

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Факультет «Материаловедения и металлургических технологий»
Кафедра «Литейное производство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д. т. н. профессор
/Б. А. Кулаков
«__»_____2018г.

Современное литейное производство на годовой выпуск
30 тонн отливок из стали литьем по выплавляемым моделям по
номенклатуре АО СКБ "Турбина"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.04.02.2018.242.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
доцент, к.т.н.
О.М. Заславская
«__»_____2018г.

Руководитель проекта
проф., д.т.н.
Л.Г. Знаменский
«__»_____2018г.

Автор проекта
студент группы
П-242
Я.М. Юрканцев
«__»_____2018г.

АННОТАЦИЯ

Юрканцев Я.М. Современное литейное производство на годовой выпуск 30 тонн отливок из стали литьем по выплавляемым моделям по номенклатуре АО СКБ «Турбина». – Челябинск: ЮУрГУ, П-242, 2018. – 109 с., библиогр. список – 17 наим., 2 прил., 8 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе разработано современное литейное производство по номенклатуре АО СКБ «Турбина» на годовой выпуск 30 тонн.

В ходе работы выбрано и рассчитано прогрессивные виды оборудования для литья по выплавляемым моделям. Проект цеха выполнен в соответствии с нормами техники безопасности и охраны окружающей среды.

Разработана технология изготовления отливки «Штуцер» из стали 10X18H11БЛ ГОСТ 977-87. Таким образом, разработанный процесс позволяет изготовить заданную деталь требуемого качества, он отвечает технологическим требованиям к детали и литым заготовкам, которые регламентируются чертежом детали, техническими условиями и другими стандартами.

В специальной части рассмотрены вопросы изготовления керамических форм на экологически чистом связующем алюмоборфосфатном концентрате (АБФК). Это обеспечивает повышение физико-механических свойств керамических форм и качество получаемых точных отливок.

					22.04.02.2018.162.00.00 ПЗ ВКР		
		<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>				
<i>Разраб</i>	Юрканцев Я.М.			<i>Современное литейное производство на годовой выпуск 30 тонн отливок из стали литьем по выплавляемым моделям по номенклатуре АО СКБ «Турбина»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	Дубровин В.К.				2	109	
<i>Н.контр</i>	Заславская О.М.				<i>ЮУрГУ Кафедра «Литейное производство»</i>		
<i>Утв.</i>	Кулаков Б.А.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	9
2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	19
2.1 Режим работы и фонды времени.....	19
2.2 Расчет производственных отделений цеха	20
2.2.1 Плавильное отделение	22
2.2.2 Модельно-керамическое отделение	33
2.2.3 Прокалочно-заливочное отделение	42
2.2.4 Термообрубное отделение.....	44
2.2.5 Расчет складов цеха	46
2.3 Внутрицеховой транспорт	49
2.4 Вспомогательные отделения и участки цеха.....	50
3 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «ШТУЦЕР».....	51
3.1 Технологический процесс изготовления отливки.....	51
3.2 Анализ технологичности изготовления отливки	51
3.3 Назначение припусков на механическую обработку.....	52
3.4 Выбор сплава	52
3.5 Выбор и обоснование места и уровня подвода металла.....	54
3.6 Расчет литниково-питающей системы	55
3.7 Проектирование и изготовление пресс-форм.....	58
3.8 Изготовление моделей	59
3.9 Изготовление литейных форм.....	61

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 4
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.10	Нанесение суспензии	61
3.11	Плавка металла, заливка и охлаждение форм	62
3.12	Выбивка, очистка и термообработка отливок	63
3.13	Контроль качества отливок	64
3.14	Организация контроля	65
4	ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ ДЛЯ ЛВМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АБФК.....	Error! Bookmark not defined.
4.1	Химический состав и свойства АБФК	67
4.2	Подготовка суспензии.....	68
4.3	Проведение экспериментов и результаты.....	69
4.4	Сравнение свойств керамических оболочковых форм.....	81
4.5	Сравнение экономической эффективности использования разработанной технологии	82
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	83
5.1	Общая характеристика литейного цеха.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Анализ опасных и вредных факторов в условиях литейного цеха	84
5.3	Вредные вещества	85
5.4	Микроклимат	86
5.5	Вибрация и шум.....	88
5.6	Электромагнитные поля	90
5.7	Освещение	91
5.8	Пожаровзрывобезопасность	92
5.9	Электробезопасность	94
5.10	Безопасность производственных процессов и оборудования	96
5.11	Защита окружающей среды.....	97

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

изготавливать отливки, максимально приближенные по форме, размерам и массе к готовой детали.

Модели отливок и литниково-питающей системы (ЛПС) изготавливают из воскообразных легкоплавких материалов (воск, стеарин, парафин), выплавляемых в нагретой модельной массе. Стоит отметить, что конкретная литая деталь представляет собой отдельную оригинальную конструкцию, что требует создание самостоятельной ЛПС для каждой отливки. Однако литые детали имеют много общего в размерах стенок, узлов, их сочленений, благодаря чему появляется возможность для типизации конструкций ЛПС и выработки общих методов расчета. Модели соединяют в блоки (спаиванием, механическим скреплением) и наносят на них слои огнеупорной суспензии из связующего раствора и огнеупорного наполнителя. Каждый слой суспензии обсыпают зернистым огнеупорным материалом и сушат. Из полученной многослойной неразъемной оболочковой формы модели удаляют выплавлением. Освобожденные от модельного состава оболочки отдельно или в опорном наполнителе прокаливают для удаления органических остатков модельных и связующих материалов, после чего горячие или охлажденные формы заливают расплавом.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование нового цеха литья по выплавляемым моделям на годовой выпуск 30 тонн точных отливок.

При проектировании цеха необходимо обеспечить высокий технический уровень и экономическую эффективность, используя современные технологии и научные достижения. Особенностью литья по выплавляемым моделям является также возможность высокой степени автоматизации и комплексной механизации производства, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Проектируемый цех располагается в одноэтажном здании. В цехе применено современное оборудование и технология производства оболочковых форм, позволяющее улучшить условие труда, увеличить эффективность производства, снизить количество брака.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 8
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- ошибочная тенденция применения в качестве шихты некачественного дешевого лома с целью снижения себестоимости отливок, что часто приводит к увеличению себестоимости литья за счет увеличения брака;
- отсутствие плановых модернизаций предприятий;
- большие накладные расходы предприятий, связанные с необходимостью поддерживать;
- недоступность заемных средств (кредитования) на длительный период;
- избыточные штаты ремонтных рабочих;
- большое количество бюрократических и административных издержек, связанных с деятельностью Ростехнадзора, Федеральной инспекции труда и прочих структур;
- недостаток высококвалифицированных кадров как среди ИТР, так и среди рабочего персонала из-за несостоятельности предприятий и их неспособности решать социальные вопросы.

За последние годы меняются приоритеты в развитии технологических процессов литейного производства в сторону их совместимости с окружающей средой. На первый план выходят экологические аспекты производства, которые определяются вредными выбросами в атмосферу.

Большим недостатком является ориентирование инвестиционной политики в регионе на иностранный капитал. Отсутствие собственных инвестиций – основная преграда развитию машиностроения и литейного производства. Наши надежды связаны с реализацией проектов по созданию особых экономических внедренческих зон в регионе и специальных технопарков для обеспечения перспективного развития литейного производства.

В комплексе эти проблемы представляют систему, которая мешает преодолеть технологическое отставание отечественного литейного производства.

Помимо вышеозначенных проблем существуют и чисто технологические проблемы, связанные с применяемым оборудованием.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

условиях крупносерийного производства зарубежные литейщики применяют наиболее передовые технологии отверждения в оснастке – COLD-BOX-AMIN процесс, BETA-SET процесс. В России до сих пор основное распространение имеют стержни, полученные тепловой сушкой вне оснастки. Эта технология искажает геометрию стержня и существенно усложняет технологический процесс.

Зарубежные литейные цеха для приготовления смесей применяют различные роторные, вихревые, шнековые смесители. Данные смесителя имеют сложную траекторию движения рабочего органа смесителя, что обеспечивает высокий уровень гомогенности смеси и меньшее истирание огнеупорного наполнителя (кварцевого песка). Конструкция таких смесителей позволяет механизировать и автоматизировать процесс введения компонентов смеси. В России такие смесители почти не применяют, до сих пор основным типом смесителя является чашечный, либо катковый, при этом очень часто добавки (глина, вода, ПАВ, стабилизаторы) дозируются вручную.

Выплавка металла за рубежом ведется на установках, в основе своей аналогичных используемым в отечественном литейном производстве. Однако уровень автоматизации ведения технологического процесса зарубежных установок на порядок выше отечественных. При этом крупные литейные цеха имеют свои ломозаготовительные подразделения, мелкие – закупают подготовленный пакетированный лом. Это позволяет несколько снизить угар металла за счет лучшей упаковки шихты в печи и упростить процесс навески и завалки шихты, тем самым уменьшая величину простоев.

Изготовление моделей на отечественных предприятиях связано с содержанием большого числа станков, инструмента и высококвалифицированных инструментальщиков, а так же отсутствием современного оборудования. Все это удорожает процесс получения промоделей и модельной оснастки. За рубежом в основной своей массе модели получают методами быстрого прототипирования, когда на одном агрегате с помощью заранее построенной компьютерной программы изготавливается модель отливки.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		12

Очевидно, что зарубежное литейное производство значительно превосходит отечественное по уровню технической и технологической оснащенности.

Возможны два пути модернизации: строительство новых литейных цехов, либо реконструкция действующих производств. Второй путь кажется менее затратным – не надо строить новое здание, стоимость которого составляет более половины стоимости всего цеха, возводить сооружения, подводить коммуникации и т.д. Однако за последние 6 лет было реконструировано около 50 крупных литейных производств таких как ОАО «Автоваз», ОАО «КАМАЗ-Металлургия», ОАО «Балтийский завод», ФГУП «ПО Уралвагонзавод» и других, при этом затраты на реконструкцию оказались довольно большие.

Литье по удаляемым моделям – общее название видов литья, при которых модели удаляют из формы выплавлением (литье по выплавляемым моделям), выжиганием (литье по выжигаемым моделям), растворением (литье по растворяемым моделям).

Метод литья по выплавляемым моделям (ЛВМ), благодаря преимуществам по сравнению с другими способами изготовления отливок, получил значительное распространение в машиностроении и приборостроении.

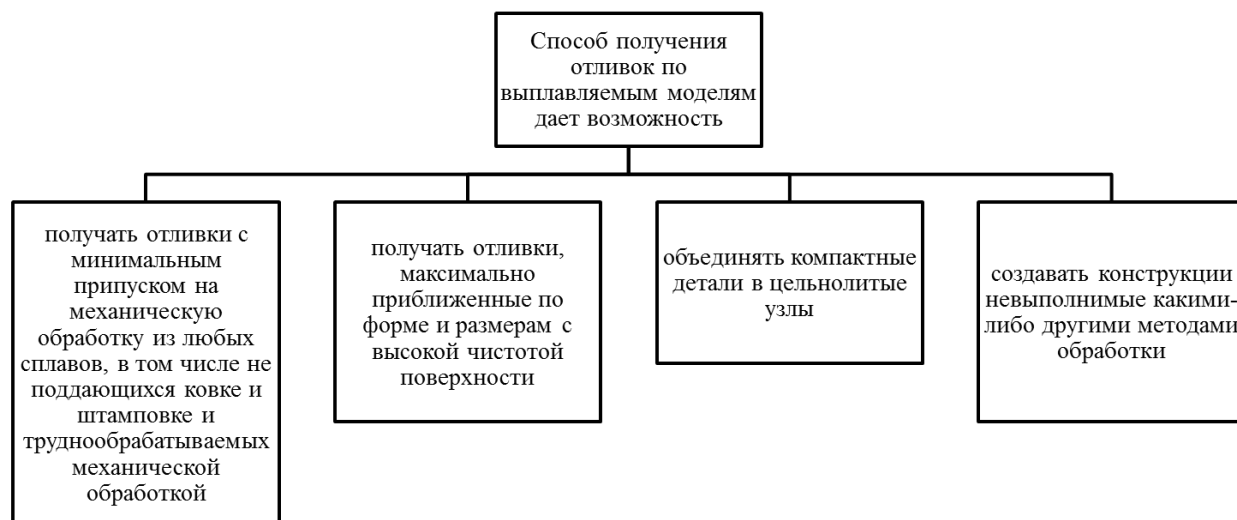


Рисунок 1.1 – Возможности метода ЛВМ

Стоит учесть, что все вышеперечисленные преимущества способа могут быть реализованы только в том случае, когда детали сконструированы с учетом

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 13
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- разработка технологии получения сложных тонкостенных отливок с использованием керамических стержней и водорастворимых мочевиновых моделей, позволяющие выполнять более сложные геометрические контуры отливок;
- исследование и внедрение в производство связующих растворов на основе ЭТС, полученных без использования органических растворителей;
- разработка совмещенного метода приготовления связующего раствора и суспензии;
- внедрение в производство вакуумно-аммиачного метода сушки слоев суспензии и выпуск оборудования для его осуществления;
- освоение процесса направленной кристаллизации и получение отливок с направленной монокристаллической структурой.

