Принимаем к установке в цехе 6 автоматов модели 653.

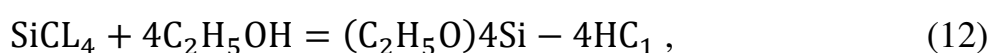
Сборку моделей осуществляют механическим креплением. Это высокопроизводительный метод сборки моделей в блоки на металлический стояк-каркас с механическим зажимом. Стояк-каркас предназначен для сборки моделей звеньями, изготовленными в многоместных пресс-формах с частью модели стояка (втулкой) с замком на торцевой части, исключая относительное перемещение звеньев, собранных в блок. К преимуществам звеньевой сборки на стояк-каркас по сравнению с припайванием относятся в 10...20 раз большая производительность и обеспечение полной повторяемости конструкции блока,

разработанной технологом. Исключается возможность смещения моделей, наблюдаемого при некачественной сборке припаиванием, искажения размера питателя в результате излишнего его оплавления, непрочного присоединения моделей.

Собранный блок обдувают сжатым воздухом от модельной крошки, капель воды, и отправляют на подвесном конвейере в отделение изготовления оболочек форм.

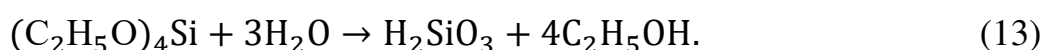
#### *Формовочно-заливочное отделение*

Высокую чистоту поверхности отливки получают вследствие нанесения на выплавляемую модель слоя покрытия из твердой составляющей – пылевидного кварца и жидкого связующего – гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла. Подготовка связующих растворов заключается в приготовлении гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла в гидролизаторах. Этилсиликат (ЭС) – прозрачная или слабоокрашенная жидкость с запахом эфира. Это продукт реакции этилового спирта с четыреххлористым кремнием при непрерывном их смешивании и охлаждении в реакторе. Реакция этерификации, или эфиризации, может быть схематически представлена следующим уравнением (если применяют обезвоженный спирт):



где  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4\text{Si}$  – этиловый моноэфир ортокремниевой кислоты с температурой кипения 165,5 °С, называемый также тетраэтоксисиланом, или моноэфиром.

Для использования этилсиликата в качестве связующего его необходимо подвергнуть гидролизу, т.е. произвести замещение в эфирах этоксильных групп  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$  гидроксильными  $\text{OH}$ , которое в общем можно записать в виде реакции :



При этом кремниевая кислота переходит в коллоидное состояние – золь двуокиси кремния. С целью ускорения процесса гидролиза используют катализатор – соляную кислоту  $\text{HCl}$  в количестве 1,0...1,4 % от объема

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

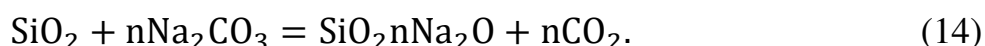
этилсиликата, подвергаемого гидролизу. Для достижения необходимой прочности форм в растворе связующего следует иметь 12...20 % масс. диоксида кремния, что обеспечивается вводом соответствующего количества разбавителя – этилового спирта.

Этилсиликат и вода являются взаимно-нерастворимыми жидкостями, и чтобы обеспечить равномерное протекание процесса гидролиза, связующее готовят с применением в качестве разбавителей органических растворителей, хорошо растворяющих в себе и воду, и этилсиликат.

Количество компонентов гидролиза на один литр ЭТС–40:

- этилсиликат ГОСТ 26371-84: 1000 мл;
- вода дистиллированная ГОСТ 6709-72: 206,7 мл;
- спирт этиловый ГОСТ 17299-85: 1960,7 мл;
- кислота соляная ГОСТ 3118-77: 10 мл;
- всего: 3177,4 мл.

Жидкое стекло относят к основным связующим, так как его водная вытяжка после прокаливания оболочки – щелочная; его получают растворением в горячей воде при повышенном давлении раздробленной силикат-глыбы. Последнюю изготавливают наиболее часто сплавлением кремнезема с содой:



ЖС может быть натриевым, калиевым или литиевым. Жидкое стекло характеризуется химическим составом, модулем, удельным весом. Модуль – это отношение числа грамм-молекул кремнезема к числу грамм-молекул окиси натрия в продукте. Модуль должен быть 2,56...3.

$$M = \frac{A}{D} \cdot 1,032, \quad (15)$$

где А – весовой состав %  $\text{SiO}_2$  в растворе;

Д – весовой состав %  $\text{Na}_2\text{O}$  в растворе.

					<i>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

В цех жидкое стекло поступает готовым. Применяют натриевое содовое жидкое стекло, в котором кремнезем составляет 32 %, окись натрия 12 % и имеет удельный вес  $1,4 \times 10^3$  г/см<sup>3</sup>, плотность 1,22...1,25 г/см<sup>3</sup>.

$$M = \frac{32}{12} \cdot 1,032 = 2,752.$$

Компоненты суспензии:

- связующее (гидролизованный раствор этилсиликата или жидкое стекло);
- огнеупорный наполнитель;
- высокоглиноземистый дисперсный порошок (ВГДП).

В качестве огнеупорного наполнителя используют пылевидный кварц. Его свойства следующие:

- температура плавления: 1710 °С;
- плотность физическая: 2650 кг/м<sup>3</sup>;
- коэффициент термического линейного расширения (КТЛР):  $13,7 \cdot 10^{-6}$  1/°С.

Приготовление огнеупорной суспензии на основе этилсиликатного связующего совмещенным способом:

- вливают в бак расчетное количество смеси ЭТС-40 и спирта. Смесь ЭТС-40 и спирта готовят в специально отведенных копильниках;
- добавляют серной кислоты в объеме согласно рецептуре;
- отмеряют необходимое количество воды и соляной кислоты, вливают кислоту в воду и добавляют в гидролизер, температура гидролиза 25...35 °С;
- после этого добавляют расчетное количество пылевидного кварца и серной кислоты для нейтрализации железа и его окислов;
- после этого добавляют расчетное количество пылевидного кварца и серной кислоты для нейтрализации железа и его окислов;
- суспензию перемешивают в течение 40...60 минут при скорости вращения крыльчатки мешалки 2800 об/мин. Затем суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20...30 минуты;

					<i>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

- измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 60...75 с;
- в суспензию для первого слоя за 5...10 минут до конца перемешивания вливают 0,5 л глицерина, для увеличения времени его подсыхания.

Приготовление суспензии на основе жидкостекольного связующего:

- подготовленное жидкое стекло заливают в установку для приготовления суспензии;
- затем засыпают ВГДП и включают мешалку на 1...2 мин;
- затем засыпают пылевидный кварц и включают мешалку на 10...15 мин до получения однородной суспензии;
- суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20...30 минуты и измеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 32...40 с. Температура огнеупорного покрытия должна быть равна 12...20 °С.

Формирование оболочек на блоках моделей и выплавление последних производится на автоматических линиях изготовления оболочек модели 6Б60. В линию объединены автоматы изготовления оболочек (мод. 6А67), камера сушки (мод. 6А82) и ванна выплавления моделей (мод. 672).

Огнеупорное покрытие готовится в агрегатах для приготовления суспензии мод. 661А.

Расход суспензии на 1500 тонн годных отливок при двух слоях этилсиликатного связующего – 300 т.

Технические характеристики установки мод 661А:

- время перемешивания: 30...60 мин.
- производительность max 0,06, м<sup>3</sup>/ч: 0,06
- мощность, кВт: 3.

Количество установок 661А для этилсиликатного связующего находится по формуле:

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$P'_1 = \frac{300000 \cdot 1,1}{3892 \cdot 60} = 1,41.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаем к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P'_2 = \frac{1,41}{0,9} = 1,55.$$

Принимаем  $P'_2=2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{эф} = \frac{1,47}{2} = 0,71$$

Расход суспензии на 1500 тонн годных отливок при четырех слоях жидкостекольного связующего – 600 т.

Количество установок 661А для жидкостекольного связующего находится по формуле:

$$P'_1 = \frac{600000 \cdot 1,1}{3892 \cdot 60} = 2,83.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P'_2 = \frac{2,83}{0,9} = 3,11.$$

Принимаем  $P'_2=4$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{эф} = \frac{3,11}{4} = 0,71.$$

Далее на блок наносят шесть слоев огнеупорного покрытия: первые два слоя на основе этилсиликатного связующего, остальные четыре – на основе жидкостекольного связующего. При этом блок медленно погружают в суспензию, поворачивая его в различных направлениях. Смачивать суспензией модели можно только после полного завершения процессов их усадки. При нанесении первого слоя суспензия удаляет с поверхности моделей адсорбированный воздух и



смачивает поверхность блока. Затем модельный блок присыпается песком в установках «кипящего слоя». Для обсыпки облицовочного (контактного) слоя применяют кварцевый песок марки 1 К<sub>3</sub>О<sub>1</sub> 016 ГОСТ 2138-91, а для последующих – более крупные, 1К<sub>3</sub>О<sub>1</sub>02 ГОСТ 2138-91.

После нанесения каждого слоя производится зачистка кромки модельной воронки на подрезных приспособлениях конвейера, установленных при входе блоков в камеры сушки.

Для послойного нанесения суспензии на модельные блоки и обсыпки их в кипящем слое песка используют автоматическую линию мод.64001-15.

Технические характеристики линии 64001-15:

- расход сжатого воздуха, м<sup>3</sup>/ч: 5;
- расход воды, м<sup>3</sup>/мин: 4;
- производительность, покрытий/час: 200;
- скорость конвейера, м/мин: 1,67;
- мощность, кВт: 36,1.

Требуемое количество линий модели 64001-15 рассчитывается по формуле:

$$P'_1 = \frac{374460 \cdot 1,1}{3892 \cdot 200} = 0,63.$$

Число единиц оборудования ( P'<sub>2</sub> ), принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле:

$$P'_2 = \frac{0,63}{0,8} = 0,75.$$

Принимаем P'<sub>2</sub> = 1; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{0,63}{1} = 0,63.$$

Принимаем 1 линию модели 64001-15.