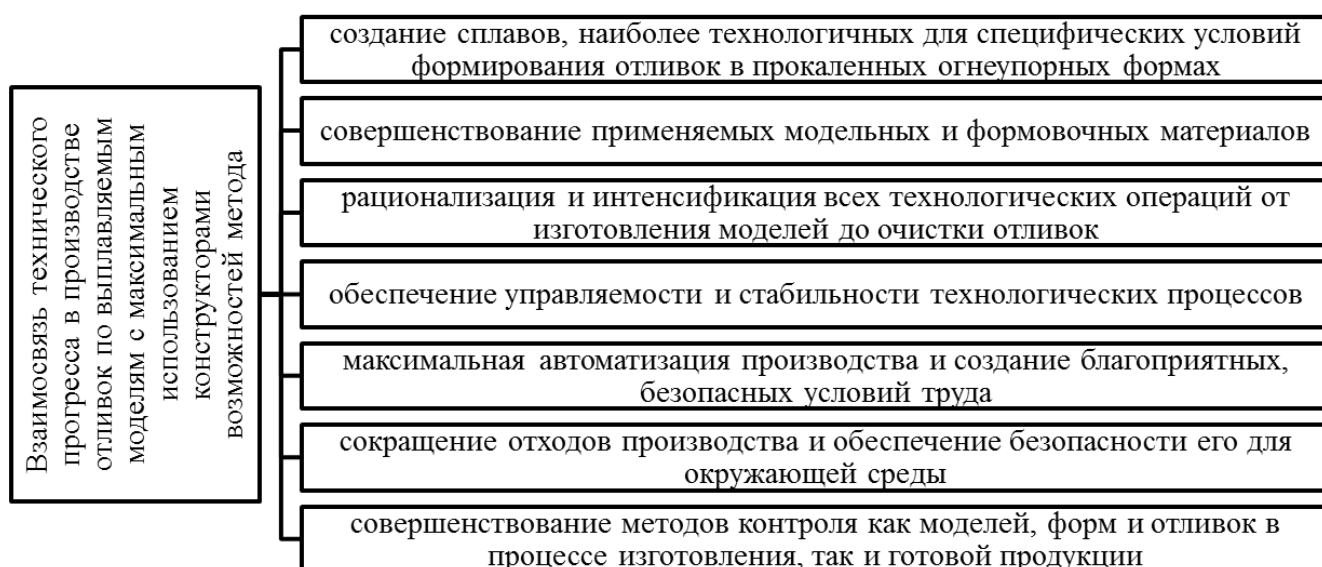


Рисунок 1.2 – Взаимосвязь технического процесса в ЛВМ

Реализовать в полной мере преимущества ЛВМ перед другими способами получения литых изделий не позволяет отсутствие системных научных данных. Которые характеризуют общие физические и химические закономерности поведения корундовых и силикатных материалов, литейных форм и компонентов сплавов в условиях заливки и формирования точных отливок, их взаимодействии с заливаемым сплавом и влияние на качество отливок; отсутствуют обобщающие

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	
м	т					Лист т 15

теоретические подходы, позволяющие выработать эффективные методы управления данными процесса.

Точное литье художественных и ювелирных изделий из сплавов цветных и драгоценных металлов с температурой заливки до 1150 °С осуществляют литьем по выплавляемым моделям в объемные формы на гипсовом связующем. Особенностью этого метода является одновременное получение формы и стержня при заливке модели формовочной суспензией, что резко снижает трудоемкость этих, особенно отдельных, процессов. Использование такого метода позволяет получать тонкостенные сложнопрофильные отливки различной конфигурации.

Наибольшее распространение получили импортные формовочные смеси «К-90», «Satincast», «Supercast», «Ultra-vest» и отечественные серии «Ювелирная-1» и «Ювелирная-2». Однако импортные смеси дороги, а отечественные являются узкоспециализированными на ювелирное литье и не обеспечивают достаточного уровня физико-механических свойств форм при изготовлении крупногабаритных художественных отливок. Вибровакуумная обработка залитых смесью форм позволяет эффективно дегазацию только мелких, высотой до 300 мм опок. Для кремнеземисто-гипсовых, как и для всех монолитных объемных форм, характерна повышенная склонность к образованию трещин в процессе их сушки, прокали. Вместе с тем, если вопросы трещинообразования оболочковых форм по выплавляемым моделям в настоящее время рассмотрены в значительной степени, то процессы напряженного состояния, условия зарождения и роста трещин в объемных керамических формах, критерии повышения их трещиностойкости практически не изучались.

Увеличить массу получаемых отливок позволяет использование гипса высокопрочных марок (например, Г-16), но он как связующее является сравнительно дефицитным и дорогостоящим материалом, так как в Российской Федерации имеется лишь одно крупное месторождение качественного гипсового камня, из которого производится гипс высокой марки – Самарское.

При всех достоинствах и перспективах использования, основным недостатком форм на гипсовом связующем следует считать невозможность получения в них

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 16
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

отливок из металлов с высокой температурой заливки. Уже при литье крупных отливок из медных сплавов с температурой заливки 1050...1200 °С заметно начало разложение гипса в формах, что в отдельных случаях приводит к браку отливок по причине образования газовых раковин. Вместе с тем, взаимодействие керамических форм на кристаллогидратных связующих, с заливаемыми сплавами, до настоящего времени не изучалось.

В качестве кристаллогидратных связующих материалов в литейном производстве наряду с гипсом так же используют цемент и клинкер. Регулирование скорости отвердевания осуществляется за счет добавок определенных химических компонентов.

Использование суспензий на основе металлофосфатных связующих, для изготовления керамических форм является перспективным на данный момент. Как, например, в США представителем металлофосфатной связующей композицией является система «INOSET» фирмы «Ashland Chemical», которая образована модифицированными фосфатами бора и алюминия с использованием полиспиртов, а так же оксикислот, и отверждается порошковым ингредиентом – оксидами щелочных металлов (MgO, CaO).

В мире накоплен огромный опыт применения металлофосфатов. Установлены их положительные качества: отсутствие токсичных выделений, легкие выбиваемость и регенирируемость, высокая противопригарная стойкость, низкая газотворность, необходимые прочностные свойства в широком диапазоне температур.

Проведенный анализ применяемых в точном литье материалов и процессов показал, что существует необходимость создания такого состава и способа изготовления самотвердеющей смеси, которые обеспечили:

- ускоренный цикл формообразования;**
- повышенную газопроницаемость;**
- прочность и трещиностойчивость керамических форм и стержней при прокатке;**
- легкую выбиваемость.**

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 17
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

Технологические процессы изготовления форм с использованием в качестве связующих материалов АБФК, гидролизированных растворов этилсиликата, а в качестве наполнителя – электрокорунда, обладают теми или иными достоинствами. В целом, актуальность и перспективность данного направления работы заключается в том, что разработка наливной кристаллогидратной смеси на основе АБФК позволит ускоренно получать монолитные керамические формы с высокими технологическими свойствами, обеспечивающими изготовление высококачественных отливок из любых сплавов, а так же повысить производительность метода литья по выплавляемым моделям.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 18
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Режим работы и фонды времени

В литейных цехах серийного производства отливок применяется параллельный режим работы, заключающийся в выполнении всех технологических операций одновременно на разных производственных площадях и участках литейного цеха разными рабочими и машинами.

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный. Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Календарный фонд времени составляет:

$$\Phi_K = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ ч/год.}$$

Номинальный фонд времени (Φ_N) – это время, в течение которого по принятому режиму должно работать оборудование без учета потерь времени.

Номинальный фонд времени составляет:

$$\Phi_N = 4036 \text{ ч/год.}$$

Действительный (эффективный) фонд времени определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь, связанных с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его. Действительный фонд времени составляет для рабочих $\Phi_{д} = 1740$.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 2.1.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 19
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 2.1 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени Φ_n , ч	Потери времени и α , %	Действительный фонд времени Φ_d , ч
Оборудование плавильного отделения	2	4036	4	3890
Автоматизированное оборудование	2	4036	5	3645
Оборудование для изготовления моделей, формовки и выбивки отливок, обрубки и очистки	2	4036	5	3975
Печи для термообработки отливок	3	8760	11	7800

2.2 Расчет производственных отделений цеха

Для проектируемого цеха литья по выплавляемым моделям подходит точная программа (таблица 2.2), потому что она предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой литья (до 40 наименований).

Расчет точной производственной программы цеха представлен в таблице 2.2 и является основой для технологической части проекта. Точная производственная программа литейного цеха предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки. Номенклатура программы составляет 25 наименований отливок. Плавку из сталей 15X23H18Л и 10X18H11БЛ ведут в индукционных печах.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 2.2 – Точная программа цеха литья по выплавляемым моделям на годовой выпуск 30 тонн отливок из легированной стали.

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
			шт	тонн
1	2	3	4	5
1. Корпус	0,220	15X23H18Л	11500	2,530
2. Штуцер поворотный	0,040	15X23H18Л	20000	0,800
3. Угольник поворотный	0,021	15X23H18Л	20000	0,600
4. Аппарат сопловой	1,500	15X23H18Л	1000	1,500
5. Диффузор	2,350	15X23H18Л	1000	2,350
6. Колесо	0,900	15X23H18Л	1000	0,900
7. Штуцер	0,030	15X23H18Л	20000	0,420
8. Корпус крана	0,205	10X18H11БЛ	5000	1,025
9. Корпус воспламенителя	0,350	10X18H11БЛ	5000	1,75
10. Штуцер поворотный	0,050	10X18H11БЛ	15000	0,750
11. Штуцер поворотный	0,080	10X18H11БЛ	7500	0,600
12. Штуцер поворотный	0,095	10X18H11БЛ	15000	1,425
13. Патрубок	0,115	10X18H11БЛ	18000	2,070
14. Штуцер поворотный	0,130	10X18H11БЛ	12000	1,560
15. Штуцер поворотный	0,070	10X18H11БЛ	20000	1,400
16. Штуцер	0,115	10X18H11БЛ	12000	1,380
17. Штуцер	0,130	10X18H11БЛ	12000	1,560
18. Корыто сливное	0,105	10X18H11БЛ	10000	1,050
19. Корыто сливное	0,075	10X18H11БЛ	10000	0,750
20. Фланец	0,080	10X18H11БЛ	6000	0,480
21. Фланец	0,105	10X18H11БЛ	6000	0,630
22. Штуцер	0,134	10X18H11БЛ	5000	0,670
23. Корпус крана	0,205	10X18H11БЛ	5000	1,025
24. Штуцер	0,189	10X18H11БЛ	5000	0,945
25. Колесо	1,850	10X18H11БЛ	1000	1,850
Итого			244000	30

Отливки изготавливаются из сплава 10X18H11БЛ и 15X23H18Л. Химический состав сталей по ГОСТ 977-88 приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Химический состав сталей по ГОСТ 977-88

Марка стали	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Nb, %	S, %	P, %
10X18H11БЛ	до 0,1	0,2...1,0	1...2	17...20	8...12	0,45...0,9	до 0,03	до 0,0035
15X23H18Л	0,1...0,2	0,2...1,0	1...2	22...25	17...20	–	до 0,03	до 0,03

Из м	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т
						21

Механические свойства сталей (Закалка 1050...1100°С, охлаждение водой) приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Механические свойства сталей

Свойства стали	10X18H11БЛ	15X23H18Л
Предел текучести условный, МПа	200	300
Временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа	500	550
Относительное удлинение после разрыва, %	25	25
Относительное сужение, %	35	30
Ударная вязкость, определенная на образце с концентраторами соответственно вида U и V, кДж/м ²	600	1000

2.2.1 Плавильное отделение

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы, которая составляется на основе программы цеха и данных техпроцессов.

Ведомость расхода металла на залитые формы проектируемого цеха представлена в таблице 2.5.

Количество отливок в год с учетом брака – А определяется по формуле:

$$A = \frac{\Gamma}{100 - Б}, \quad (1)$$

где Γ – годовая программа, шт.;

$Б$ – планируемый процент брака отливок.

Тогда брак отливок в натуральном выражении определится по разнице между отлитыми и годными отливками.

Масса литников и прибылей на одну отливку рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{Лип}} = \frac{M_0 \cdot (100 - ТВГ)}{ТВГ}, \quad (2)$$

где $M_{\text{Лип}}$ – масса литников и прибылей, кг;

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 22
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

M_0 – масса отливки, кг;

ТВГ – технологический выход годного.

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь 10X18Н11БЛ ГОСТ 977-88 и сталь 15X23Н18Л ГОСТ 977-88. Это коррозионно-стойкие (нержавеющие) жаропрочные стали. Они обладают высокими механическими свойствами и повышенной ударной вязкостью.

Химический состав металла определяется от каждой плавки. Пробы берут в процессе плавки и нумеруются номером печи. Отливки, залитые сталью с отклонениями по химическому составу, изолируются до окончательного заключения о возможности их использования.

Баланс металла составляется на основании ведомости расхода металла на залитые формы. Она составляется по всем маркам выплавляемых сплавов на годовую программу.

Таблица 2.5 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
			шт.	т
1	2	3	4	5
1. Корпус	0,220	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	11500	2,530
2. Штуцер поворотный	0,040	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	20000	0,800
3. Угольник поворотный	0,030	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	20000	0,600
4. Аппарат сопловой	1,500	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	1000	1,500
5. Диффузор	2,350	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	1000	2,350
6. Колесо	0,900	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	1000	0,900
7. Штуцер	0,021	15X23Н18Л ГОСТ 977-88	20000	0,420
8. Корпус крана	0,205	10X18Н11БЛ ГОСТ 977-88	5000	1,025
9. Корпус воспламенителя	0,350	10X18Н11БЛ ГОСТ 977-88	5000	1,75

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		23

Продолжение таблицы 2.5

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
			шт.	т
1	2	3	4	5
10. Штуцер поворотный	0,050	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	15000	0,750
11. Штуцер поворотный	0,080	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	7500	0,600
12. Штуцер поворотный	0,095	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	15000	1,425
13. Патрубок	0,115	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	18000	2,070
14. Штуцер поворотный	0,130	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	12000	1,560
15. Штуцер поворотный	0,070	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	20000	1,400
16. Штуцер	0,115	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	12000	1,380
17. Штуцер	0,130	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	12000	1,560
18. Корыто сливное	0,105	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	10000	1,050
19. Корыто сливное	0,075	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	10000	0,750
20. Фланец	0,080	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	6000	0,480
21. Фланец	0,105	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	6000	0,630
22. Штуцер	0,134	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	5000	0,670
23. Корпус крана	0,205	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	5000	1,025
24. Штуцер	0,189	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	5000	0,945
25. Колесо	1,850	10X18H11БЛ ГОСТ 977-88	1000	1,850
ИТОГО				30

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

Продолжение таблицы 2.5

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год		Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	%	шт.	т	шт.	т	Литников и прибылей	Отливки с литниками и прибылями	На литники и прибыли	Всего
1	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Корпус	5	605	0,133	12105	2,663	0,132	0,352	1,598	4,261
2. Штуцер поворотный		1053	0,042	21053	0,842	0,024	0,064	0,505	1,347
3. Угольник поворотный		1053	0,032	21053	0,632	0,018	0,048	0,379	1,011
4. Аппарат сопловой		53	0,080	1053	1,580	0,9	2,400	0,947	2,527
5. Диффузор		53	0,124	1053	2,474	1,41	3,760	1,484	3,958
6. Колесо		53	0,047	1053	0,947	0,54	1,440	0,568	1,515
7. Штуцер		1053	0,022	21053	0,442	0,0126	0,034	0,265	0,707
8. Корпус крана		263	0,054	5263	1,079	0,123	0,328	0,647	1,726
9. Корпус воспламенителя		263	0,092	5263	1,842	0,210	0,560	1,105	2,947
10. Штуцер поворотный		790	0,039	15790	0,789	0,030	0,080	0,473	1,262
11. Штуцер поворотный		395	0,032	7895	0,632	0,048	0,128	0,379	1,011
12. Штуцер поворотный		790	0,075	15790	1,500	0,057	0,152	0,900	2,400
13. Патрубок		947	0,110	18947	2,180	0,069	0,184	1,307	3,487
14. Штуцер поворотный		632	0,082	12632	1,642	0,078	0,208	0,985	2,627
15. Штуцер поворотный		1053	0,073	21053	1,473	0,042	0,112	0,884	2,357
16. Штуцер		632	0,072	12632	1,452	0,069	0,184	0,872	2,324
17. Штуцер		632	0,082	12632	1,642	0,078	0,208	0,985	2,627
18. Корыто сливное		526	0,055	10526	1,105	0,063	0,168	0,663	1,768
19. Корыто сливное		526	0,040	10526	0,790	0,045	0,120	0,474	1,264
20. Фланец		316	0,025	6316	0,505	0,048	0,128	0,303	0,808
21. Фланец		316	0,033	6316	0,663	0,063	0,168	0,332	0,995
22. Штуцер		263	0,035	5263	0,705	0,080	0,214	0,421	1,126
23. Корпус крана		263	0,054	5263	1,079	0,123	0,328	0,647	1,726
24. Штуцер		263	0,050	5263	0,995	0,113	0,302	0,595	1,590
25. Колесо		53	0,097	1053	1,947	1,11	2,960	1,169	3,116

Из м	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т
						25

Окончание таблицы 2.5

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год		Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	%	шт.	т	шт.	т	Литников и прибылей	Отливки с литниками и прибылями	На литники и прибыли	Всего
1	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ИТОГО	-	-	1,600	256846	31,600	-	-	18,887	50,487

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляется баланс металла (таблица 2.6).

Баланс металла составляется по всем маркам выплавляемых сплавов на годовую программу.

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3)$$

где M – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т;

Г – масса годных отливок, т;

Л – масса литников и прибылей, т;

Б – масса бракованных отливок, т;

П – сумма потерь металла, %.

После расчета металлозавалки определяются и заносятся в таблицу 2.6 статьи 1, 2, 3 в процентах, а 4, 5, 6 – в тоннах, а затем подсчитываются суммарные данные по цеху.

Расчет шихты производится исходя из требуемого химического состава сплава с учетом фактически используемых шихтовых материалов и применяемых плавильных агрегатов.

Рекомендуемый химический состав сталей 15X23H18Л и 10X18H11БЛ регламентируется по ГОСТ 977-88 и имеет содержания компонентов указанные в таблице 2.3.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 26
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

Расчет оптимального состава шихты проводился на основе методов линейного программирования с помощью ЭВМ в пакете Microsoft Excel с оптимизацией по цене. Расчет приведен в приложениях А и Б.

Таблица 2.6 – Баланс металла

Наименование статей	Расход металла по маркам сплава				Всего
	15Х23Н18Л		Сталь 10Х18Н11БЛ		
	%	т	%	т	т
1. Годные отливки	57,3	9,100	57,36	20,900	30,000
2. Литники и прибыли	36,18	5,746	36,06	13,141	18,887
3. <u>Брак отливок</u>	3,02	0,480	3,08	1,120	1,600
4. Технические пробы и опытные отливки	0,5	0,080	0,5	0,182	0,261
5. <u>Сливы и сплески</u>	1,5	0,238	1,5	0,546	0,784
Итого жидкого металла	98,5	15,643	98,5	35,889	51,53
6. Угар и безвозвратные потери	1,5	0,238	1,5	0,546	0,784
<u>Металлозавалка</u>	100	15,882	100	36,436	52,318

Содержание серы и фосфора в шихте не превышает предельных значений по ГОСТ 977-88. Рассчитанный состав шихты представлен в таблице 2.8.

Выбор правильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием в регионе проектируемого цеха, необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовой выделений и отходов плавки, а также эффективностью производства сплава на выбранном оборудовании.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 27
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 2.7 – Компоненты оптимизированной шихты для сталей 15X23H18Л и 10X18H11БЛ

Компонент	15X23H18Л						10X18H11БЛ						
	X1, %	X2, %	X3, %	X4, %	X5, %	X6, %	X1, %	X2, %	X3, %	X4, %	X5, %	X6, %	X7, %
C	0,08	0,10	0	0	2	0	0,08	0,10	0	0	2	0	0
Mn	0,1	1	0	0	80	0,4	1	0,1	0	0	80	0,4	0
Si	0	0,2	0	0	2	80	0,2	0,2	0	0	2	80	1,5
S	0,025	0,03	0,02	0,001	0,02	0,02	0,025	0,03	0,02	0,001	0,02	0,02	0,03
P	0,035	0,035	0,02	0,001	0,03	0,03	0,035	0,03	0,02	0,001	0,03	0,03	0,03
Ni	3	20	0	99,83	0	0	3	12	0	99,83	0	0	0
Cr	14	25	68	0	0	0	14	20	68	0	0	0	0
Nb	-	-	-	-	-	-	0	0,9	0	0	0	0	65

В таблице 2.7 использованы следующие обозначения:

X₁ – лом стальной Б25 ГОСТ 2787-77;

X₂ – возврат;

X₃ – феррохром ФХ001А ГОСТ 4757-91;

X₄ – никель Н-1 ГОСТ849-2008;

X₅ – ферромарганец ФМн78А ГОСТ 4755-91;

X₆ – ферросилиций ФС75 А2.5 ГОСТ 1415-78;

X₇ – феррониобий ФНб60 ГОСТ 16773-2003.

Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием в регионе проектируемого цеха, необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства сплава на выбранном оборудовании. При сравнительно небольшой потребности литейного цеха в жидкой стали широко применяются индукционные тигельные сталеплавильные печи серии УИ.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ				Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					28

Таблица 2.8 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материалов	Расход материалов по маркам сплава			
	10X18H11БЛ		15X23H18Л	
	%	т	%	т
1. Металлическая шихта:				
а) лом стальной Б25 ГОСТ 2787-86	42,2	15,40	42,4	6,73
б) возврат	42,6	15,52	40,6	6,45
в) феррохром ФХ001А ГОСТ 4757-91	6,80	2,48	5	0,79
г) никель Н-1 ГОСТ 849-2008	6	2,19	10	1,60
д) ферромарганец ФМн78А ГОСТ 755-91	1,4	0,51	1	0,16
е) ферросилиций Фс75 ГОСТ 1415-93	0,58	0,21	0,96	0,15
ж) феррониобий ФНб60 ГОСТ 16773-2003	0,39	0,14	-	-
Итого	100	36,436	100	15,882
2. Шлакообразующие	2	0,73	2	0,32
3. Раскислители и модификаторы	2	0,73	2	0,32

Для выплавки стали 15X23H18Л и 10X18H11БЛ в проектируемом цехе примем индукционную тигельную печь средней частоты (1000Гц) с основной футеровкой УИ-0,05Т-100М (Уралиндуктор). Вместимость печи 0,05 т, время плавки 45 мин, мощность 100 кВт, габаритные размеры 2200×2200×1695 мм.

Технические характеристики индукционной печи представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Технические характеристики индукционной печи УИ-0,05Т-100М

Параметры	Показатели
Емкость, кг	50
Время плавки, мин.	45
Мощность, кВт	100
Частота, Гц	1000
Входное напряжение, В	380
Рабочее напряжение, В	1500
Количество импульсов, шт	6/12
Мощность трансформатора, кВт	500
Номинальная температура, оС	1600

Их номинальная вместимость 0,05 тонн, а скорость плавки при этом – 0,065 т/ч.

После выбора плавильного агрегата необходимо выбрать их количество, на основании ведомости расхода металла на залитые формы.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 29
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

$$P_2 = \frac{0,361}{0,85} = 0,43.$$

Округляя полученное количество оборудования до целого $P_2=1$, находим из формулы (6) действительный коэффициент загрузки плавильного отделения:

$$K_{зд} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{4,69}{5,51} = 0,839.$$

Количество печей УИ-0,05Т-100М, принимаемое к установке в цехе 2 единицы, обуславливается это количеством отливок, при их малой развесовке.

Для ритмичной работы отделений цеха необходимо выполнение условия: действительная величина коэффициента загрузки оборудования во всех отделениях цеха должна быть меньше коэффициента загрузки основного оборудования, т.е. должно выполняться условие:

$$K_{зд} < K_{зд}^{\Phi}.$$

Условие для плавильного отделения соблюдено.

Загрузка печей производится при помощи специального загрузочного устройства. На дно печи загружается никель, электротехническая сталь, отходы собственного производства, феррохром, известь 20-30% от количества шихты. Загрузку шихты производят как можно плотнее с целью быстрого ее расплавления, но, не допуская заклинивания шихты. Во время плавки тигель печи закрывают листом асбеста. По мере расплавления шихты в тигель добавляют оставшуюся часть шихтовых материалов. Загрузку в печь свежих порций шихты производят на нагретый предыдущей слой твердой шихты, а не в расплав, при этом следят за тем, что бы не образовывалось зависание шихты, которое может привести к перегреву жидкого металла. Плавку ведут под слоем шлака, который должен покрывать все зеркало металла. После расплавления шихты расплав доводят до нужной температуры и вводят ферромарганец, затем после выдержки вводят ферросилиций.

Плавка ведется на основной футеровке под слоем горячего шлака. В его состав входит:

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		31

- известь свежесожженная – 75...80%;
- периклаз – 10...15%;
- плавиковый шпат 5...10%.

Все шлакообразующие материалы должны быть размолоты до фракции 3 мм, подогреты до температуры 200...400 °С. Шлакообразующая смесь наносится при появлении жидкой ванны и покрывает все зеркало металла для предохранения его от раскисления. Количество на одну плавку составляет 2...3 % от металлозавалки. В процессе плавки металла температура контролируется вольфраммолибденовой термопарой.

При выборе емкости ковшей определяющими параметрами являются максимальное число заливок из одного ковша и средняя металлоемкость формы. Так же при выборе парка ковшей необходимо стремиться к тому, что бы в цехе был один вид ковшей. Заливка форм производится из ковшей ёмкостью 40 кг («Механика»). Габаритные размеры 226×221×330 мм. Они снабжены винтовыми заливочными устройствами, перемещающимися по монорельсовому пути. Чайниковые ковши имеют минимальные потери тепла.

Для определения количества одновременно работающих ковшей воспользуемся формулой:

$$n_k = \frac{V_r \cdot \tau_c \cdot K_n}{q_k \cdot \Phi_d}, \quad (7)$$

где n_k – число ковшей определенной емкости, находящихся в работе, шт.;

V_r – годовая потребность в жидком металле, т;

τ_c – время оборота ковша, ч;

q_k – металлоемкость ковша, т.

Коэффициент неравномерности для ковшей $K_n=1,3...1,7$ (принимается 1,4).

Подставляя значения в формулу (7), получим:

$$n_k = \frac{52,3 \cdot 0,1 \cdot 1,4}{0,04 \cdot 3890} = 0,105.$$

Исходя из полученного значения n_k , примем количество одновременно работающих ковшей равным одному.

Количество ковшей, находящихся в ремонте рассчитывается по формуле:

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		32

$$n_{\text{к.р.}} = \frac{n_{\text{к}} \cdot \tau_{\text{рем}} \cdot n_{\text{р}} \cdot K_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (8)$$

где $n_{\text{к.р.}}$ – количество ковшей находящихся в ремонте, шт.;

$\tau_{\text{рем}}$ – время ремонтного цикла ковша, ч.;

$n_{\text{р}}$ – число ремонтов ковша в год.

Подставляя все значения в формулу (8), получим:

$$n_{\text{к.р.}} = \frac{1 \cdot 8 \cdot 165 \cdot 1,4}{3890} = 0,48.$$

Таким образом, общее количество ковшей, необходимых для нормальной работы плавильного отделения и с учетом резервных ковшей и ковшей, постоянно находящихся в ремонте, составит четыре штуки. Сушку ковшей и тиглей осуществляют на газовых стендах.

2.2.2 Модельно-керамическое отделение

Главной ведомостью в этом отделении является ведомость годовой потребности в модельных блоках и звеньях, которая занесена в таблицу 2.10.

В отделении предусмотрено приготовление модельного состава, изготовление модельных звеньев и сборка их в блоки, нанесение на модельные блоки керамических огнеупорных покрытий и выплавление моделей. Все процессы автоматизированы и высокомеханизированы.