Заливку форм производят на агрегате обжига, заливки и охлаждения модели 675А. Необходимое количество агрегатов рассчитывается по формуле:

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$P'_1 = \frac{374460 \cdot 1,2}{3892 \cdot 100} = 1,25.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P'_2 = \frac{1,25}{0,8} = 1,50.$$

Принимаем  $P'_2 = 2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{1,25}{2} = 0,63.$$

Принимаем 2 агрегата модели 675А.

## 2.6 Термообрубное отделение и склады литейных цехов. Вспомогательные отделения и участки цеха

В термообрубном отделении очищают отливки от остатков оболочек, отделяют отливки от литноково-питающей системы, проводят термообработку, зачищают питатели и исправляют дефекты отливок.

Отливки очищают в электрогидравлических установках периодического действия модели ЭГУ 36151Т.

Технические характеристики ЭГУ 36151Т:

- производительность, кг/ч: 400;
- максимальная масса загрузки, кг: 600;
- расход воды, м<sup>3</sup>/т: 0,2-0,5;
- расход электроэнергии, кВт×ч: 6;
- установленная мощность, кВт: 65;
- габариты, мм: 8100×7200×4720.

Требуемое количество электрогидравлических установок рассчитывается по формуле:

					<b>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>46</b>

$$P'_1 = \frac{2779,64 \cdot 1,1}{3892 \cdot 0,4} = 2,14.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P'_2 = \frac{2,14}{0,8} = 2,57.$$

Принимаем  $P'_2=3$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{2,14}{3} = 0,71.$$

Принимаем к установке в цехе 3 установки ЭГУ 36151Т.

Для более полного удаления керамики с поверхности отливок применяют выщелачивание в агрегате модели 498А.

Технические характеристики агрегата 498А:

- производительность, кг/ч : 350;
- частота вращения его барабана, об/мин: 0,4...0,29;
- температура водного раствора: 125...130;
- концентрированной щелочи, °С
- температура воды для промывки °С: 60;
- время обработки в щелочи, мин: 30;
- установленная мощность, кВт: 0,6;
- габариты, мм: 5200×1800×2720.

Требуемое количество агрегатов выщелачивания модели 498А рассчитывается по формуле:

$$P'_1 = \frac{2779,64 \cdot 1,1}{3892 \cdot 0,35} = 2,45.$$

Число единиц оборудования ( $P'_2$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{2,45}{0,8} = 2,94.$$

Принимаем  $P_2' = 3$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{2,43}{3} = 0,82.$$

Принимаем к установке в цехе 3 агрегата выщелачивания модели 498А.

Для отделения литников от отливок применяется гидравлический пресс модели 6А93.

Технические характеристики гидравлического пресса модели 6А93:

- производительность, блок/ч: 100;
- наибольшее усилие развиваемое верхним цилиндром, кН: 630;
- скорость среза отливок, мм/с: 40;
- скорость выталкивания стояка, мм/с: 80;
- установленная мощность, кВт: 30;
- габариты, мм: 2150×1000×2900.

Требуемое количество гидравлических прессов модели 6А93 рассчитывается по формуле:

$$P_1' = \frac{374460 \cdot 1,1}{3892 \cdot 200} = 0,63.$$

Число единиц оборудования ( $P_2'$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{1,2}{0,8} = 1,4.$$

Принимаем  $P_2' = 2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{1,2}{2} = 1,4.$$

Принимаем к установке в цехе 2 гидравлических прессы модели 6А93. Очищенные от остатков керамики и промытые отливки поступают на термообработку. Отливки нормализуют в газовых печах светлого отжига ГТСХМ с радиационным нагревом с защитной атмосферой при температуре 860...880°С.

Технические характеристики гидравлического прессы модели 6А93:

- производительность, кг/ч: 200;
- время нормализации, ч: 2,75;
- габариты, мм: 10700×3000×2500.

Необходимое количество печей рассчитывается по формуле:

$$P_1' = \frac{1546,39 \cdot 1,2}{5900 \cdot 0,20} = 1,57.$$

Число единиц оборудования ( $P_2'$ ), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле:

$$P_2' = \frac{1,57}{0,8} = 1,89.$$

Принимаем  $P_2'=2$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле:

$$K_{зф} = \frac{1,57}{2} = 0,79.$$

Принимаем к установке в цехе 2 газовые печи светлого отжига ГТСХМ.

#### *Склады литейных цехов*

Склады оборудованы двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 тонн. На территории пролета происходит погрузка шихты в бадьи. Бадья с шихтой подается в плавильное отделение тележкой. Все формовочные и шихтовые материалы поступают в цех с базисного склада. Для обеспечения бесперебойной работы литейного цеха необходимо иметь достаточный запас всех формовочных

					<b>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>49</b>

материалов. Площади для хранения каждого вида материала определяются по формуле:

$$F_M = Q / H \times K \times \gamma, \quad (16)$$

где  $F_M$  – площадь для хранения каждого вида материала,  $m^2$ ;

$Q$  – масса запаса каждого материала на складе, т;

$H$  – высота складирования, м;

$K$  – коэффициент использования емкости хранилища ( $K = 0,7...0,8$ );

$\gamma$  – объемная масса материала, т/  $m^3$ .

Общая площадь складов находится по формуле:

$$F_C = K \cdot (\Sigma F_M + F_P), \quad m^2, \quad (16)$$

где  $\Sigma F_M$  – сумма округленных площадей хранения каждого материала на складе, м;

$F_P$  – площадь разгрузочных площадок, м;

$K$  – коэффициент, учитывающий площади, занимаемые приемными устройствами для подачи материалов в цех, оборудованием для подготовки материалов, а также проходами и проездами,  $K = 1,2...1,4$ .

Таблица 2.9 – Ведомость расчета площади складов

Наименования материала	Годовое количество, т	Нормативный запас хранения, сут	Насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	Высота хранения, м
Шихтовые материалы				
Возврат 45Л	1288,263	40	1,5	4
Лом стальной ГОСТ 2787-86	1417,271	40	1,5	4
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	118,286	40	3,5	4
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	14,746	40	1,7	2

Продолжение таблицы 2.9

Наименования материала	Годовое количество, т	Нормативный запас хранения, сут	Насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	Высота хранения, м
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	35,931	25	1,7	2
Итого	2874,497			
Шлакообразующие	86,235	20	2	2
Раскислитель	57,490	20	2	2
Итого	3018,22			

Продолжение таблицы 2.9

Наименование материала	Количество материала на складе		Площадь склада	
	тонн	м <sup>3</sup>	расчетная	округленная
1 Шихтовые материалы				
2 Возврат 45Л	141,18	94,12	23,53	24
3 Лом стальной ГОСТ 2787-86	155,32	103,54	25,89	26
4 Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	12,96	3,70	0,93	1
5 Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	1,62	0,95	0,48	1
6 Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	2,46	1,45	0,72	1
Итого			51,54	53
1 Шлакообразующие	4,73	2,36	1,18	2
2 Раскислитель	3,15	1,58	0,79	1
Итого			1,97	3

### *Вспомогательные отделения и участки цеха*

Отделение подготовки шихтовых материалов предназначено для дробления последних с целью придания им необходимых размеров, сортировки и грохочения для отбора мелочи и для очистки поверхности от ненужных примесей. На данном участке для разделки длинномерного стального лома и бракованного проката, прибылей и литников используют газовые резаки. Бункера для шихтовых материалов оборудованы электровибрационными питателями. Навески шихты к плавильной печи подают от весовой тележки самоходной электроталью. Песок подают в цех просушенным с базисного скала завода. На шихтовом дворе предусмотрены бункера для сыпучих материалов, откуда их соответствующими системами пневмотранспорта подают к местам требования.

Жидкие химикаты хранятся в баках и так же системой пневмотранспорта подаются к местам требования. Лаборатории цеха предназначены для контроля поступающих в цех материалов, готовой продукции и текущего контроля технологических процессов. В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтно-слесарное отделение. В задачи ремонтно-слесарного отделения входит проведение текущего, профилактического и среднего ремонтов, технологического ремонта оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов. Кроме того, в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52



### 3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ "УГОЛЬНИК ПОВОРОТНЫЙ"

3.1 Выбор положения отливки в форме в период заливки. Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Деталь не испытывает значительных механических нагрузок и имеет достаточно несложную конфигурацию, поэтому изготавливается из сплава 45Л ГОСТ 977-88. Таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Химический состав 45Л.

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Fe, %
0,42...0,5	0,2...0,52	0,4...0,9	До 0,3	До 0,045	До 0,04	≈ 99

Конструкция детали достаточно технологична для изготовления литьем. Наружная поверхность детали имеет простую геометрическую форму. Конструкция детали «Угольник поворотный» подходит под требования технологии литейного производства. Анализируя технические условия, приходим к выводу, что они выполнимы при изготовлении отливок из сплава марки 45Л. Анализ технологичности отливки «Угольник поворотный» позволяет сделать выводы о возможности изготовления отливки литьем по выплавляемым моделям. При изготовлении отливок данной массы и габаритов выбранный вариант наиболее экономичен, одновременно выполняются все требования технических условий к качеству деталей. Поскольку отливка относится к категории машиностроительного литья, уровень точности, достигаемый при литье в данную форму, будет удовлетворять требованиям.

Общепринятыми критериями выбора технологии являются качество и цена продукции, обеспечивающие конкурентоспособность на внешнем и внутренних рынках.

Для такого характера производства рекомендуется применение наиболее современных способ получения отливок в многослойных оболочковых неразъемных керамических формах.