Модели изготавливаются из модельного состава ЗГВ-103 с МВС-3А:

- парафин, %.....61;
- синтетический церезин, %.....24;
- полиэтиленовый воск ПВ-200, %.....5,
- триэтаноламин, %.....2,
- буроугольный воск, %.....8.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		33

Таблица 2.10 – Ведомость годовой потребности в модельных блоках и звеньях

Наименование отливки	Годовая программа с учетом брака, шт.	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.
1	2	3	4	5	6
1. Корпус	12105	4	4	16	757
2. Штуцер поворотный	21053	4	7	28	752
3. Угольник поворотный	21053	4	3	12	1755
4. Аппарат сопловой	1053	1	1	1	1053
5. Диффузор	1053	1	1	1	1053
6. Колесо	1053	1	1	1	1053
7. Штуцер	21053	3	5	15	1404
8. Корпус крана	5263	4	5	20	264
9. Корпус воспламенителя	5263	4	3	12	439
10. Штуцер поворотный	15790	3	5	15	1053
11. Штуцер поворотный	7895	4	7	28	282
12. Штуцер поворотный	15790	4	7	28	564
13. Патрубок	18947	4	1	4	4737
14. Штуцер поворотный	12632	3	5	15	843
15. Штуцер поворотный	21053	4	7	28	752
16. Штуцер	12632	4	3	12	1053
17. Штуцер	12632	4	3	12	1053

Продолжение таблицы 2.10

Наименование отливки	Годовая программа с учетом брака, шт.	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.
1	2	3	4	5	6
18. Корыто сливное	10526	4	7	28	376
19. Корыто сливное	10526	4	7	28	376
20. Фланец	6316	5	1	5	1264
21. Фланец	6316	5	1	5	1264
22. Штуцер	5263	4	7	28	188
23. Корпус крана	5263	4	5	20	264
24. Штуцер	5263	3	5	15	351
25. Колесо	1053	1	1	1	1053
Итого					24003

Продолжение таблицы 2.10

Наименование отливки	Потери блоков при обмазке		Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокалке и заливке форм		Количество блоков на годовую программу, шт
	%	шт.	%	шт.	%	шт.	
1	7	8	9	10	11	12	13
1. Корпус	5	38	7	53	5	38	886
2. Штуцер поворотный	5	38	7	53	5	38	881
3. Угольник поворотный	5	88	7	123	5	88	2054
4. Аппарат сопловой	5	53	7	74	5	53	1233
5. Диффузор	5	53	7	74	5	53	1233
6. Колесо	5	53	7	74	5	53	1233
7. Штуцер	5	71	7	99	5	71	1645
8. Корпус крана	5	14	7	19	5	14	311
9. Корпус воспламенителя	5	22	7	31	5	22	514
10. Штуцер поворотный	5	53	7	74	5	53	1233
11. Штуцер поворотный	5	15	7	20	5	15	332

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ		Лист т 35
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

Продолжение таблицы 2.10

12. Штуцер поворотный	5	29	7	40	5	29	662
13. Патрубок	5	237	7	332	5	237	5543
14. Штуцер поворотный	5	43	7	60	5	43	989
15. Штуцер поворотный	5	38	7	53	5	38	881
16. Штуцер	5	53	7	74	5	53	1233
17. Штуцер	5	53	7	74	5	53	1233
18. Корыто сливное	5	19	7	27	5	19	441
19. Корыто сливное	5	19	7	27	5	19	441
20. Фланец	5	64	7	89	5	64	1481
21. Фланец	5	64	7	89	5	64	1481
22. Штуцер	5	10	7	14	5	10	222
23. Корпус крана	5	14	7	19	5	14	311
24. Штуцер	5	18	7	25	5	18	412
25. Колесо	5	53	7	74	5	53	1233
Итого							28118

Продолжение таблицы 2.10

Наименование отливки	Требуемое количество звеньев, шт.	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.
		%	шт.	
1	14	15	16	17
1. Корпус	3544	10	355	3899
2. Штуцер поворотный	6167	10	617	6784
3. Угольник поворотный	6162	10	617	6779
4. Аппарат сопловой	1233	10	124	1357

Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
м	т					т
						36

Окончание таблицы 2.10

Наименование отливки	Требуемое количество звеньев, шт.	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.
		%	шт.	
1	14	15	16	17
5. Диффузор	1233	10	124	1357
6. Колесо	1233	10	124	1357
7. Штуцер	8225	10	823	9048
8. Корпус крана	1555	10	156	1711
9. Корпус воспламенителя	2056	10	206	2262
10. Штуцер поворотный	6165	10	617	6782
11. Штуцер поворотный	2324	10	233	2557
12. Штуцер поворотный	4634	10	464	5098
13. Патрубок	5543	10	555	6098
14. Штуцер поворотный	4945	10	495	5440
15. Штуцер поворотный	6167	10	617	6784
16. Штуцер	3699	10	370	4069
17. Штуцер	3699	10	370	4069
18. Корыто сливное	3087	10	309	3369
19. Корыто сливное	3087	10	309	3369
20. Фланец	1481	10	149	1630
21. Фланец	1481	10	149	1630
22. Штуцер	1554	10	156	1710
23. Корпус крана	1555	10	156	1710
24. Штуцер	2060	10	206	2266
25. Колесо	1233	10	124	1357
Итого				90952

Количество модельного состава на годовую программу определяется по формуле:

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 37
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$Q = \frac{M_1 \cdot \rho}{K \cdot \rho_1}, \quad (9)$$

где M_1 – годовая потребность в жидком металле, кг;

ρ – плотность модельной массы, кг/м³;

K – коэффициент использования возврата модельной массы, равный 0,6...0,8;

ρ_1 – плотность металла, кг/м³.

$$Q = \frac{50,487 \cdot 10^3 \cdot 900}{0,8 \cdot 7800} = 7282 \text{ кг.}$$

Приготовление пастообразного модельного состава производится на автоматической установке 659А (ОАО «Литмаш»)

Техническая характеристика автоматической установки модели 659А:

- производительность, кг/час.....5;
- температура пара, °С.....10...110;
- габаритные размеры, мм.....2300x1800x2300.

В установке 659А объединены плавильный агрегат, ёмкостный бак, мазеприготовительный агрегат, насосно-нагревательная станция. Температура пастообразного состава регулируется в пределах 40...60 °С. Содержание воздуха в составе также регулируется и может составлять до 20 % по объему.

Число установок рассчитывается по формуле (4):

$$P_1 = \frac{B_r \cdot K_n}{\Phi_d \cdot N_{pac}}$$

где B_r – количество модельного состава на годовую программу, кг.

$$P_1 = \frac{7282 \cdot 1,4}{3975 \cdot 5} = 0,52$$

Таким образом, принимаем количество автоматического оборудования равное 1 с коэффициентом загрузки 0,52.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		38

Запрессовки моделей производится на запрессовочном прессе «Jenny-Pressen», модели WHP 4,5.

Техническая характеристика запрессовочного пресса модели WHP 6,5:

- усилие прессования, т.....6,5;
- производительность, моделей/час.....50;
- установленная мощность, кВт.....4,5;
- габаритные размеры, мм.....2000x1000x2000.

Число установок рассчитывается по формуле (4):

$$P_1 = \frac{B_r \cdot K_n}{\Phi_d \cdot N_{pac}},$$

где B_r – годовое количество запрессовок в год, кг.

$$B_r = 90952 + 15440 + 10332 = 116724, \text{ (шт/год).}$$

$$P_1 = \frac{116724 \cdot 1,4}{3975 \cdot 50} = 0,82;$$

$$K_{зд} = \frac{0,82}{1} = 0,82.$$

Таким образом, принимаем 1 запрессовочный пресс модели WHP 4,5 с коэффициентом загрузки 0,82.

Сборка модельных блоков происходит вручную.

Формирование оболочек на блоках моделей и выплавление последних производится на автоматическом роботе-манипуляторе («Техникон»). С помощью автоматизированной установки для изготовления модельно-керамических блоков выполняются следующие технологические операции:

- ручная установка модельных блоков на стенд;
- автоматическая обмазка модельных блоков огнеупорной суспензией;

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дата		39
м	т					

- автоматическая обсыпка модельных блоков зернистым огнеупором в «псевдокипящем слое»;
- послойная сушка нанесенного покрытия в воздушной камере;
- транспортировка блоков на стенд, после полного высыхания;
- ручной съем модельно-керамических блоков со стенда.

После нанесения каждого огнеупорного слоя блоки проходят через камеру воздушной сушки, в которой установлены вентиляторы создающие циркуляцию воздуха для равномерного высыхания блоков. Блоки с 9 слоями транспортируются в бойлерклав для вытопки модельной массы с помощью водяного пара под высоким давлением 10 Бар.

Техническая характеристика роботизированной линии:

- производительность цикловая, блоков/час.....15;
- число наносимых слоев, шт.....9;
- температура в ванне выплавки, °С.....200;

Требуемое количество роботизированных установок рассчитывается по формуле (4):

$$P_1 = \frac{28118 \cdot 1,4}{3975 \cdot 15} = 0,69.$$

$$K_3 = \frac{0,69}{1} = 0,69.$$

Таким образом, принимаем 1 роботизированную линию. После изготовления оболочек они поступают к местам сортировки, ремонта и контроля и на заливку.

Таблица 2.11 – Ведомость годовой потребности в литниковых чашах и колпачках

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	<i>Лист т 40</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

Наименование отливки	Количество блоков на годовую программу, шт.	Потребность, шт.		Количество моделей в звене, шт.		Потребность в звеньях, шт.	
		в чашах	в колпачках	чаш	колпачко в	чаш	колпачков
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Корпус	886	886	886	2	3	443	296
2. Штуцер поворотный	881	881	881	2	3	441	294
3. Угольник поворотный	2054	2054	2054	2	3	1027	685
4. Аппарат сопловой	1233	1233	1233	2	3	617	411
5. Диффузор	1233	1233	1233	2	3	617	411
6. Колесо	1233	1233	1233	2	3	617	411
7. Штуцер	1645	1645	1645	2	3	823	549
8. Корпус крана	311	311	311	2	3	156	104
9. Корпус воспламенителя	514	514	514	2	3	257	172
10. Штуцер поворотный	1233	1233	1233	2	3	617	411
11. Штуцер поворотный	332	332	332	2	3	166	111
12. Штуцер поворотный	662	662	662	2	3	331	221
13. Патрубок	5543	5543	5543	2	3	2772	1848
14. Штуцер поворотный	989	989	989	2	3	495	330
15. Штуцер поворотный	881	881	881	2	3	441	294
16. Штуцер	1233	1233	1233	2	3	617	411
17. Штуцер	1233	1233	1233	2	3	617	411
18. Корыто сливное	441	441	441	2	3	221	147
19. Корыто сливное	441	441	441	2	3	221	147
20. Фланец	1481	1481	1481	2	3	741	494
21. Фланец	1481	1481	1481	2	3	741	494
22. Штуцер	222	222	222	2	3	111	74
23. Корпус крана	311	311	311	2	3	156	104
24. Штуцер	412	412	412	2	3	206	138
25. Колесо	1233	1233	1233	2	3	617	411
Итого	26885						

Продолжение таблицы 2.11

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 41
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Наименование отливки	Брак при запрессовке				Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.	
	чаш		колпачков		чаш	колпачков
	%	шт.	%	шт.		
1	9	10	11	12	13	14
1. Корпус	9	40	10	30	483	326
2. Штуцер поворотный	9	40	10	30	481	324
3. Угольник поворотный	9	93	10	69	1120	754
4. Аппарат сопловой	9	56	10	42	673	453
5. Диффузор	9	56	10	42	673	453
6. Колесо	9	56	10	42	673	453
7. Штуцер	9	75	10	55	898	604
8. Корпус крана	9	15	10	11	171	115
9. Корпус воспламенителя	9	24	10	18	281	190
10. Штуцер поворотный	9	56	10	42	673	453
11. Штуцер поворотный	9	15	10	12	181	123
12. Штуцер поворотный	9	30	10	23	361	244
13. Патрубок	9	250	10	185	3022	2033
14. Штуцер поворотный	9	45	10	33	540	363
15. Штуцер поворотный	9	40	10	30	481	324
16. Штуцер	9	56	10	42	673	453
17. Штуцер	9	56	10	42	673	453
18. Корыто сливное	9	20	10	15	241	162
19. Корыто сливное	9	20	10	15	241	162
20. Фланец	9	67	10	50	808	544
21. Фланец	9	67	10	50	808	544
22. Штуцер	9	10	10	8	166	82
23. Корпус крана	9	15	10	11	221	115
24. Штуцер	9	19	10	14	225	152
25. Колесо	9	56	10	42	673	453
Итого					15440	10332

2.2.3 Прокалочно-заливочное отделение

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 42
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- количество опок одновременно находящихся в печи.....14;
- габаритные размеры, мм.....20940x6180x5350.

Необходимое количество агрегатов рассчитывается по формуле(4):

$$P_1 = \frac{28118 \cdot 1,4}{3975 \cdot 12} = 0,82;$$

$$K_{зд} = \frac{0,82}{1} = 0,82.$$

Количество линий модели Л12А принимаем к установке в цехе равным 1.

2.2.4 Термообрубное отделение

Отделение керамики и отливок от стояка кольцевой фильерой производится на выбивной установке типа ВУДОД, а также пневмомолотками ИП-4119, зубилами ГОСТ 7211-86Е, молотками ГОСТ 2310-77.

Количество установок находим по формуле (4):

$$P_1 = \frac{28118 \cdot 1,4}{3975 \cdot 100} = 0,1;$$

$$K_{зо} = \frac{0,1}{1} = 0,1.$$

Таким образом, принимаем 1 установки.

На вертикально-фрезерном станке марки Gator G40 (ООО «Вакуумтех») [19] отливки отрезаются согласно чертежу.

Количество установок находим по формуле (4):

$$P_1 = \frac{28118 \cdot 1,4}{3975 \cdot 220} = 0,045;$$

$$K_{зо} = 0,045.$$

Принимаем 1 установку.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

Затем отливки направляются на установку для удаления заземленной керамики в растворе бифторида (KF₂). Потом отливки промывают проточной водой.

Техническая характеристика установки удаления заземленной керамики 6Б95:

- производительность, кг/час.....250;
- мощность, кВт.....2,7;
- расход воздуха, м³/час.....27;
- габаритные размеры.....5800x2500x2600.

Количество установок выщелачивания находим по формуле (4):

$$P_1 = \frac{28118 \cdot 1,4}{3975 \cdot 250} = 0,039;$$

$$K_{зо} = 0,039.$$

Исходя из расчетов, принимаем 1 установку.

Остатки керамики удаляются вручную при помощи молотка ГОСТ 2310-77, зубила ГОСТ 7211-86Е, напильника ГОСТ 1465-80.

Далее отливки зачищаются от неровностей заподлицо с поверхностью отливки при помощи машинки шлифовальной ИП 2009А, зубила ГОСТ 7211-86Е, тисов слесарных ГОСТ 4045-75.