От положения отливки в форме в период затвердевания зависит качество и плотность металла отливки, возможно появления дефектов:

- выбранное положение отливки в форме должно обеспечивать принцип направленного затвердевания;
- положение отливки в форме должно быть таким, чтобы литниковая система оформлялась наиболее просто;
- ответственные обрабатываемые поверхности нужно располагать внизу, что уменьшит их брак по засорам и неметаллическим включениям.

Наилучшим положением отливки для соблюдения данных условий является расположение осью вращения вертикально, обеспечит принцип направленного затвердевания, наиболее равномерную и спокойную заливку формы, использование всего одного стержня простой формы, легко оформить литниковую систему, расположить почти все обрабатываемые поверхности согласно рекомендациям. Кроме того, такое положение отливки обеспечивает получение сразу нескольких отливок в одном блоке, что актуально для оптимизации производства, представлено на рисунке 3.1.

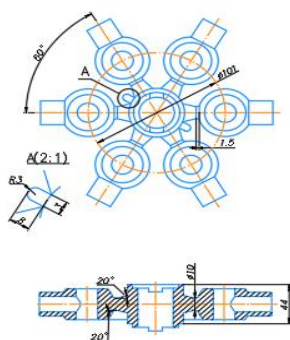


Рисунок 3.1 – Схема модельного звена блока отливки

Припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ Р 53464-2009. Одно сквозное отверстие Ø 13 и Ø 17 мм. выполняется литьем. Механически обрабатываются внутренние цилиндрические поверхности, а также плоские поверхности.

Для определения припуска на механическую обработку на каждую поверхность, первоначально необходимо определить общий допуск на соответствующий размер, который включает в себя основной допуск (допуск размера), определяемый из таблицы (ГОСТ Р 53464-2009), и дополнительный допуск формы и расположения в зависимости от степени коробления (ГОСТ Р 53464-2009), а также допуск неровностей в зависимости от степени точности поверхности (ГОСТ Р 53464-2009).

В технических условиях чертежа заданы класс размерной точности 9 и класс точности масс 7, поэтому степень коробления и степень точности поверхности необходимо задать самостоятельно. Для данной отливки отношение наименьшего размера отливки к наибольшему составляет 0,16. Учитывая, что отливка из чугуна изготавливается в разовую форму и не подвергается термообработке, степень коробления составляет 5. Степень точности поверхности составляет 7. Таким образом, точность отливки 9-5-7-7 ГОСТ Р 53464-2009.

Припуск на механическую обработку отверстия Ø 13...1,25 мм. и Ø 17...1,5 мм.

Типоразмер опок для данной отливки назначаются, исходя из габаритных размеров детали, т.к. деталь маленькая возможно изготовление 4 блоков по 36 детали в каждом блоке в одной опоке. Габариты опок для производства данной отливки – 836x240x370 мм.

#### *Разработка конструкции и расчет литниковой системы*

Литников питающая система (ЛПС) при литье по выплавляемым моделям состоит из традиционных элементов: литниковой воронок, стояка, зумпфов и литниковых ходов, прибылей и коллекторов. Благодаря характерной для ЛВМ

					<b>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

неразъемной форме данные элементы можно расположить наиболее эффективно, максимально используя объем формы. Для определения размеров каналов литниковых систем воспользуемся методикой расчета при ЛВМ разработанный М.Л. Хенкиным. Сечение стояка определяют рациональным размещением отливок. Автор рекомендует брать стояки диаметром  $d = 26...65$  мм, (при меньшем – недостаточно прочны, при большем – образуют громоздкие и тяжелые блоки).

Задаем диаметр стока  $d_{ст} = 40$  мм и  $l_{ст} = 400$  мм.

Далее принимаем  $l_{пит} = 10$  мм, учитывая отрезку отливок дисковой фрезой,  $d_c = 40$  мм, исходя из рационального размещения деталей. Тогда приведенная толщина питателя:

$$R_c = \frac{F_c}{P_c} = \frac{d_{ст}}{4}, \quad (18)$$

где  $\frac{F_c}{P_c}$  – отношение площади и периметр сечения стояка (рисунок 3.2):

$$R_c = \frac{40}{10} = 10 \text{ мм.}$$

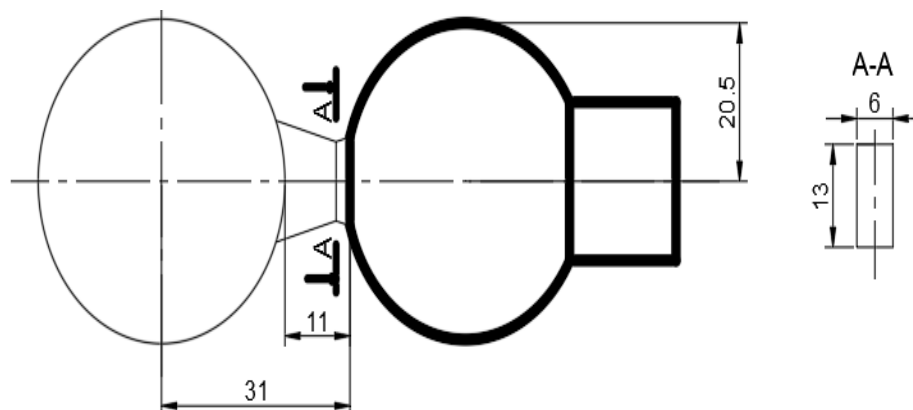


Рисунок 3.2– Сечение питателя и стояка

Питатель при этом рекомендуется рассчитывать по следующей эмпирической формуле, в которой первый множитель, стоящий после  $k$ , характеризует параметры отливки, второй параметры ЛПС:

$$R_{\text{пит}} = k^4 \sqrt{R_y^3 \cdot m_0^3} \sqrt[3]{\frac{l_{\text{пит}}}{R_c}}, \quad (19)$$

где:

$$R_y = \frac{d \cdot l}{2 \cdot (2l + d)}, \quad (20)$$

$$R_y = \frac{14 \cdot 13}{2 \cdot (2 \cdot 13 + 14)} = 2,275 \text{ мм},$$

тогда по формуле 2:

$$R_{\text{пит}} = \sqrt[4]{2,275^3 \cdot 0,16} \cdot \sqrt[3]{\frac{10}{10}} = 1,87 \text{ мм}.$$

Приняв прямоугольное сечение питателя толщиной  $a_{\text{пит}} = 13$ , находим его ширину  $b_{\text{пит}}$  (рисунок 3.3). Так как

$$R_{\text{пит}} = \frac{a_{\text{пит}} b_{\text{пит}}}{2a_{\text{пит}} + 2b_{\text{пит}}}, \quad (21)$$

отсюда,

$$b_{\text{пит}} = \frac{2a_{\text{пит}} R_{\text{пит}}}{a_{\text{пит}} - 2R_{\text{пит}}} = \frac{2 \cdot 13 \cdot 1,87}{13 - 2 \cdot 1,87} = 6 \text{ мм}.$$

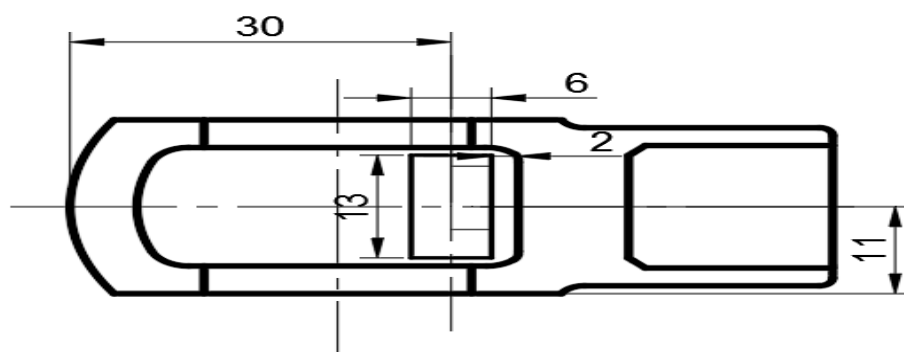


Рисунок 3.3 – Расположение и размеры питателя

### 3.2 Модельная масса и приготовление суспензии. Расчет гидролиза ЭТС

Для изготовления моделей выбираем модельную массу МВС-3Н. Модельный восковой состав МВС-3Н предназначен для изготовления выплавляемых моделей при производстве отливок с требованиями по размерной точности в соответствии с ГОСТ-26645. Характеристики модельного состава (таблица 3.2)

Выплавку модельного состава производим в водном растворе  $\text{CaCl}_2$  при  $T \geq 96$  °С и  $t = 17 \dots 20$  мин.

#### *Приготовление огнеупорной суспензии*

Компоненты суспензии: связующее (гидролизованный раствор этилсиликата или жидкое стекло); огнеупорный наполнитель. Наполнитель перед использованием выдерживают при 250...300 °С в течении 2...3 часов, затем охлаждают до комнатной температуры.

Таблица 3.2– Характеристика модельного состава

Наименование показателей	Требуемые нормы показателей модельных восковых составов	
	МВС-3Н ТУ	Р-3 ТУ
	Норма	Норма
Температура плавления, °С	75-85	Не норма
Температура каплепадения, °С	Не норм.	75-82
Предел прочности при статическом изгибе при 18...20, °С	40-50	30
Теплоустойчивость, °С	Не менее 40	Не менее 34
Кислотное число, мг	0,5	4,0
Массовая доля золы, %	0,03	0,03
Массовая доля кокса, %	Не более 0,1	Не норма

Продолжение таблицы 3.2

Наименование показателей	Требуемые нормы показателей модельных восковых составов	
	МВС-3Н ТУ	Р-3 ТУ
	Норма	Норма
Вязкость кинематическая при 100 °С, м <sup>2</sup> /с	9...10 <sup>-6</sup> (9)	Не норма

В качестве огнеупорного наполнителя используется пылевидный кварц. Его свойства следующие:

- температура плавления: 1710 °С ;
- плотность: 2650 кг/м<sup>3</sup>;
- КЛТР: 13,7 10<sup>-6</sup> 1/ °С.