При необходимости, дефекты отливок исправляют аргоно-дуговой сваркой при помощи заварки аргоно-дуговой установкой Lincoln Precision Tig 375, зачисткой места сварки машинкой шлифовальной ИП 2009А.

Очищенные от остатков керамики, и промытые отливки загружаются в расходные бункера, откуда поступают в печь вакуумную марки «SCHMETZ» для термообработки (производительность 250 кг/ч, при рабочем пространстве 0,5 м³ и загрузке печи при плотности отливок 2 т/м³). Для сложнолегированных жаропрочных сплавов характерен такой вид термообработки как закалка, при котором происходит перекристаллизация структуры при нагреве до температуры выше критической.

Закалка состоит в нагреве поковок до температуры 1000 °С, после достаточной выдержки при критической температуре для завершения термической обработки

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 45
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

следует быстрое охлаждение в масле. Затем производят отпуск — термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, проводимая после закалки для уменьшения или снятия остаточных напряжений в стали и сплавах, повышающая вязкость, уменьшающая твердость и хрупкость металла. Отпуск производят при температуре 680...700°С в воздушной среде.

Печи работают по 3-х сменному графику.

Техническая характеристика печи «SCHMELTZ»:

- производительность, кг/час.....50;
- мощность, кВт.....42;
- расход воздуха, м³/час.....27;
- габаритные размеры рабочей камеры, мм.....665x1170x640;
- габаритные размеры, мм.....1450x2100x1700.

Необходимое количество печей рассчитывается по формуле (4):

$$P_1 = \frac{256846 \cdot 1,4}{7800 \cdot 50} = 0,92;$$

$$K_{30} = \frac{0,92}{1} = 0,92.$$

Таким образом, принимаем 1 печь.

Прошедшие технический контроль отливки в ящиках поступают на склад готовой продукции.

2.2.5 Расчет складов цеха

На складах осуществляется приемка, складирование, подготовка шихтовых и формовочных материалов, огнеупорных изделий, флюсов и т.д.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		46

Таблица 2.12 – Ведомость расчета площади складов

Наименование материала	Годовое количество, т	Насыпная масса, т/м3	Нормативный запас хранения, сут.	Количество материала на складе		Высота хранения, м	Площадь хранения, м2	
				т	м3		расчет.	округ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склад шихтовых материалов								
Шихтовые материалы:								
а) лом стальной Б25 ГОСТ 2787-86	22,13	2	30	1,81	0,95	2	0,56	1
б) возврат	21,97	2	10	0,602	0,3	2	0,1875	1
в) феррохром ФХ001А ГОСТ 4757-91	3,27	2,7	30	0,27	0,1	1,5	0,08	1
г) никель Н-1 ГОСТ 849-2008	3,79	2	30	0,311	0,16	2	0,1	1
д) ферромарганец ФМн78А ГОСТ 755-91	0,67	2,7	30	0,06	0,02	1,5	0,013	1
е) ферросилиций Фс75 ГОСТ 1415-93	0,36	2,7	30	0,03	0,01	2	0,005	1
ж) феррониобий ФНб60 ГОСТ 16773-2003	0,14	3	30	0,12	0,07	1,5	0,046	1
Раскислители, модификаторы	4	1,7	5	0,06	0,035	2	0,0218	1
Огнеупоры	5	1,8	30	0,41	0,28	2	0,175	1
Итого							1,18	9

2.4 Вспомогательные отделения и участки цеха

В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтное отделение. В задачи ремонтного отделения входит проведение текущего, профилактического и среднего ремонтов технологического оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

Ремонтное отделение включает в себя службу механика и энергетика. В ведении службы энергетика находится цеховое электрооборудование, электрооборудование плавильных печей, осветительная энергия и газовое хозяйство.

Штампо-инструментальное хозяйство в цехе следит за наличием и исправностью рабочего инструмента, пресс-форм и технологической оснастки. В его задачи входит ремонт вышедшей из строя оснастки и приобретение новой взамен устаревшей.

Склад химикатов предназначен для хранения этилсиликата, соляной кислоты и других химических компонентов, применяемых в гидролизе ЭТС и в лабораториях.

В цехе предусмотрена комната отдыха для рабочего персонала, комната мастеров для непосредственного контроля технологического процесса и рабочих.

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 расположены аллигаторные ножницы для разделки длинномерного стального лома и бракованного проката, для разделки более крупного стального лома, прибылей и литников используют газовые резаки. Щёковая дробилка предназначена для дробления ферросплавов, флюсов, шлаков и т. д.

Бункера для шихтовых материалов оборудованы электровибрационными питателями.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 50
Из м	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что деталь «Штуцер» удовлетворяет требованиям технологичности при изготовлении литьем в керамическую форму.

3.3 Назначение припусков на механическую обработку

Большинство поверхностей данной детали подвергается механической обработке, по этой причине они требуют назначения соответствующих припусков.

В соответствии с ГОСТ Р 53464-2009 точность отливки 7-7-8-4. Выберем припуски на механическую обработку для данной точности отливки по шестому ряду припусков. Припуск выбирается в зависимости от суммарного допуска для данного размера и способа обработки. Суммарный допуск элемента складывается из допуска размера элемента, допуска его формы и расположения, допуска неровности поверхности. Результаты выбора припусков на механическую обработку представлены в таблице 3.1.

3.4 Выбор сплава

Литейные свойства сталей существенно отличаются от свойств серого чугуна. Стали имеют большую линейную усадку (2...2,5%), худшую жидкотекучесть, большую склонность к ликвации. Поэтому для получения качественных отливок необходимо учитывать особенности литейных свойств стали на стадии конструирования литой детали или оценки технологичности при разработке технологии ее изготовления.

Конструктор задает материал литой детали, руководствуясь преимущественно условиями ее эксплуатации (агрессивная среда, высокие температуры, повышенное давление газа или жидкости).

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		52

Таблица 3.1 - Припуски на механическую обработку

Номинальный размер, мм	Шероховатость поверхности Rz, мкм	Вид окончательной механической обработки	Допуск размера элемента, мм, не более	Допуск формы и расположения, мм, не более	Допуск неровностей поверхности, мм	Общий допуск элемента поверхности, мм, не более	Общий припуск на сторону, мм, не более
Ø10	5	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2
Ø7,2	2,5	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2
Ø3,7	10	Чистовая	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6
2,5	10	Чистовая	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6
8	10	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2
Ø11	20	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2
2,6	2,5	Чистовая	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6
Ø5,5	20	Чистовая	0,2	0,2	0,1	0,5	0,8
23	10	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2
Ø10,5	10	Чистовая	0,5	0,1	0,1	0,7	1,2

Технолог должен оценить позволят ли свойства данного материала получить отливку требуемых размеров и конфигурации.

Штуцер отливается из стали 15Х23Н18Л ГОСТ 977-88 выплавляемой в индукционной печи УИ-0,05Т-100М. Химический состав стали 15Х23Н18Л:

- углерод не более 0,1%;
- марганец 1...2%;
- кремний 0,20...1%;
- фосфор не более 0,03%;
- сера не более 0,03%;
- хром 22...25%;
- никель 17...20%;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист
м	т					т
						53

3.6 Расчет литниково-питающей системы



Рисунок 3.2 – Положения при выборе конструкции ЛПС

В условиях крупносерийного производства отливок «Штуцер» наиболее подходящей ЛПС является Тип 1 - «Центральный стояк». Такая ЛПС представляет собой стояк компактного сечения чаще всего квадратной формы (это сделано для удобства приклеивания моделей на стояк), с разных сторон к которому крепятся отливки через питатель. Центральный стояк является одновременно литниковым ходом и коллективной прибылью, а питатель, соответственно, выполняет роль шеек прибыли. Центральное расположение стояка обуславливает естественное замедление его охлаждения и способствует направленному затвердеванию периферийно расположенных отливок.

Зумпф в нижней части стояка смягчает механический и тепловой удары, имеющих место в начальный момент заливки.

Исходными данными для определения размеров элементов литниково-питающей системы является приведенная толщина массива отливки (узла питания) и масса отливки.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	<i>Лис т 55</i>
<i>Из м</i>	<i>Лис т</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

Расчет размеров питателя или стояка производится по формуле:

$$\delta_{\text{П}} = \frac{2 \cdot \sqrt[4]{z^3 \cdot G} \cdot \sqrt[3]{l_{\text{П}}}}{\delta_{\text{ст}}}, \quad (10)$$

где $\delta_{\text{П}}$ – модуль охлаждения сечения питателя (отношение площади сечения питателя к его периметру);

$\delta_{\text{ст}}$ – модуль охлаждения сечения стояка (отношение площади сечения стояка к его периметру);

z – модуль охлаждения, может быть определен по формулам таблицы [7,с.76];

G – масса отливки в г;

$l_{\text{П}}$ – длина питателя.

В формуле (10) через приведенные толщины $\delta_{\text{П}}$, $\delta_{\text{ст}}$ и z , а также массу отливки G отражена зависимость между размерами литниковой системы и размерами узла питания (термического узла), а также между размерами самих элементов литниковой системы (стояка и питателя).

По формуле 10 рассчитаны размеры литниковых систем для значительного количества стальных отливок. Полученные данные после производственной проверки сведены в таблицы, которые позволяют определить размеры элементов литниково-питающих систем, не прибегая к расчетам.

Нам необходимо рассчитать размеры элементов литниково-питающей системы для отливки «Штуцер»; материал – сталь 15Х23Н18Л; масса отливки $G=0,03$ кг.

Для данной отливки была разработана технология с учетом 3D моделирования литейных процессов в LVMFlow. Для полного заполнения формы предусмотрено 2 питателя и выпор который в данной отливке служит для дополнительного питания отливки жидким металлом, помимо удаления газов, во время ее остывания.

Принимаем длину питателей $l = 8$ мм для удобной отрезки дисковой фрезой.

Для $G = 30$ г ; $l = 8$ мм; $D_{\text{ст}} = 35$ мм; так как сечение стояка имеет квадратную форму, то принимаем квадратную сторону 35 мм. $\delta_{\text{П}}=5,25$ мм.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дата		56
м	т					

3.7 Проектирование и изготовление пресс-форм

Формы для изготовления выплавляемых моделей называют пресс-формами.

Пресс-формы должны отвечать следующим требованиям [12]:

- размеры и чистота поверхности полости пресс-формы должны обеспечивать получение отливок с заданной точностью и чистотой поверхности;
- пресс-формы должны иметь минимальное количество разъемов, и при этом должно быть обеспечено удобное и быстрое извлечение моделей;
- должно быть предусмотрено удаление воздуха из полости формы при заполнении ее модельным составом;
- конструкция пресс-формы должна быть технологичной в изготовлении, долговечной и удобной в работе.

Выбор типа пресс-формы зависит от точности, предъявляемой к отливке, свойств модельного состава и характера производства (опытное, серийное, массовое).

При массовом производстве следует применять стальные пресс-формы. Конструировать такие пресс-формы следует таким образом, чтобы за одно шприцевание получилось несколько моделей, соединенных литниковой системой в одну секцию.

Пресс-форму проектируют на основании чертежа отливки. На чертеже отливки указывается линия разъема пресс-формы, припуски на обработку, место подвода металла, размер литников и технические требования предъявляемые к отливке.

Пресс-форма состоит из следующих основных частей: матриц – подвижной и неподвижной; крышки; устройств для соединения матриц; деталей служащих для охлаждения пресс-форм.

Сборка и разборка пресс-форм производится пневмоприводом. После запрессовки и остывания модельной массы подвижная матрица отодвигается и выталкиваемая из пресс-формы секция моделей падает в приемник, наполненный водой.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		58

3.8 Изготовление моделей

Процесс изготовления моделей включает в себя операции приготовления модельных составов, изготовления моделей деталей и литниковых систем, отделки и контроля моделей, а также сборки их в блоки.

Требования при выборе модельного состава представлены на рисунке 3.4.

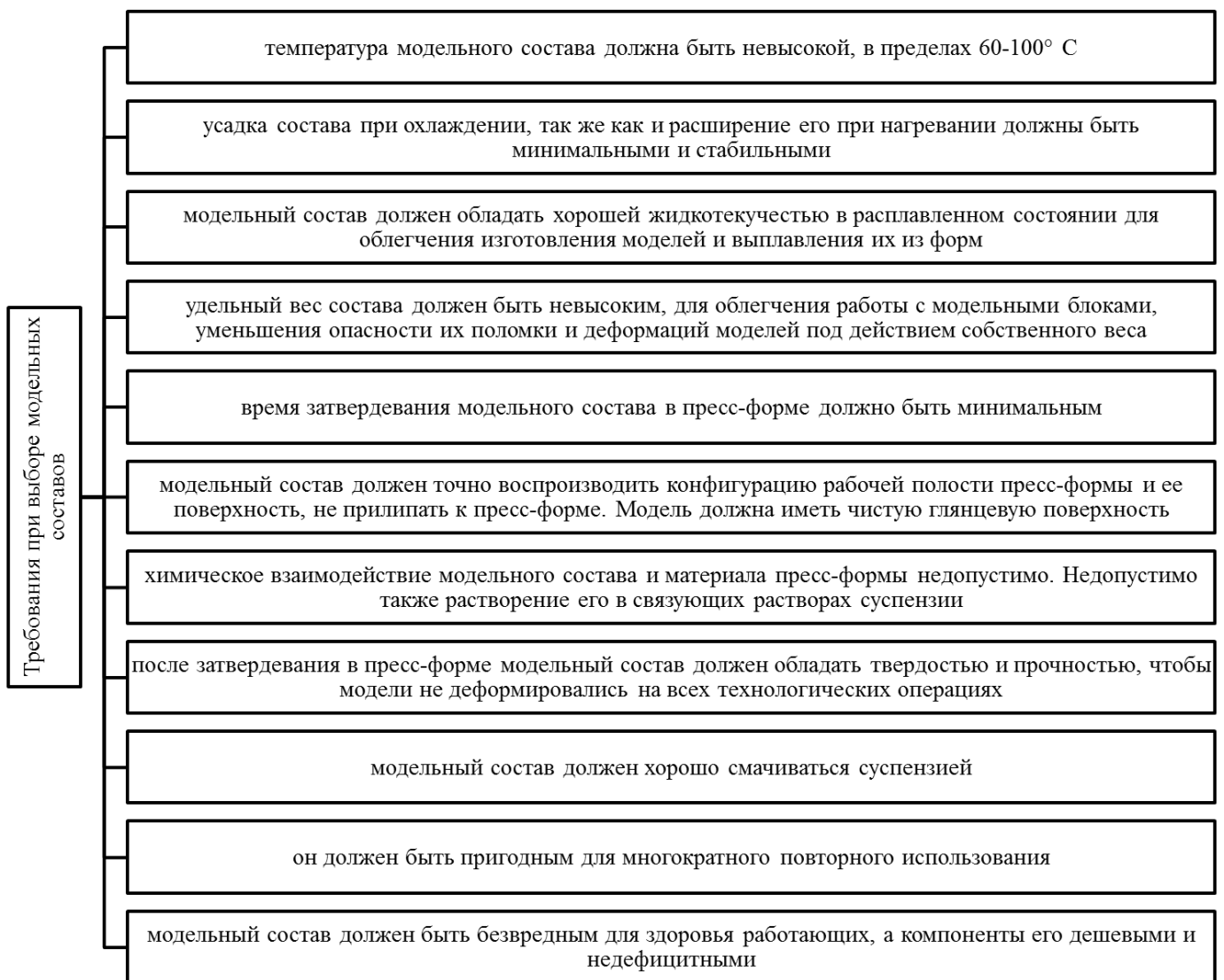


Рисунок 4.4 – Требования при выборе модельного состава

Для изготовления моделей выбран состав ЗГВ-103 с МВС-3А, который состоит из:

- парафина;
- церезина;
- полиэтиленового воска ПВ-200;

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 59
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- буроугольный воска;
- триэаноламина.

Модельный состав готовят на автоматической установке 659А.

Исходные материалы перед загрузкой измельчают до кусков размером не более 50 мм, что ускоряет процесс расплавления. Компоненты загружают и расплавляют в порядке возрастания температур их плавления.

При подготовке выплавляемых модельных составов используют до 90 % возврата, собранного при удалении моделей из оболочек форм.

Процесс изготовления моделей в пресс-формах включает подготовку пресс-формы, введение в ее полость модельного состава, выдержку модели до затвердевания, разборку пресс-формы и извлечение моделей, а также охлаждение моделей до температуры производственного помещения.

Пресс-формы очищают, смазывают их рабочую поверхность чистым трансформаторным маслом. Очистку модельного состава, оставшегося в углублениях и отверстиях полости пресс-формы, производят обдувкой сжатым воздухом.

Изготовление моделей идет на запрессовочном прессе «Jenny-Pressen», модели WHP 4,5. Температура запрессовки модельного состава 55...60 °С. Температура пресс-формы в пределах 25...28 °С. Давление прессования 1,5...2,5 кгс/см².

Отделка моделей и подготовка к сборке в блоки состоит в зачистке заусенцев (облоя, швов) и посадочной части питателей, а также в обдувке сжатым воздухом либо протирании ватой, марлей для удаления с поверхности прилипших частиц модельного состава и влаги.

Сборка моделей в блоки производится на металлический стояк-каркас. Стояк-каркас предназначен для сборки моделей звеньями. Такая сборка дает большую производительность, чем другие способы сборки моделей; идет обеспечение полной повторяемости конструкции блока; исключается возможность смещения моделей, искажения размера питателя и т.д.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 60
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.9 Изготовление литейных форм

Для изготовления формооболочки блока моделей используют многослойную оболочку. Для этого поверхность блока моделей смачивают суспензией окунанием и тут же обсыпают зернистым материалом. Суспензия прилипает к его поверхности и точно воспроизводит конфигурацию; зернистый же материал внедряется в слой суспензии, смачивается ею, фиксирует суспензию на поверхности блока, создает скелет оболочки и утолщает ее. Упрочнение первого слоя происходит в процессе сушки. Оболочку формируют последовательно: смачивают блок суспензией, обсыпают и сушат. Таким образом, наносят девять на электрокорунде и АБФК связующем с обсыпкой периклазом (MgO) каждого слоя, который является отвердителем. Первый облицовочный слой обсыпают мелкозернистым (0,1...0,16 мм) электрокорундом, чтобы получить гладкую контактную поверхность. Последующие слои обсыпают более крупным периклазом.

3.10 Нанесение суспензии

Изготавливают оболочковые формы с помощью роботизированного комплекса в который входят:

- робот манипулятор;
- ванна обмазки;
- устройство обсыпки;
- стенды установки и съема моделей и форм;
- камера воздушной сушки.

При нанесении первого слоя с поверхности моделей удаляется воздух. При нанесении последующих слоев оболочка впитывает жидкую составляющую суспензии, вследствие чего последняя постепенно густеет, повышается ее вязкость. Последний слой оболочки наносят без последующей обсыпки зернистым материалом. Это повышает общую прочность оболочки и предотвращает осыпание поверхностных зерен при выплавлении моделей.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 61
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Во время сушки оболочек протекают процессы собственно сушки, диффузии, коагуляции, усадки, образования капилляров.

Собственно сушка – это перемещение влаги в сторону меньшей влажности и испарение ее с поверхности оболочки.

Диффузия – это перемещение жидкости суспензии к свободной поверхности оболочки, т.е. в сторону, где меньше ее концентрация. Следствие этого – выравнивание содержания связующего по толщине оболочки формы.

Коагуляция – необратимое твердение связующего раствора при пониженной влажности воздуха.

В результате испарения влаги количество жидкости в слое оболочки уменьшается, а, следовательно, уменьшается толщина пленок и происходит сближение зерен. Это может привести к образованию трещин.

После сушки блоки снимаются со стенда, извлекаются металлические стояки и выступы под технологическое отверстие в дне стояка. Затем блоки помещаются на тележку бойлерклава для вытопки модельной массы воронкой вниз. Время вытопки блоков в бойлерклаве не более 10 минут. После вытопки блоки транспортируют, на агрегат прокалики, заливки и охлаждения форм.

В агрегате происходит прокаливание керамических оболочек в проходной газовой печи. Температура прокалики оболочек – 950° С. Время прокалики – не менее 6 часов. Далее идет формовка оболочек в опоку песком. Температура форм перед заливкой должна быть в пределах 600...750° С.

3.11 Плавка металла, заливка и охлаждение форм

Плавку металла ведут в индукционных печах УИ-0,05Т-100М. Завалку шихты производят из тары, прикрепленной цепью к электротали грузоподъемностью 250 кг. Сначала в печь загружают стальной лом, а затем возврат собственного производства до необходимого объема плавки.

Перед выпуском в ковш с поверхности полностью снимают шлак. Температура металла перед выпуском должна быть в пределах 1580...1620°С.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 62
Из м	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		

Формы заливают из 40 кг ковшей, предварительно прокаленных в стенде при температуре 850...900°C. Время прокалики ковша не менее 1 часа.

Во время заливки, контролируют температуру с занесением в журнал. В середине разливки плавки заливают пробу на химический анализ. Залитые формы охлаждаются не менее 8 часов. После охлаждения залитые блоки конвейером передаются в термообрубное отделение [13].

3.12 Выбивка, очистка и термообработка отливок

Отделение керамики и отливок от стояка производится при помощи выбивной установки ВУДОД, а также пневмомолотка ИП-4119, зубила ГОСТ 7211-86Е, молотка ГОСТ 2310-77.

На вертикально-фрезерном станке марки Gator G40 (ООО «Вакуумтех») отливки отрезаются согласно чертежу.

Затем отливки направляются на установку для удаления заземленной керамики в растворе бифторида (KF_2). Потом отливки промывают проточной водой.

Остатки керамики удаляются вручную при помощи молотка ГОСТ 2310-77, зубила ГОСТ 7211-86Е, напильника ГОСТ 1465-80.

Далее отливки зачищаются от неровностей заподлицо с поверхностью отливки при помощи машинки шлифовальной ИП 2009А, зубила ГОСТ 7211-86Е, тисов слесарных ГОСТ 4045-75.

При необходимости, дефекты отливок исправляют аргоно-дуговой сваркой при помощи заварки аргоно-дуговой установкой Lincoln Precision Tig 375, зачисткой места сварки машинкой шлифовальной ИП 2009А.

Очищенные от остатков керамики, и промытые отливки загружаются в расходные бункера, откуда поступают в печь вакуумную марки «SCHMETZ» для термообработки (производительность 250 кг/ч, при рабочем пространстве 0,5 м³ и загрузке печи при плотности отливок 2 т/м³).

Прошедшие технический контроль отливки в ящиках поступают на склад готовой продукции [13].

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Дата		т
м	т					63

3.13 Контроль качества отливок

Химический состав сплава контролируют лабораторным анализом. Пробы для химического состава стали 15Х23Н18Л отбирают в соответствии с ГОСТ 7565-81 в середине разливки плавки в стаканчик. Проба по высоте должна быть не менее $2/3$ высоты стаканчика и не иметь заливов.

Контроль внешним осмотром проводят после первичной очистки блоков отливок, что позволяет более точно определить причину брака. При этом проводят разбраковку всей партии отливок по внешним дефектам. Контролер сравнивает обнаруженный дефект с допустимым по утвержденному эталону. Отливки с дефектами, превышающим допустимые, после отрезки литников бракуют.

Бракованные отливки следует изолировать, с тем, чтобы они случайно не попали в годные.

Контроль качества нормализации производят 2 раза в смену визуально по излому нескольких отливок. Излом должен быть мелкокристаллическим и соответствовать эталону. При неудовлетворительном качестве излома отливки подвергают повторной нормализации с последующим контролем по излому.

Размеры отливки контролируют по ее чертежу. Периодически проверяют все размеры отливок. При этом обмеряют все отливки одной партии по всем размерам, указанным в чертеже, специальным инструментом: проходными калибрами, скобами. При длительной работе пресс-формы изнашиваются, что и приводит к изменению размеров отливок.

Периодическая проверка размеров отливок и своевременное исправление пресс-форм обеспечивают поддержание точности отливок на требуемом уровне.

Также данная отливка подвергается контролю механических свойств. Контроль твердости осуществляют после термообработки непосредственно на отливках, не делая образцов, на приборе ТК (по Роквеллу).

Контроль на растяжение проводят на специальных механически обработанных образцах. Определяют предел текучести, временное сопротивление при растяжении, относительное удлинение, и относительное сужение площади поперечного сечения.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 64
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.14 Организация контроля

Контроль осуществляют цеховые отделы технического контроля (ОТК). Материалы, поступающие в цех, проверяет ОТК склада. Здесь сверяют поступившие с материалами сертификаты.

При их соответствии действующим техническим условиям материалы выдают в цех. Если по некоторым показателям материалы не укладываются в технические условия или по ним нет данных в сертификате, то образцы материалов направляют для анализа в лабораторию и после положительного заключения допускают к применению в производстве.

Оснастку проверяют периодически в мерительной лаборатории. Пресс-формы следует проверять периодически обмером и разметкой партии отливок

Операционный и окончательный контроль следует проводить на модельном участке (проверяют модельный состав, модели, блоки моделей), на участке формовки (контролируют связующий раствор, суспензию, соблюдение режимов сушки, состояние оболочки после выплавления моделей), на плавильно-заливочном участке (проверяют режим прокаливании оболочек, качество и количество шихты, состояние форм перед заливкой, температуру металла перед заливкой, производят экспресс-анализ его химического состава).

Операции выбивки отливок, очистки и обрубки совмещают со 100 %-ной визуальной проверкой залитых блоков и отделенных от ЛПС отливок. После отливки направляют на проверку в соответствующие лаборатории для проведения специальных методов контроля. При окончательном контроле отливок проверяют их размерную точность, данные лабораторий о химическом составе металла и механических свойствах, о результатах контроля отливок специальными методами. Бракованные отливки помещают в изолятор брака для последующего использования в шихту.

После окончательного контроля годные отливки сдаются на склад готовой продукции.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 65
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

металлов. При этом АБФК не нуждается в особых условиях хранения и транспортировки.

В связи с этим представлялось целесообразным изучить структуру и физико-механические характеристики керамических оболочек на бескремнеземном связующем нового поколения – АБФК, и на основе полученных данных разработать технологию изготовления оболочковых керамических форм, обеспечивающую высокое качество отливок и универсальность по отношению к заливаемому сплаву наряду со снижением ресурсозатратности, повышением экологичности и сокращением производственного цикла изготовления отливок.

3.15 Химический состав и свойства АБФК

Разработка состава суспензии была основана на применении в качестве связующего водного раствора алюмоборфосфатного концентрата и отвердителя к нему – периклаза. Химический состав АБФК и его основные свойства представлены в табл. 4.1 и 4.2 соответственно.

Таблица 4.1 – Химический состав АБФК (ТУ 113-08-606-87)

Содержание компонентов, % масс.				
P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	H ₂ O	Прочие примеси
30...47,5	0,8...1,0	6,0...9,5	40...60	1,0...2,0

Примечание: массовые доли компонентов связующего приведены в пересчете на их оксиды: фосфора в пересчете на P₂O₅, алюминия в пересчете на Al₂O₃, бора в пересчете на B₂O₃.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист м 67
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 4.3 – Основные параметры взаимодействия системы «суспензия на АБФК-периклаз»

Наименование параметра	Значение параметра
1. Плотность АБФК, г/см ³	1,2...1,5
2. Количество затворителя, %	30...50
3. Дисперсность периклаза, мм	0,1...0,5

С целью достижения необходимой плотности связующего осуществляли смешивание концентрированного АБФК с дистиллированной водой. Полученный раствор размешивали лабораторной мешалкой в течении 2...3 минут со скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин, до получения однородной полупрозрачной жидкости, бледно-зеленого цвета.

На основе водного раствора АБФК ($\rho=1,4$ г/см³) изготавливалась суспензия, в качестве которой использовали электрокорунд белый марки 25А фракции F800 и F320 в соотношении 2:1. При этом количество затворителя и наполнителя было равно 35 и 65% от общей массы суспензии. Затворитель и наполнитель перемешивали с помощью лабораторной мешалки со скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин. В качестве обсыпки использовали спеченный периклаз, размолотый до фракции 0,315...0,4 мм.