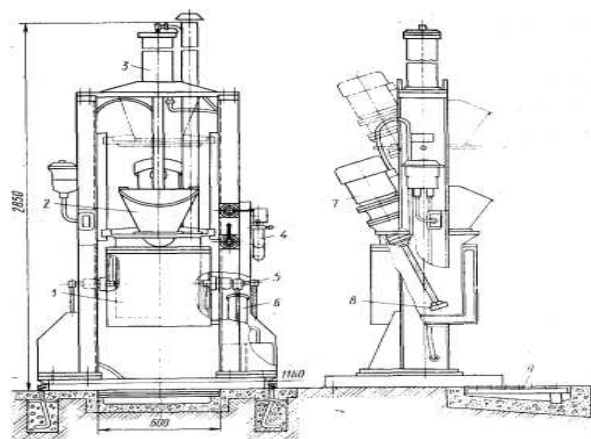


Рисунок 3.4 – Схема гидролизера и смесителя для суспензии:  
 1–бак; 2 – лоток для пылевидного материала; 3 – пневмоцилиндр;  
 4 – пусковое устройство; 5 – кран включения гидропривода;  
 6 – гидропривод поворота бака; 7 – электродвигатель; 8 – крыльчатка;  
 9 – решетка пола.

Для приготовления суспензии на ЭТС (рисунок 3.4) связующем в бак механической мешалки влить гидролизат, включить мешалку и засыпать порциями наполнитель. Суспензию перемешать в течении 40...60 минут при скорости вращения крыльчатки мешалки 2800 об/мин. Затем суспензию выдержать в спокойном состоянии 20...30 минуты и измерить условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 60...75 сек. Активное и длительное перемешивание необходимо для дезагрегирования пылевидной составляющей и смачивания связующим пылевидной частицы. За 5...7 мин до окончания перемешивания вводят антииспаритель. Вследствие активного перемешивания понижается вязкость суспензий, поэтому необходимо вводить больше пылевидной составляющей. На пылевидных зернах образуются тонкие пленки связующего и достигается плотная укладка зерен в слоях, наносимых на модели. Для приготовления суспензии используют установку модели 661.

Наибольшая производительность 0,06 м<sup>3</sup>/ч, время перемешивания 30...60 мин, частота вращения крыльчатки 2800 об/мин, мощность 3 кВт, габаритные размеры 700х 940х 2830 мм.

Далее блоки моделей смачивают в суспензии. При этом блок медленно погружают в суспензию, поворачивая его в различных направлениях. Смачивать суспензией модели можно только после полного завершения процессов их усадки. При нанесении первого слоя суспензия удаляет с поверхности моделей адсорбированный воздух и смачивает поверхность блока. Затем модельный блок присыпается песком в установках «кипящего слоя» Последний слой оболочки наносят без последующей обсыпки зернистым материалом.

Для послойного нанесения суспензии на модельные блоки и обсыпки их в кипящем слое песка используют автомат 6А67. Производительность автомата 200 покрытий/ч, рабочий объем ванны для суспензии 160 л, ванны «кипящего слоя» – 460л, площадь зеркала ванны обмазки 0,64 м<sup>2</sup>, «кипящего слоя» – 1 м<sup>2</sup>, расход



сжатого воздуха 3,6 м<sup>3</sup>/ч, охлаждающей воды 5...8 л/мин., габариты 3825x2290x1930.

В установках сушки блоков 6А82 происходит послойное отверждение и сушка огнеупорного покрытия. Производительность сушила 200 блоков/ч, скорость цепи конвейера 2,13 м/мин, число камер сушки 5 шт., мощность 12 кВт, габариты 6600 1870 3400 мм. Установка сушки блоков 6А82 входит в линию с установкой 6А67.

Торец литниковой воронки покрыт оболочкой при ее формировании, что препятствует удалению модельного состава, а применение металлического стояка – извлечению его из блока моделей. Торцовый слой оболочки на воронке отрезают вращающимся тонким абразивным отрезным кругом.

#### *Расчет гидролиза ЭТС*

Произведем расчеты необходимые для изготовления 1л раствора ЭТС-40.

Среда отверждения связующего: влажный воздух.

Растворитель: этиловый спирт с  $\rho_1 = 811,7 \text{ кг/м}^3$ .

Катализатор: соляная кислота с  $\rho_2 = 1165 \text{ кг/м}^3$ .

Рассчитаем количество растворителя

$$P = \frac{Q_p}{\rho_1} \left( \frac{m}{n} - 1 \right), \quad (22)$$

где Q – объем гидролизуемого этилсиликата, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho, \rho_1$  – плотность ЭТС и растворителя, кг/м<sup>3</sup>;

M – содержание SiO<sub>2</sub> в этилсиликате, %;

n – условное содержание SiO<sub>2</sub>, %.

$$P = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{811,7} \left( \frac{40}{14} - 1 \right) = 2,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Рассчитаем общее количество воды H, требуемое для гидролиза ЭТС.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$H = K \frac{Q_p A M_1}{M_2 \cdot 100}, \quad (23)$$

где  $K$  – соотношение количества воды и тетраоксилиана;

$A$  – содержание этоксильных групп, %;

$M_1, M_2$  – молекулярная масса воды и этоксильных групп, кг.

$$H = 0,7 \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1065 \cdot 73 \cdot 0,018}{0,045 \cdot 100} = 0,2176 \text{ кг.}$$

Количество воды, вносимое с разбавителем-растворителем (этиловый спирт).

$$H_1 = \frac{P \rho_1 A_1}{100}, \quad (24)$$

где  $A_1$  – содержание воды в спирте, мас.

$$H_1 = \frac{2,43 \cdot 10^{-3} \cdot 811,7 \cdot 6,1}{100} = 0,1203 \text{ кг.}$$

Количество воды, вносимое с катализатором:

$$H_2 = \frac{B \rho_2 A_2}{100}, \quad (25)$$

где  $B$  – количество соляной кислоты, взятое для гидролиза, м<sup>3</sup>.

$$H_2 = \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 1165 \cdot 67,58}{100} = 0,00948 \text{ кг.}$$

Таким образом, количество воды, необходимое ввести непосредственно в этилсиликат при его гидролизе:

$$H_3 = H - (H_1 + H_2), \quad (26)$$

					<i>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

$$H_3 = 0,2176 - (0,1203 + 0,00948) = 0,0878 \text{ кг.}$$

### 3.3 Керамические формы и финишные операции

Стенка оболочковой формы, изготовленной по выплавляемой модели, представляет собой прочную керамическую корочку, полученную нанесением на модель нескольких слоев суспензии и обсыпки. Суспензия представляет собой смесь жидкого связующего и огнеупорного наполнителя. Слой суспензии на модели должен обладать достаточной прочностью, быть огнеупорным, иметь хорошую способность точно воспроизводить сложный рельеф поверхности модели отливки. В качестве наполнителя суспензии применяют пылевидный кварц – маршаллит, искусственную кварцевую муку, получаемую размолотом чистого кварцевого песка, молотый плавленный кварц. Наиболее распространенным из них является маршаллит марки КП-1, КП-2, КП-3 с содержанием кремнезема не менее 98%, окислов железа не более 0,05 %, влаги не более 2 %. Содержание щелочей не допускается. Зернистость кварца соответствует размеру стороны ячейки сит 01...005 мм (номера сит 01-005).

Перед употреблением пылевидный кварц прокаливают в течение 3...4 ч при температуре 850...900 °С. После прокалики кварц охлаждают до 18...22 °С и для обеспечения необходимого зернового состава просеивают через сито 005. Недостаток пылевидного кварца, как наполнителя суспензии, в том, что при нагревании он претерпевает полиморфные превращения, связанные с увеличением его объема, что приводит к изменению линейных размеров оболочек. При нагревании до 1000 °С размер их увеличивается на 1,4 %. Поэтому кварцевый песок в ряде случаев стали заменять другим высокоогнеупорным материалом, более постоянного объема (плавленный кварц, циркон и др.).

Для обсыпки слоев суспензии применяют кварцевый песок марок 061 КОШ-062К025 с содержанием кремнезема не менее 97 %. Кварцевый песок

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

перед употреблением прокаливают при температуре 850...900 °С и просеивают через сито с ячейками 0,630...1,0 мм.

Огнеупорную суспензию готовят в бачках из коррозионно-стойкой стали или алюминия, с ручным перемешиванием или в специальных механических мешалках-бачках. Вместимость бачка должна быть такой, чтобы в него свободно погрузился модельный блок. Для удобства рекомендуется иметь два бачка с суспензией: один – с раствором для слоя первого покрытия, второй – для последующих. Для приготовления суспензии в бачок заливают гидролизированный раствор до уровня, позволяющего полностью погружать в него модельные блоки. Перемешивая раствор, в бачок-мешалку медленно засыпают маршаллит до получения однородной массы установленной плотности. Плотность суспензии для первого слоя покрытия блоков рекомендуется 1,74...1,78 г/см<sup>3</sup>, для второго и последующих 1,68...1,72. Перед употреблением приготовленную суспензию отстаивают в течение 5...10 мин до прекращения выделения из нее пузырьков воздуха.

Процесс нанесения слоя суспензии на модельный блок сводится к следующему. Модельный блок берут за литниковую чашу или подставку стояка (если стояк приготовлен с металлическим стержнем) и погружают в бачок с суспензией. Затем блок вынимают из бачка и, медленно поворачивая, добиваются образования на его поверхности равномерного слоя суспензии. После этого модельный блок (с целью закрепления слоя суспензии и связи его с последующим слоем) переносят в струю песка для обсыпки. Обсыпка модельных блоков производится в специальных установках.