3.17 Проведение экспериментов и результаты

С целью моделирования технологии была использована установка, схема которой представлена на рисунке 4.1.

В емкость из модельного состава с электродами заливали корундовую суспензию на АБФК и давали стек, затем производили обсыпку спеченным периклазом. Емкость с нанесенным слоем суспензии помещали в эксикатор с водой для поддержания постоянной влажности и температуры.

Анализ графической зависимости, представленной на рисунке 4.2 показал, что для обеспечения оптимального времени затвердевания смеси плотность АБФК должна быть не менее 1,3 г/см³ (линия 3).

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 69
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

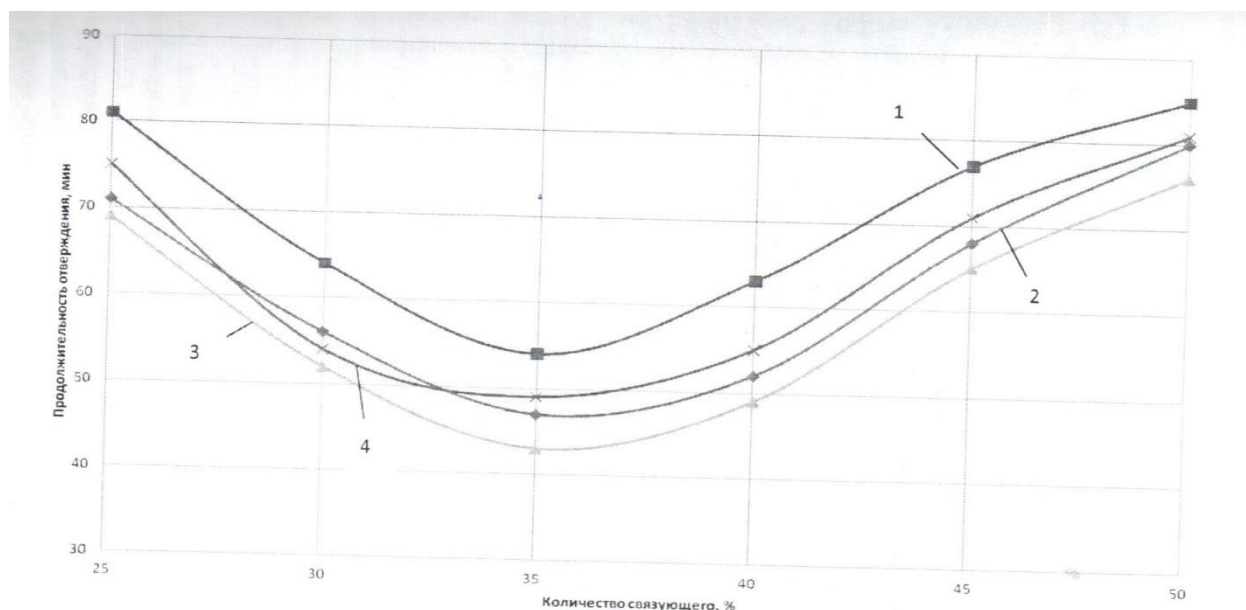


Рисунок 4.2 – Зависимость продолжительности отверждения суспензии от содержания АБФК, плотностью 1 – 1,2 г/см³, 2 – 1,3 г/см³, 3 – 1,4 г/см³, 4 – 1,5 г/см³

При содержании более 35% существенно снижается вязкость суспензии и увеличивается количество воды, поэтому процесс затвердевания слоя существенно затягивается.

Влияние дисперсности обсыпчного материала на кинетику отверждения показано на рисунке 4.3. График показывает, что оптимальное время твердения слоя обеспечивается при размере частиц обсыпки в пределах 0,3...0,4 мм (кривая 3 и 4). При фракции обсыпчного материала менее 0,3 мм не обеспечивается объемное отверждение слоя.

Оптимальное время отверждения слоя оболочки (40...60 мин) возможно достигнуть корректировкой содержания компонентов смеси.

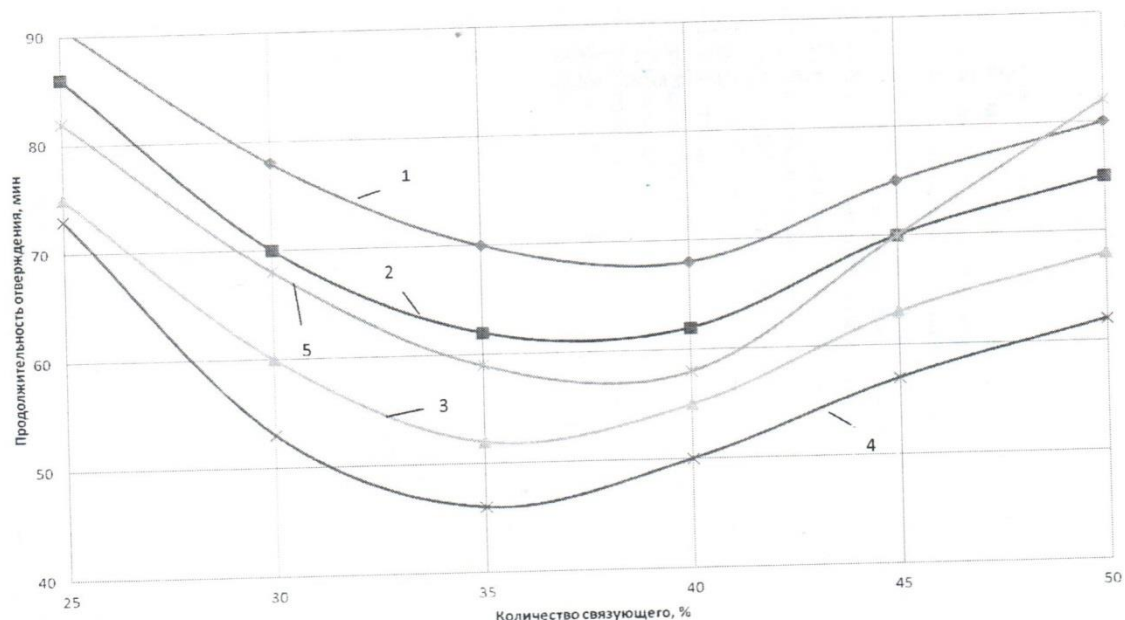


Рисунок 4.3 – Зависимость продолжительности затвердевания суспензии на АБФК от содержания связующего при фракции обсыпного материала: 1 – 0,1 мм, 2 – 0,2 мм, 3 – 0,3 мм, 4 – 0,4 мм, 5 – 0,5 мм.

Анализ полученных зависимостей, представленных на рисунках 4.2-4.3, позволил определить оптимальные с точки зрения времени затвердевания керамического слоя параметры суспензии (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Оптимальные параметры корундовых суспензий на АБФК

Наименование параметра	Значение параметра
1. Плотность АБФК, кг/м ³	1300...1400
2. Количество затворителя, %	30...35
3. Дисперсность периклаза, мм	0,3...0,4

Для изготовления керамических форм с повышенными физико-механическими свойствами и технологическими характеристиками необходимыми для изготовления отливок по выплавляемым моделям был проведен ряд научных исследований, в ходе которых получен предварительный состав суспензии для изготовления форм. Данный состав включил в себя: связующее на основе водного раствора АБФК, электрокорундовый наполнитель и зернистый обсыпный материал – периклаз.

Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата	22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
						72

Применение водного раствора АБФК и его отвердителя (периклаза) обеспечивает ускоренный цикл формообразования (40...60 мин) и исключение сушки изготавливаемых форм и стержней вследствие химического затвердения смеси. При этом АБФК в водной среде подвергается гидролизу с образованием раствора фосфорной кислоты, который взаимодействует с железом на частицах порошка электрокорунда белого с выделением водорода. Этот процесс, протекающий на границе «связующее-наполнитель», и химическое затвердевание смеси обеспечивает формирование равномерной пористой структуры керамических форм и стержней. На рисунке 4.4 приведена структура керамической формы, снятая на электронном микроскопе JEOL JSM 6460LV с волновым анализатором.

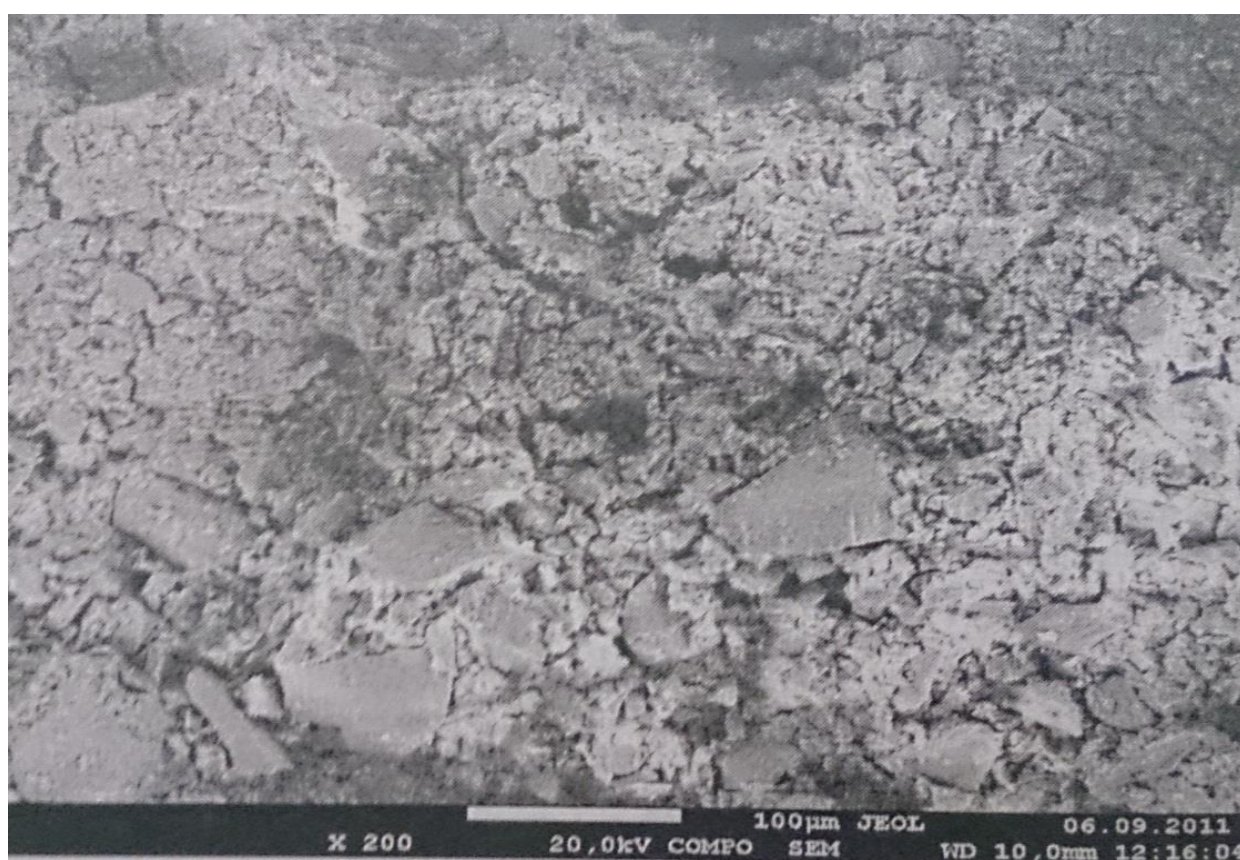


Рисунок 4.4 – Структура керамической формы (x200)

В ходе проведенных экспериментов определяли влияние содержания компонентов в пределах допустимых значений на свойства смесей и форм. Условия проведения экспериментов представлены в табл. 4.5.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 73
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 4.5 – Параметры экспериментов по определению влияния состава формовочной смеси на ее свойства

Факторы	Варьируемые значения
Плотность АБФК, г/см ³	1,2;1,3;1,4;1,5
Количество связующего, мас. %	30;35;40;45
Удельная поверхность Al ₂ O ₃ , м ² /г	2000;2500;3000;3500;4000

В качестве рабочих материалов использовали: микропорошки электрокорунда белого (ТУ 3988-075-00224450-99), порошок периклазовый спеченный (ТУ 14-8-448-83), АБФК (ТУ 113-08-606-87), воду дистиллированную (ГОСТ 2874-82).

Подготовку для проведения эксперимента осуществляли следующим способом. Готовили связующий раствор на основе АБФК, для этого смешивали алюмоборфосфатный концентрат с дистиллированной водой до получения водного раствора необходимой плотности. Приготавливали суспензию, для этого отмеряли необходимое количество связующего и взвешивали требуемое количество компонентов для определения числа керамических образцов. Связующее вливали в бачок-мешалку, добавляли наполнитель и перемешивали ингредиенты при скорости вращения крыльчатки 600...800 об/мин в течение 20...30 мин.

При проведении экспериментов один из факторов (табл.4.5) изменяли, оставляя остальные неизменными и равными средним значениям диапазона их варьирования, и фиксировали полученные свойства смеси и изготовленных из нее керамических образцов. Показателями для сравнения служили: вязкость суспензии, прочность при изгибе через 24 часа и газопроницаемость образцов.

Прочность при изгибе через 24 часа определяли, используя стандартные прямоугольные образцы длиной и шириной $5 \cdot 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-3}$ м соответственно.

Вязкость суспензии оценивали с помощью вискозиметра ВЗ-4 по времени вытекания подготовленного объема суспензии через калиброванное отверстие.

Продолжительность затвердевания суспензии на АБФК фиксировали по методике, описанной в пункте 2.1.

Для определения газопроницаемости изготавливали керамические образцы диаметром 50 мм и высотой 5 мм, измерения которой проводились после прокалики.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 74
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Влияние варьируемых параметров из табл. 4.5 на свойства суспензии и форм представлено на рисунках 4.5...4.8.