Принцип работы установки состоит в том, что в металлический цилиндр, заполненный кварцевым песком, снизу через металлическую сетку и слой войлока по трубе подается сжатый воздух. Проходя через слой песка, воздух рыхлит его, образуя кипящий слой, в который и погружается модельный блок. После обсыпки модельный блок подвергают естественной сушке в течение 30...35 мин при температуре 20...25 °С. Затем на модельный блок наносят

					<b>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>64</b>

аналогично первому последующие слои суспензии и обсыпки. Число слоев покрытия зависит от размера модельного блока. На моделях кабинетных художественных отливок достаточно иметь три-четыре слоя покрытия.

После последнего покрытия и обсыпки модельный блок устанавливают на стеллаж для естественной сушки на 4...5 ч при температуре 20...25 °С. Сушка с принудительной циркуляцией воздуха сокращает процесс до 2...3 ч. Для сушки модельных блоков после нанесения суспензии и обсыпки применяют также вакуумно-аммиачные камеры. Оболочки выдерживают в камере под действием паров влажного аммиака в течение 2 мин. После откачки аммиака оболочки проветривают воздухом, прокачкой его через камеру. Общая продолжительность сушки одного слоя оболочки 15...20 мин.

Процесс нанесения огнеупорного покрытия на поверхность песчаного стержня такой же, как и для модельного блока, с той лишь разницей, что обсыпка слоя суспензии не производится во избежание возможности попадания кварцевого песка в отливку. Сушка слоя суспензии на стержне производится в электрическом шкафу при температуре 28...30 °С, 3...4 часа.

Качество отливок во многом определяется физико-механическими свойствами литейной керамической формы: прочностью, термостойкостью, теплопроводностью, пористостью, проницаемостью, адсорбционной способностью.

Определение физико-механических свойств керамических форм производят по специально разработанным методикам. Для каждой методики предусматривается использовать несколько различных вариантов керамических образцов, отличающихся друг от друга природой и фракционным составом применяемых для их изготовления огнеупорных материалов, вязкостные суспензий и т.д.

Литейные формы должны обладать достаточной прочностью способной выдержать различные манипуляторные нагрузки в процессе их изготовления, а так же не разрушаться при прокалке и заливке металлом.

Прочность керамических форм определяют как в сыром состоянии, т.е. после удаления моделей до проведения процесса прокали, так и после их прокали. Испытания на прочность прокаленных форм производят при различных температурах от 25 до 1500, а с целью косвенного определения термостойкости оболочек имитируют тепловой удар, который испытывают охлажденные формы при заливке металла.

Прочность образцов определяют по напряжению изгиба  $\sigma_{и}$ , для этого используют формулу:

$$\sigma_{и} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (27)$$

где  $P$  – предельная нагрузка на образец, Н;

$b, h$  – соответственно ширина и толщина образца, м;

$l$  – расстояние между опорами, на которые устанавливают образец, м.

Для определения допустимой предельной нагрузки на образец используют установку, представленную на рисунке 3.5.

На фланец печи Таммана 1 установлена стальная плита 2 с упорной рамкой 3, индикатором 4 и динамометром 5 типа ДОСМ 3-02. В нагревательной трубе печи Таммана на опоре 6 установлена графитовая матрица 7 с отъемным днищем 8.

При испытаниях на опоры матрицы положить керамический образец 9 с фиксированными геометрическими размерами и приложить к нему посредством винта 10 нагрузку до разрушения образца. Данная нагрузка передается на образец соответственно через индикатор, динамометрическую пружину, кварцевый стержень 11 и графитовый пуансон 12.

Температуру испытания образцов задают. Замер температуры в печи производить хромель-алюмелевой (ХА) или вольфрам-рениевой (ВР 5/20) термопарами 13 и потенциометром 14 марки ПП-63 или КСП-3.

Предельное значение нагрузки, при которой образец разрушается, фиксируется.

Имитацию теплового удара осуществляется следующим образом. Керамические образцы на этилсиликате после прокалки при 950...1000 °С в муфельной печи охлаждают на воздухе до 600 °С, а затем устанавливают их на опоры матрицы, помещают в печь, нагревают до 1000...1100 °С и производится испытание.

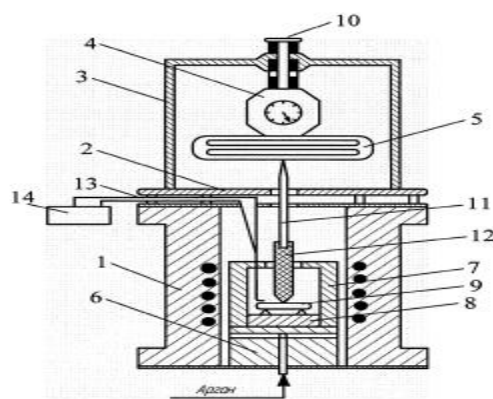


Рисунок 3.5 – Схема установки для определения прочности керамических образцов

Теплопроводность керамических форм. Условия формирования отливок во многом зависят от теплофизических свойств керамических образцов, в частности, от их теплопроводности.

Теплопроводность керамики определяют на специальной установке, схема которой приведена на рисунке 3.5.

Она состоит из нагревательной печи сопротивления 9 с массивным медным сердечником 8, водоохлаждаемой медной емкости 1 с теплоизоляцией 15 и системы контрольно-измерительных приборов.

Керамический образец диаметром 50 мм и толщиной 5...10 мм, помещают на выступ водоохлаждаемой емкости, опускают на него печь с сердечником и с целью обеспечения плотного контакта прижимают печь с помощью рамки 10 и винта 11.

Перепад температур по толщине образца измеряют хромель-алюмелевой термопарой 6 с потенциометром 7 типа ПП-63 и капиллярным ртутный термометром 3. Расход воды регулируется краном 3 по ротаметру 2. Температуру

входящей и выходящей из емкости воды фиксируют по термометрам 4, а температуру печи регулируют с помощью автотрансформатора 12. Для уменьшения потерь тепла в окружающее пространство устанавливают асбестовый экран 14.

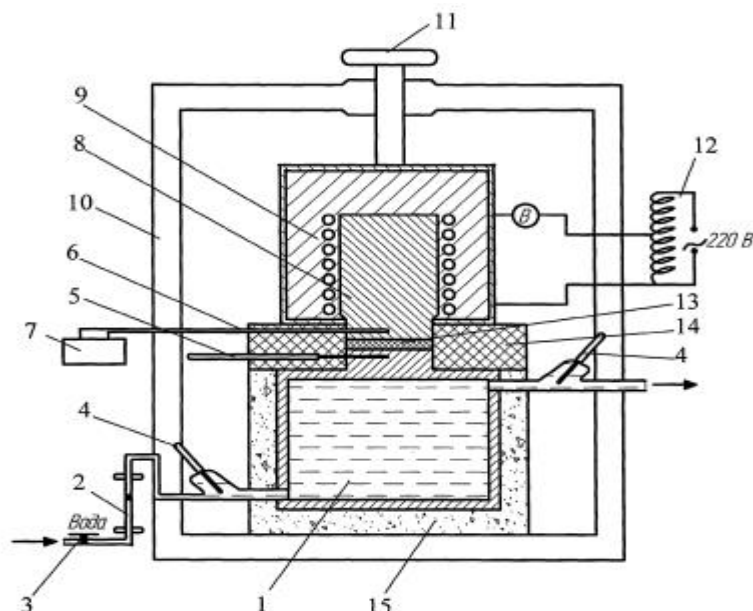


Рисунок 3.6 - Схема установки для определения теплопроводности керамических образцов

Определение диаметра пор керамических форм на этилсиликате основано на том, что в порах материала, заполненных жидкостью, действуют капиллярные силы, удерживающие жидкость. Для преодоления этих сил необходимо создать определенное давление воздуха или другого газа. Величина прилагаемого давления зависит от величины поверхностного натяжения, плотности жидкости, краевого угла смачивания, радиуса капилляров. Малые поры заполняют этиловым спиртом, а крупные водой.

Поскольку поверхностное натяжение спирта, равное  $(28 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м})$ , в несколько раз меньше, чем воды  $(73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м})$ , то при равном давлении газа в образцах, пропитанных спиртом, открываются поры соответственно меньшего размера.



Пропитку образцов спиртом производят в вакууме на специальной установке (рисунок 3.7). Емкость 1 при закрытом кране 2 заполняют этиловым спиртом плотностью  $0,81 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ . На дно бака 4 положить керамические образцы 6 и герметично закрыть бах крышкой 5. Затем открывают кран 8 и с помощью вакуум-насоса 9 создается разрежение до 0,05 атм. Контроль за степенью вакуума производится по вакуумметру 7 типа ОБВ1-100.

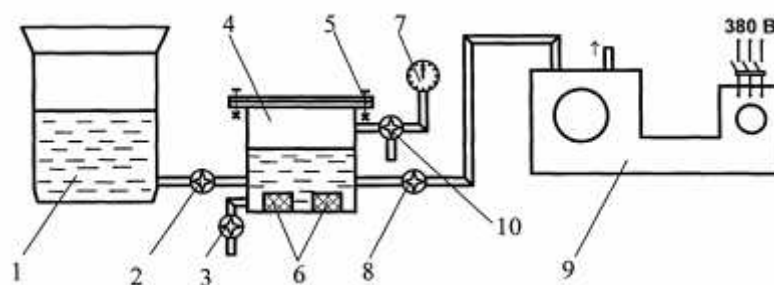


Рисунок 3.7 – Схема установки для пропитки керамических образцов жидкостью.

Пористость литейной формы есть отношение объема пустот к полному объему пористого тела.

$$\Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V}, \quad (28)$$

Все встречающиеся в формах поры целесообразно разделить на три вида: открытые, тупиковые и закрытые. Открытая пористость сообщается с поверхностью тела и участвует в фильтрации жидкости или газа при наличии градиента давления в пористом теле.

Закрытые поры не сообщаются с поверхностью и поэтому не участвуют в фильтрации жидкости или газа.

Тупиковые поры, соединяются только с одной поверхностью формы и так же не участвуют в процессах фильтрации, хотя и заполняются жидкостью и газом.

Форма должна обладать достаточной проницаемостью, обеспечивающей отвод газов из полости при заливке металла, а также отвод газов, выделяющихся из металла при его кристаллизации.

### *Финишные операции*

Отливку, освобождают от стержней и формовочной смеси, очищают от пригоревшей земли, литников, плен, заливов и других шероховатостей. Все эти операции производят в обрубном отделении. Операции обрезки и обрубки прибылей, выпоров и литников, а также очистки отливок выполняют разными способами: механической обработкой, огневой, газовой и электродуговой резкой.

Для удаления керамики используются специальное оборудование, например установка для отделения керамики модели 6А92.

Установка предназначена для предварительной очистки способом ударной вибрации блоков отливок (преимущественно из углеродистых сталей) от керамики при серийном и мелкосерийном производстве точного литья по выплавляемым моделям, а также может быть использована для отделения отливок от стояка блока. Установка представляет собой звуко- и виброизолирующий корпус с размещенным в нем виброударным устройством и механизмом зажима блоков. Обрабатываемый блок устанавливают между опорным кулаком и ударником виброударного устройства и зажимают его. После закрытия двери автоматически включается виброударное устройство. За счет ударной вибрации происходит разрушение и отделение керамической оболочки с поверхности металлического блока. Образующаяся при этом керамическая крошка сыпается в ящик или через отверстие в основании корпуса на цеховой транспортер. Пылевидные частицы керамики удаляются через специальное окно в цеховую вытяжную вентиляционную систему.

Автомат выщелачивания остатков керамики ответственного литья модели 6Б95 предназначен для очистки от остатков керамики поверхности отливок сложной конфигурации общемашиностроительного и ответственного назначения при крупносерийном и массовом производстве точного стального литья по выплавляемым моделям.

					<i>ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

## 4 ХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОВЫХ СЛОЕВ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМОБОЛОЧЕК

### 4.1 Этилсиликат в точном литье

Этилсиликат относится к одному из наиболее дорогостоящих связующих материалов, используемых в точном литье. Для снижения себестоимости изготовления формоболочек, а также экологической нагрузки в литейных цехах часто используют ЖС-связующее, однако без обработки специальными составами, ускоряющими отверждение и улучшающими их свойства, жидкостекляные формы обладают недостаточной термостойкостью и зачастую выступают причиной брака отливок, изготавливаемых из высокотемпературных сплавов.

В этой связи, наиболее перспективной представляется обработка нанесенных на выплавляемую модель жидкостекляных слоев упрочняющим раствором на основе АБФК. Водный раствор алюмоборфосфатного концентрата имеет значение водородного показателя (рН) в интервале 1...2, поэтому была выдвинута гипотеза, что он сможет выступить эффективным гелеобразователем жидкого стекла. Кроме того, АБФК – это универсальный и высокотехнологичный связующий материал, обладающий рядом полезных свойств с точки зрения формообразования. С одной стороны, АБФК является высокотемпературным веществом, поэтому способствует созданию термически прочной керамической оболочки. В тоже время, при нагреве его до температур выше 900 °С и последующем охлаждении, благодаря проходящим при этом фазовым превращениям, наблюдается разупрочнение связующей пленки, и, как следствие, разрушение гермооболочки. Указанное свойство существенно облегчает процесс очистки затвердевших отливок от остатков керамики, что особенно актуально при использовании жидкостекляного связующего. К тому же подготовка водного раствора АБФК проста в осуществлении, не требует больших затрат времени, а

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

сам получаемый раствор экологически безопасен и стабилен по свойствам во времени.

Для определения оптимальных параметров обработки жидкостекольного слоя закрепителем представлялось необходимым изучить кинетику процессов гелеобразования в системе «слой суспензии закрепляющий раствор». Подготовку предлагаемого состава раствора и способ химического закрепления им слоев жидкостекольного покрытия в литье по выплавляемым моделям осуществляли следующим образом. Изготавливались керамические образцы, для чего на выплавляемую модель из массы МВС-15 наносили этилсиликатное покрытие, а затем жидкостекольное, состоящее из суспензии на пылевидном кварце ПК-3 (ГОСТ 9077-82) и раствора натриевого жидкого стекла (ГОСТ 13078-81), а также обсыпочно материала – кварцевого песка марки  $2K_1O_2O_2$  (ГОСТ 2138-91). Перемешивали компоненты суспензии лабораторной мешалкой в течении 15...20 минут со скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин. Вязкость ЖС суспензии по ВЗ-4 составила 50...60с.

Одновременно готовили раствор для химического закрепления слоев жидкостекольного покрытия, для чего воду смешивали с алюмоборфосфатным концентратом, изменяя его содержание от 20 % до 50 %. Для оценки кинетики процесса гелеобразования в системе «слой суспензии на ЖС – закрепляющий раствор» использовалась установка, схема которой представлена на рисунке 4.1. При этом, с целью моделирования технологии изготовления керамической формы, емкость, выполненную из модельного состава (МВС-15), с установленными на ее боковых поверхностях электродах заливали суспензию, давали стек, осуществляли обсыпку получаемого керамического покрытия и наносили закрепляющий раствор с разным содержанием АБФК. Емкость с нанесенным слоем суспензии помещали в эксикатор с водой для поддержания постоянной влажности и температуры.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

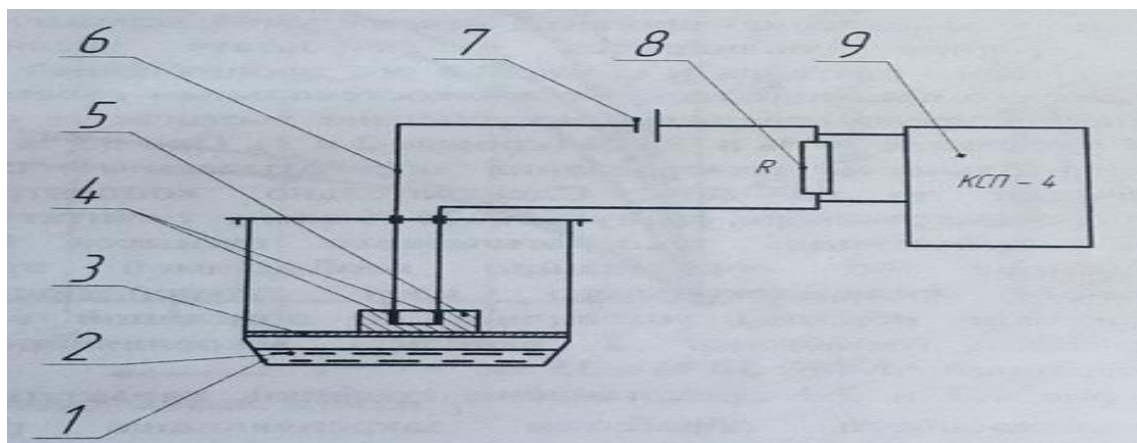


Рисунок. 4.1 – Схема установки для исследования кинетики отверждения слоев керамического покрытия: 1 -эксикатор; 2 - вода; 3 - сетка; 4 - никелевые электроды; 5 - емкость из модельного состава; 6 - соединительные провода; 7 - источник постоянного тока ВСП-33; 8 - сопротивление; 9 - потенциометр КСП-4.

Учитывая, что процесс затвердевания керамического покрытия сопровождается изменением его электрических параметров, степень затвердевания нанесенного слоя определялась по формуле:

$$q = \frac{U_n \cdot U_t}{U_n \cdot U_n} \cdot 100\% \quad (29)$$

где  $U_n$  – начальное напряжение на резисторе, соответствующее моменту нанесения слоя;

$U_t$  – напряжение на резисторе в отсчитываемый момент времени;

$U_n$  – установившееся постоянное напряжение на резисторе, соответствующее полному затвердеванию слоя.

Значения  $U_n$ ,  $U_t$ ,  $U_n$ , определялись на основе снимаемой на потенциометре КСП-4 зависимости  $U_r = f(r)$ .

Результаты исследований представлены на рисунке 4.2. Как показывают графические зависимости, содержание АБФК в растворе менее 25 мас. % не оказывает существенного влияния на ускорение процесса затвердевания керамической оболочки. Очевидно, что раствор малой концентрации АБФК не обеспечивает эффективного гелеобразования жидкостекольного связующего в суспензии. Концентрация АБФК в растворе выше 40 % также снижает

эффективность гелеобразования жидкого стекла и приводит к замедлению процесса отверждения керамического покрытия. Такое явление наблюдается в результате увеличения вязкости закрепляющего раствора и снижения его проникающей способности, что ухудшает его взаимодействие с жидкостекольным слоем.

Таким образом, наименьшее время отверждения суспензии достигается при концентрации АБФК в растворе 30 % и 35 % (кривые 2 и 3). При 35 % АБФК в растворе продолжительность затвердевания обрабатываемого слоя сокращается практически до 60 мин. Следовательно, концентрацию АБФК в закрепляющем растворе, равную 30...35 % следует считать оптимальной.

Для оптимизации технологического процесса были проведены исследования по определению необходимой продолжительности обработки жидкостекольного слоя закрепляющим раствором. Керамические образцы готовились по описанной выше технологии. Параллельно готовились 2 варианта закрепляющего раствора, с концентрацией АБФК: 30 % и 35 %.

На рисунке 4.1 и 4.2 представлены графики, характеризующие влияние продолжительности обработки закрепляющим раствором ( $T_{обр}$ ) концентрацией 30 % и 35 % соответственно на зависимость степени затвердевания жидкостекольных слоев от продолжительности затвердевания ( $T$ ).

Графические зависимости показывают, что при любой концентрации АБФК для сокращения продолжительности отверждения керамического образца необходимо выдерживать его в закрепляющем растворе не менее 40 секунд. Время обработки менее 40 секунд приводит к неравномерному распределению раствора по поверхности обрабатываемого слоя, а также недостаточно для качественной пропитки слоя реагирующим компонентом закрепителя. Выдержка же образца в растворе более 60 секунд не влияет на сроки затвердевания жидкостекольных слоев, поэтому нерациональна с технологической точки зрения. Таким образом, оптимальное время обработки

керамической оболочки в закрепляющем растворе варьируется в интервале 40...60 с.

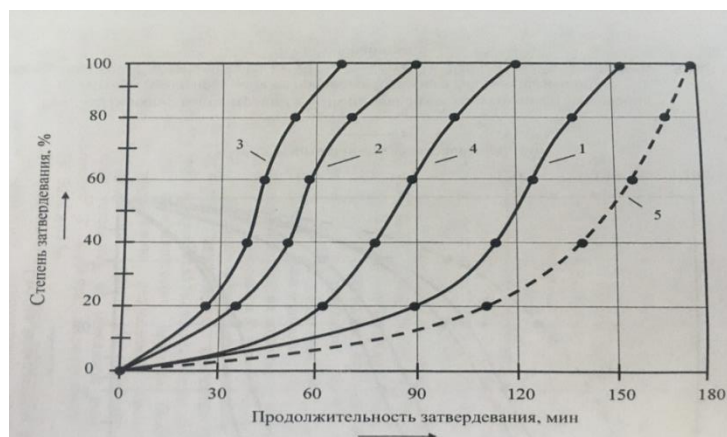


Рисунок 4.2 – Влияние концентрации АБФК на зависимость степени затвердевания жидкостекольного слоя от продолжительности формообразования

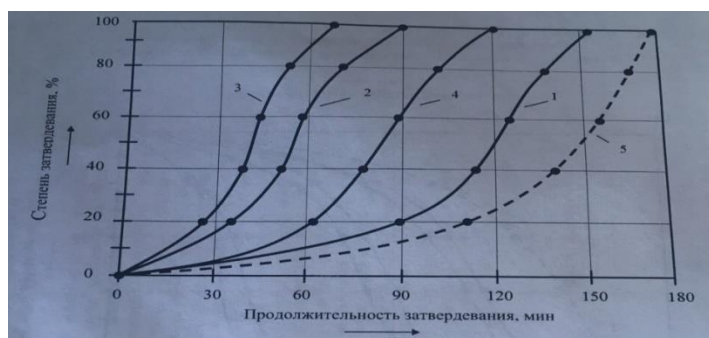


Рисунок 4.3 – Влияние продолжительности обработки на зависимость степени затвердевания жидкостекольного слоя от продолжительности формообразования при концентрации 30%

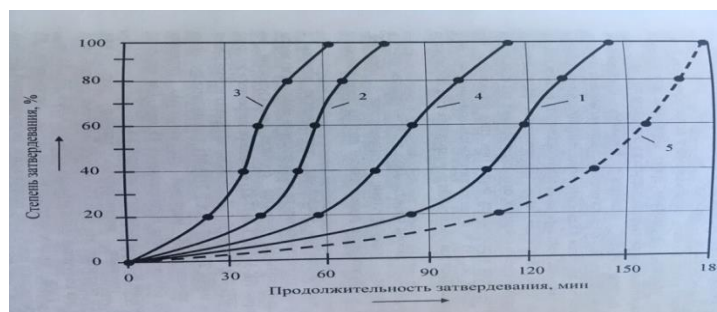


Рисунок 4.4 – Влияние продолжительности обработки на зависимость степени затвердевания жидкостекольного слоя от продолжительности формообразования при концентрации 35%

Водный раствор АБФК отличается высокими смачивающей, пропитывающей и адгезионной способностями, увеличивающими скорость и глубину пропитки им слоев жидкостекольного покрытия, что приводит к формированию своеобразного каркаса из гелеобразователя во всем объеме отверждаемого слоя. Благодаря чему обеспечивается равномерность отверждения керамического покрытия, создающая условия для повышения скорости изготовления керамических форм. При этом установлено, что концентрация АБФК 30...35 % и продолжительность обработки 40...60 с являются оптимальными для обеспечения формирования слоя оболочки за 60...90 мин. На следующем этапе работы представлялось целесообразным изучить физико-механические характеристики керамических оболочек, изготовленных с применением разработанного состава закрепляющего раствора.

Для этого изготавливались четырехслойные керамические образцы с лицевым этилсиликатным покрытием по выплавляемым моделям из массы МВС-15. Жидкостекольное покрытие состояло из суспензии на пылевидном кварце ПК-3 (ГОСТ 9077-82) и растворе натриевого жидкого стекла (ГОСТ 13078-81), в качестве обсыпочногo материала использовали кварцевый песок марки  $2K_1O_2O_2$  (ГОСТ 2138-91). Компоненты суспензии перемешивали лабораторной мешалкой со скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин, время перемешивания 15 мин. Для контроля готовности суспензии использовали вискозиметр ВЗ-4.

#### 4.2 Приготовление закрепляющего раствора

Параллельно готовили закрепляющий раствор для слоев жидкостекольного покрытия, для чего алюмоборфосфатный концентрат и воду смешивали для получения концентрации раствора АБФК 30...35 %.

Нанесенный слой жидкостекольного покрытия, состоящего из суспензии и обсыпочногo материала, погружали в закрепляющий раствор, продолжительность обработки составляла 40...60 с. После чего в результате процесса гелеобразования появлялась возможность ускоренно, через 90 мин, наносить

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76



последующие слои керамического жидкостекольного покрытия с химическим закреплением каждого в водном растворе алюмоборфосфатного концентрата. Определяли прочность образцов, отверждаемых сушкой на воздухе, под действием статических изгибающих напряжений через 1, 2, 3 и 24 ч после изготовления (холодная прочность). Для измерения прочности при прокатке (горячей прочности), образцы, также через 1, 2, 3 и 24 ч после изготовления, помещались в специальную лабораторную установку, в которой они нагревались до температуры 90 °С и под действием изгибающих усилий разрушались. Приложенное усилие фиксировалось по приборной шкале.

С увеличением процентного содержания алюмоборфосфатного концентрата в водном растворе закрепителя происходит возрастание значений холодной МПа) и горячей прочности образцов (рисунки 4.5 и 4.6). Как показывают графики, увеличение прочностей продолжается до концентрации АБФК 35 %. После чего значения указанных видов прочности заметно снижались. Этот эффект снижения прочности образцов при превышении порога концентрации АБФК в 35% наблюдается из-за увеличения вязкости закрепляющего раствора и снижения его проникающей способности ухудшает его взаимодействие с жидкостекольным слоем. Важно, что кривые горячей прочности, находятся в области более высоких значений в сравнении с аналогичными графиками холодной прочности при изгибе. Эффект нарастания прочности керамических образцов с повышением температуры обусловлен наличием алюмоборфосфатного концентрата в закрепляющем растворе, который является высокотемпературным связующим материалом и способствует дополнительному росту прочности образцов в зоне повышенных температур.

Обработка слоев жидкостекольного покрытия раствором алюмоборфосфатного концентрата создает условия для протекания ускоренного гелеобразования связующего, повышения термопрочности керамических форм за счет образования тугоплавких продуктов в процессе прокатки. В тоже время, алюмоборфосфатный концентрат вызывает после формирования отливки и ее

охлаждения до температур ниже 200 °С эффект разупрочнения керамической формы, что значительно улучшает ее выбиваемость. На графике, приведенном на рисунке 4.6 видно, что при концентрации АБФК 25 % и более вариант с обработкой закрепляющим раствором (кривая 1) расположен ниже варианта без обработки (кривая 2), а минимальное значение остаточной прочности на кривой 1 соответствует 35 % содержанию АБФК в растворе.

В таблице 4.1 приведены результаты исследования физико-механических свойств керамических образцов, изготовленных по разработанной технологии, в сравнении с базовой (закрепление жидкостекольных слоев в растворе CaCl<sub>2</sub>).

Таблица 4.1 Сравнительные показатели технологий

Наименование показателей	Вариант технологий	
	базовая	разработанная
1. Продолжительность сушки каждого слоя покрытия, ч	3,0...4,0	1,0...1,5
2. Общее время сушки четырехслойной формы, ч	12...16	4...6
3. Прочность образцов при изгибе МПа: в холодном состоянии в горячем состоянии при 900 °С остаточная прочность	2,5...3,0	2,8...3,3
	3,7...3,9	4,0...4,5
	2,0...2,3	1,8...2,1

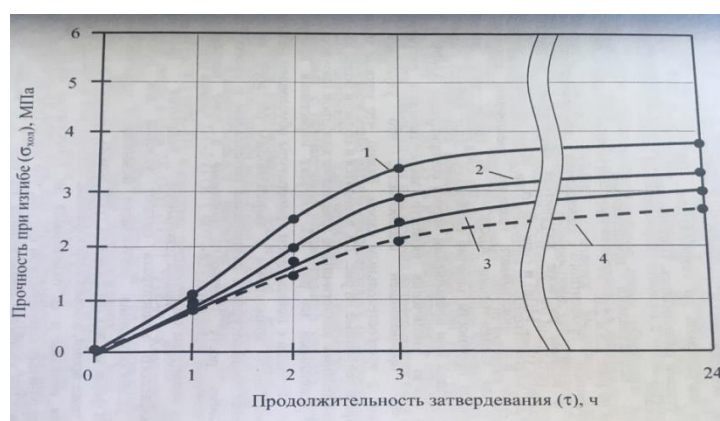


Рисунок 4.5 – Зависимость прочности жидкостекольных керамических образцов при изгибе от концентрации АБФК в закрепляющем растворе

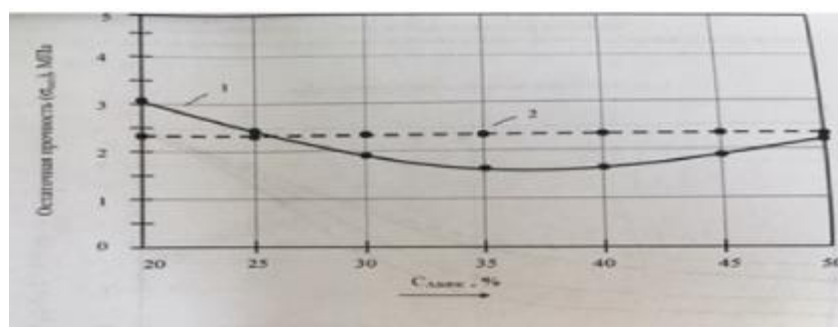


Рисунок 4.6 – Влияние концентрации АБФК ( $C_{\text{АБФК}}$ ) на  $\sigma_{\text{ост}}$  керамической оболочки:

1– с обработкой АБФК; 2– без обработки АБФК

Как показывают результаты исследований, разработанная технология позволяет существенно сократить цикл изготовления керамических форм, а также повысить их прочность в холодном и горячем состоянии. При этом, за счет разупрочняющего действия алюмоборфосфатного концентрата после прокали и охлаждения образцов, наблюдается значительное снижение их остаточной прочности и, как следствие, лучшая выбиваемость огнеупорных оболочек.

Однако при производстве сложнопрофильных отливок, в особенности из стали и чугуна, представлялось целесообразным проводить не полную, а частичную замену этилсиликатных слоев, т. е. изготавливать комбинированные формооболочки, у которых первые два слоя выполнены на этилсиликатном связующем, а последующие слои изготовлены на жидкостекольном связующем с обработкой закрепляющим раствором АБФК.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов. Запыленность воздуха рабочей зоны

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 – ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в цехе точного литья можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, различные подъемно-транспортные устройства, повышенная температура поверхности оборудования, пыль, выделение паров и газов, тепловой поток, избыточное выделение теплоты, повышенный уровень шума, вибрация, электромагнитные излучения, повышенное значение напряжения в электрических цепях.

В литейном цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещённости;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи. Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

Запыленность воздуха рабочей зоны. В литейном цехе к вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, тепловой поток, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления суспензии, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок. На жизнедеятельность рабочего большое влияние оказывает газовый состав воздуха. Условия считаются благоприятными при следующем составе воздуха:

- кислорода 19...20 %;
- углекислого газа не более 1 %.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в таблице 5.1 по ГОСТ 12.1.007-99 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Таблица 5.1 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Оксид железа	6,0	3
Диоксид серы	10,0	3
Известняк	6,0	3
Оксид марганца	0,3	1
Соляная кислота	5,0	3
Серная кислота	1,0	2
Этилсиликат	20,0	4
Спирт этиловый	1000,0	4
Кварц	1,0	2
Керосин	300,0	4
Фенол	1,0	2
Ацетон	200,0	5
Оксид углерода	20,0	4

Материалом, содержащим марганец является ферромарганец, применяемый при выплавке стали. Физические и химические свойства марганца температура плавления 1224 °С, температура кипения 2095 °С, плотность 7440 кг/м.

Взаимодействует с галогенами, серой, фосфором, углеродом, кремнием. При выплавке стали пары марганца соединяются с кислородом воздуха, образуя окислы в виде бурого дыма.

Пыль содержит около 80 % диоксида кремния. Типичное заболевание, возникающее под действием кремнесодержащей пыли – силикоз. Наиболее опасен прогрессирующий фиброз лёгочной ткани (пылевой пневмосклероз). В таблице 5.2 представлен дисперсный состав пыли.

Таблица 5.2 – Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	$\leq 0,7$	0,7...7	7...80	$< 80$
Содержание, % масс	42	35	16	7

Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция, которая состоит из вытяжной вентиляционной установки. В общем случае цеховая приточная установка включает в себя: воздухоприемное устройство, пористый фильтр для очистки поступающего воздуха, систему кондиционирования для подогрева и охлаждения воздуха, вентилятор.

## 5.2 Шум, вибрация, освещение, электробезопасность и очистка выбросов. Обезвреживание и утилизация отходов

Интенсивный шум оказывает негативное влияние на работоспособность человека. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев. Уровень шума в производственных помещениях должен соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих

местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

### *Вибрация*

В литейном цехе по ГОСТ 10816.1-97 «Вибрационная безопасность. Общие требования» локальная и общая вибрация второй категории. Источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01. Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь. В таблице 5.4 приведены гигиенические нормы вибрации.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов. Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Таблица 5.4 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно–технологическая	–	117	108	102	101	101	101	–	–	–	–
Технологическая	–	108	99	93	92	92	92	–	–	–	–
В служебном помещении	–	91	82	76	75	75	75	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	–	115	109	109	109	109	109	109	109

## Освещение

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведёт к снижению производительности труда и работоспособности. Может явиться причиной заболевания глаз и несчастных случаев. Рекомендуемые значения освещённости приведены в таблице 5.5. Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения. Искусственное освещение осуществляется лампами накаливания, ртутными лампами мощностью 250, 400, 700, 1000 кВт. Местное освещение осуществляется установленными на высоте 3...4 м люминесцентными лампами. Предусматривается аварийное освещение для безопасного продолжения работы и выхода людей из помещения при внезапном повреждении освещения.

Таблица 5.5 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормативная поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, 1 <sub>н</sub> , % при освещении совмещённом
Погрузка и разгрузка мат-в	Площадка, закром	Горизонталь	4 <sub>а</sub>	150	2,4
Плавление металла	Печь	Горизонталь, вертикаль	4 <sub>г</sub>	150	2,4
Загрузка шихты	Загрузочная площадка, свод	Горизонталь	8 <sub>б</sub>	200	0,7
Изготовление форм	0,8 от пола	Горизонталь	6	300	1,8



## Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе, его отделениях должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими требованиями и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители. Рубильники располагаются в заземленных кожухах – ГОСТ 12.1.030-81 (2001) – ССБТ «Электробезопасность».

Отчистка выбросов в атмосферу. Для очистки вентиляционных выбросов в цехе используются аспирационные системы. Система аспирации включает в себя: бортовой отсос, который помогает уловить вредные выбросы, наклонные воздуховоды из толстостенной стали, которые отводят воздух с пылью от местного отсоса до улицы, высоконапорный вентилятор, систему очистки выбросов. Для очистки воздуха, выбрасываемого вытяжной вентиляцией от содержания в нем вредных примесей в виде пыли неорганической и спирта этилового установлен циклон-промыватель типа ЦС-11-400 со степенью очистки 70%, производительность по воздуху 970...1270 м<sup>3</sup>/ч.

Обезвреживание и утилизация отходов. Литейное производство характеризуется высоким расходом сырьевых и энергетических ресурсов, и поэтому очень важным является решение вопросов экономии и организации процессов замкнутого цикла. Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистой аппаратуры. Данные отходы относятся к четвертой категории опасности. При условии соответствующего складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе было спроектировано современное литейное производство ООО «ЧТЗ-Уралтрак» на годовой выпуск 1500 тонн отливок из углеродистой стали литьем по выплавляемым моделям, разработана технология изготовления отливки «Угольник поворотный» из стали 45Л.

Были разработаны основные производственные отделения литейного цеха. Подобраны оптимальные виды оборудования для всех отделений литейного цеха. Рассчитано количество оборудования для выполнения производственной программы. Определена необходимая площадь складского помещения и соответствующие грузоподъемные средства.

Так же был произведен анализ технологичности изготовления отливки, были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие / А.Ф. Миляев. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.
2. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
3. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Специальные способы литья: Учебное пособие / Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин, О.В. Ивочкина – Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – 105 с.
4. Литье по выплавляемым моделям / Я. И. Шкленник, В. А. Озерова – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с., ил.
5. Лукьянов, В.И. Оборудование литейных цехов: учеб. пособие / В.И. Лукьянов, К.В. Шаров, А.М. Ханов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 421 с.
6. Ефимов, В.А. Специальные способы литья: справочник / под ред. В.А.Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436с.
7. Степанов, Ю.А. Технология литейного производства: Специальные виды литья / Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин – М.: Машиностроение, 1983.– 287с.
8. Лакеев, А.С. Формообразование в точном литье / А.С. Лакеев. – Киев: Наукова Думка, 1986. – 256с.
9. Жуковский, С.С.Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси / под ред. С.С. Жуковского. – Брянск: изд-во БГТУ, 2002. – 469 с.
10. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / под общ. ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448с.

					ЮУрГУ.220402.2020.175.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

ПРИЛОЖЕНИЯ  
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Компоненты шихты 45Л

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
44,817	49,305	4,115	0,513	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Стоимость, руб/т

9700,00	8000,00	19800,00	29000,00	62000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
---------	---------	----------	----------	----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество  
компонентов

100,000

%

Стоимость

10030,19

руб

Химический состав шихтовых материалов

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
C	0,460	0,110	3,400	0,100	7,000							
Mn	0,000	0,000	0,500	0,400	65,000							
Si	0,000	0,000	0,700	75,000	6,000							
S	0,020	0,030	0,030	0,020	0,020							
P	0,020	0,025	0,200	0,040	0,300							

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
44,817	49,305	4,115	0,513	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1т шихты

**10030,19**

руб

Ограничения по хим.составу

	Ограничения по хим.составу	
	min	max
<b>C</b>	0,420	0,488
<b>Mn</b>	0,450	0,835
<b>Si</b>	0,200	0,489
<b>S</b>	0,000	0,025
<b>P</b>	0,000	0,033
<b>O</b>	0,000	0,000
<b>O</b>	0,000	0,000

<b>X1</b>	Возврат 45Л
<b>X2</b>	Лом стальной ГОСТ 2787-86
<b>X3</b>	Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95
<b>X4</b>	Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93
<b>X5</b>	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91