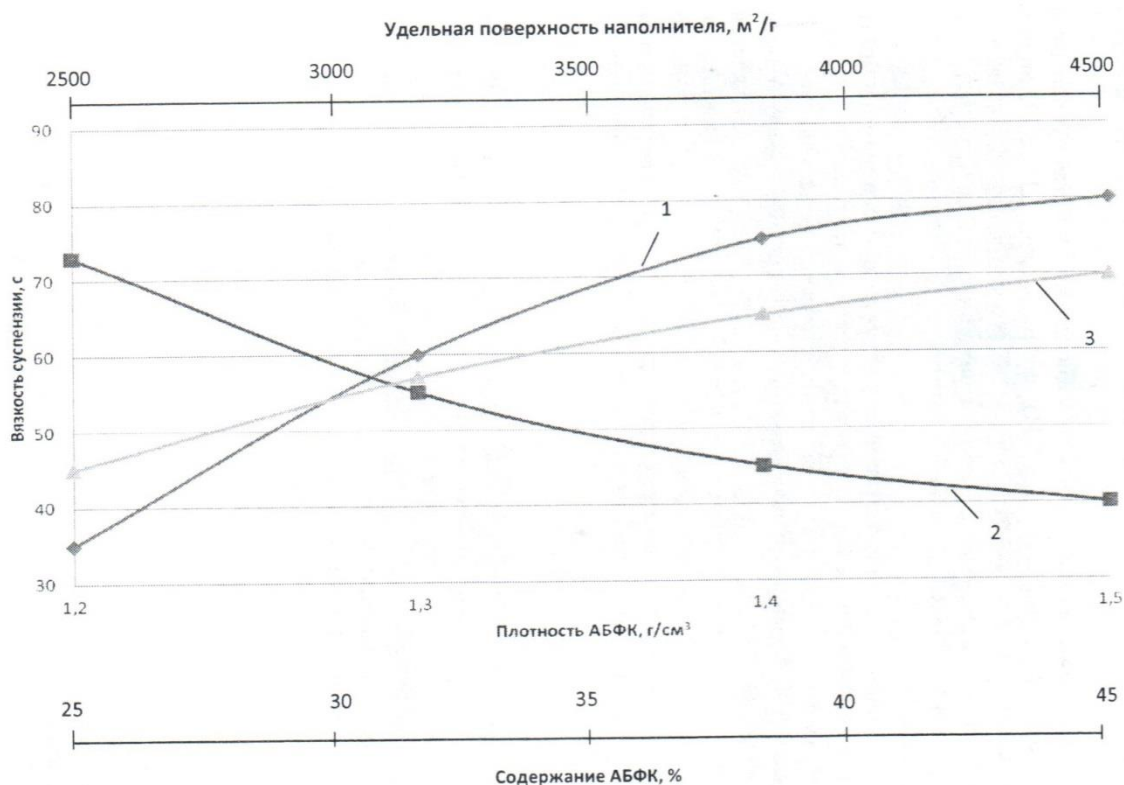


Рисунок 4.5 – Зависимость вязкости суспензии от: 1 – плотности АБФК $v = f(\rho_{\text{АБФК}})$; 2 – от содержания связующего $v = f(C_{\text{АБФК}})$; 3 – от удельной поверхности наполнителя $v = f(Y)$

Из графиков (рисунки 4.5,4.6) видно, что с повышением плотности связующего раствора прочность образцов и вязкость суспензии возрастают, а газопроницаемость снижается.

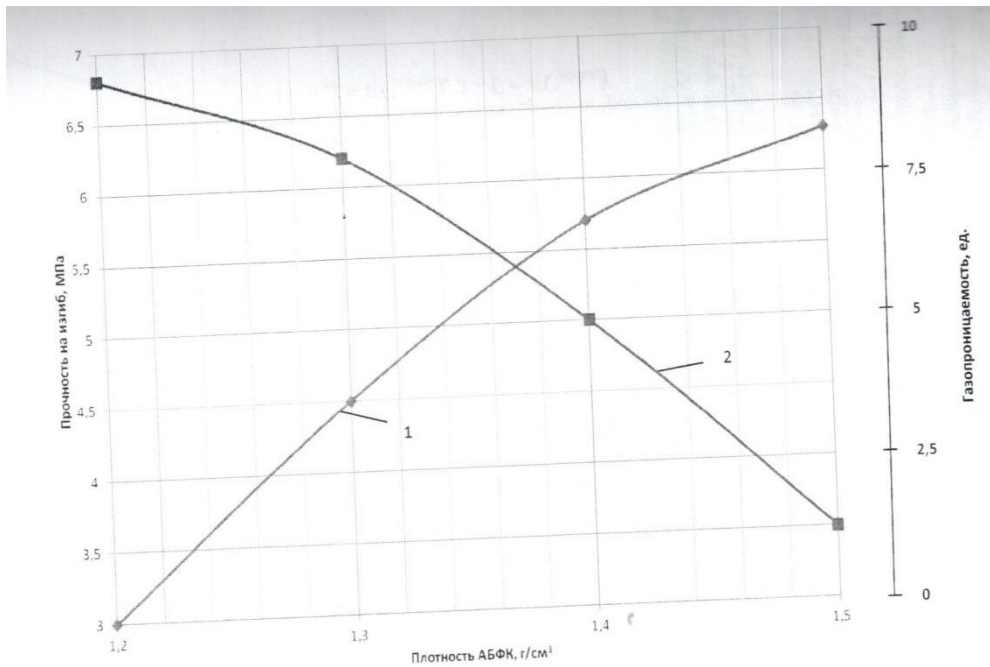


Рисунок 4.6 – Зависимость физико-механических характеристик формы от плотности АБФК 1 – $\sigma_{\text{изг}} = f(\rho_{\text{АБФК}})$, 2 – $\Gamma = f(\rho_{\text{АБФК}})$

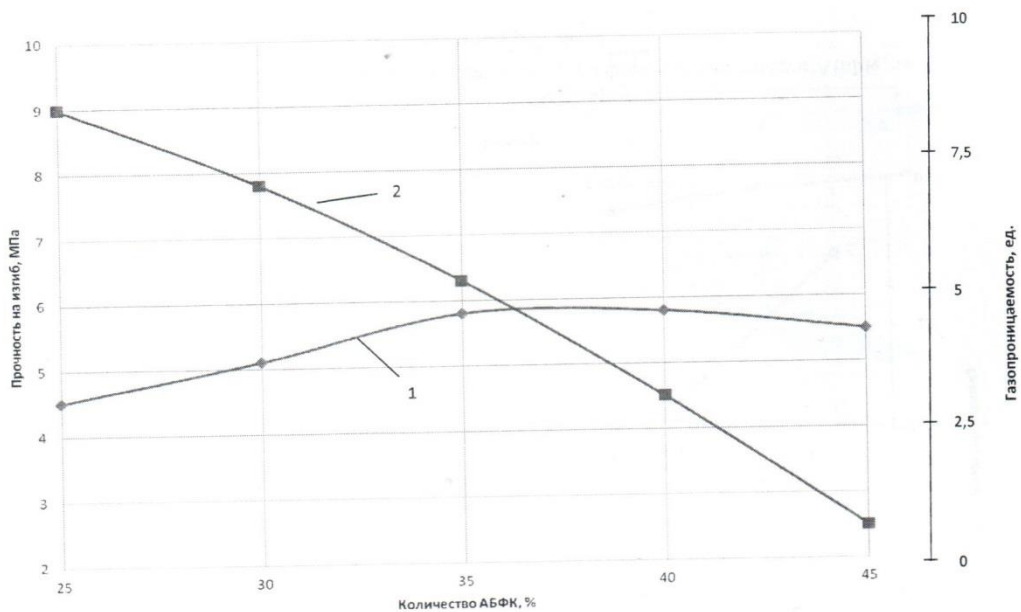


Рисунок 4.7 – Зависимость физико-механических характеристик формы от количества АБФК 1 – $\sigma_{\text{изг}} = f(C_{\text{АБФК}})$, 2 – $\Gamma = f(C_{\text{АБФК}})$

При этом прочности равной 4...5 Мпа соответствует плотность АБФК 1,3...1,4 г/см³.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ		Лис т 76
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

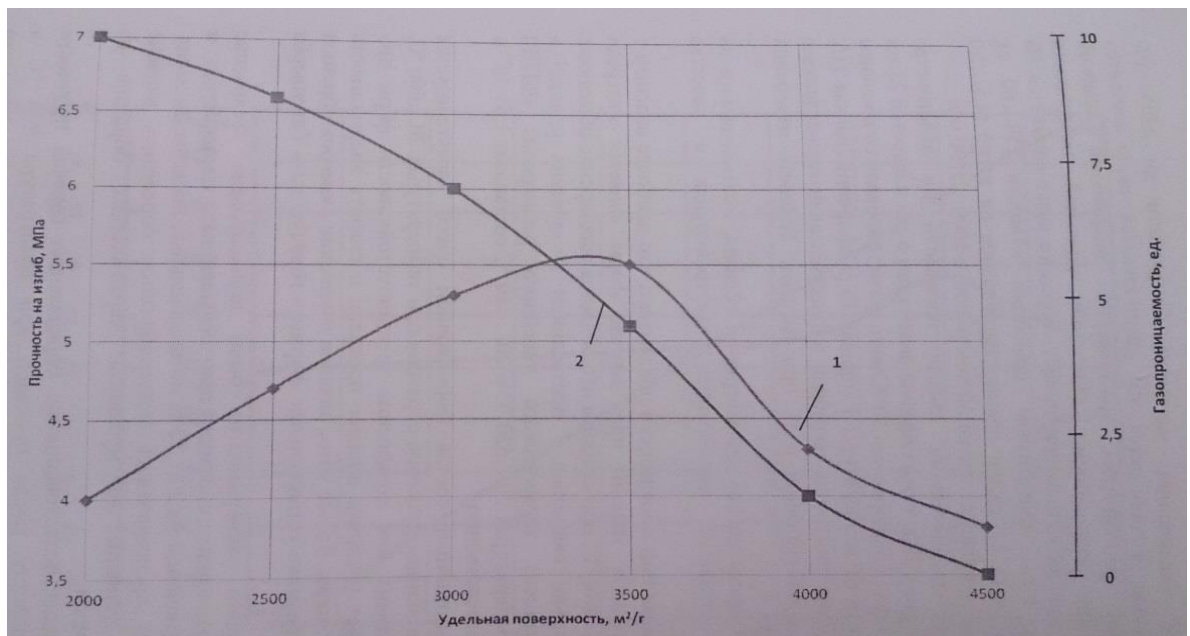


Рисунок 4.8 – Зависимость физико-механических характеристик формы от удельной поверхности наполнителя 1 – $\sigma_{изг} = f(Y)$, 2 – $\Gamma = f(Y)$

Этим же значением плотности соответствуют: газопроницаемость 6,5...8,5 ед. и вязкость 50...60 с. При плотности связующего более 1,4 г/см³ значительно возрастает вязкость суспензии, что затрудняет качественное воспроизведение формой конфигурации моделей, в особенности сложнопрофильных и тонкорельефных. Также снижается газопроницаемость суспензии, ухудшая условия для отвода газообразных продуктов, неизбежно выделяющихся при заливке форм сплавами. Кроме того, повышенная вязкость ведет к увеличению расхода связующего и чрезмерному удорожанию суспензии, поэтому является экономически необоснованным. А плотность ниже 1,3 г/см³ не обеспечивает достаточную прочность образцов, что может привести к разрушению форм и браку отливок.

Анализ графических зависимостей, представленных на рисунках 4.5, 4.7 показал, что с повышением содержания АБФК происходит плавное нарастание прочности образцов при изгибе, но, как показывает график, с превышением порога по содержанию связующего в 40% наблюдается обратный эффект, а именно прочность начинает плавно снижаться. Это связано с чрезмерным разжижением смеси и недостатком твердых частиц наполнителя, обеспечивающих необходимую твердость и прочность керамических образцов. Газопроницаемость и вязкость суспензии с ростом содержания АБФК в системе снижается в связи с повышением

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 77
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

содержания воды. Поэтому содержание водного раствора АБФК в интервале 35...40% является оптимальным с точки зрения реологии и прочностных характеристик полученных образцов.

Графические зависимости, приведенные на рисунках 4.5 и 4.8 показывают, что при уменьшении размеров зерен наполнителя повышается седиментационная устойчивость суспензии, она становится более однородной. Вместе с тем, мелкие частицы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в суспензии располагаются более плотно, межзеренное пространство сокращается, что приводит к увеличению плотности и снижению газопроницаемости керамических форм. Поэтому с ростом удельной поверхности вязкость разработанной смеси увеличивалась, а газопроницаемость форм уменьшалась. С увеличением удельной поверхности до 3500 м²/г прочность образцов увеличивается, т.к. увеличивается число контактов между зернами наполнителя, равномерно покрытыми пленкой связующего. При дальнейшем увеличении удельной поверхности повышается расход связующего и прочность образцов резко снижается. Из графиков видно, что допустимым значениям вязкости (50...60 с), газопроницаемости (5...7 ед.) и прочности образцов на изгиб (4,5...5,0 МПа) соответствует значение удельной поверхности 3000...3500 м²/г.

Дилатометрию формовочных смесей проводили на дилатометре «PAULIK» (Венгрия). Для этого образцы диаметром 5 мм и высотой 25 мм нагревали на воздухе со скоростью 10 °С/мин, регистрировали со временем $\Delta L_{об}$ в зависимости от температуры T (кривая T) расширение (кривая TL), скорость изменения линейных размеров и рассчитывали относительное изменение размеров образцов в % при нагреве. Точность измерений составляла +0,1%.

На рисунке 4.9 представлена дилатограмма образца, изготовленного из разработанной смеси с применением электрокорунда в качестве наполнителя.

Анализ проведенной зависимости показывает, что наиболее опасным с позиций образования трещин при нагреве форм является интервал температур 620...830 °С, при котором наблюдается расширение образцов с высокой скоростью, связанное с протеканием химических реакций в форме. Коэффициент термического линейного расширения (КТЛР) образцов при температурах 20...620 °С и 20...830 °С составляет $1,61 \cdot 10^{-6}$ и $3,97 \cdot 10^{-6}$ °С соответственно.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 78
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

керамических образцов увеличивается, а при температуре 950 °С достигает максимального значения.

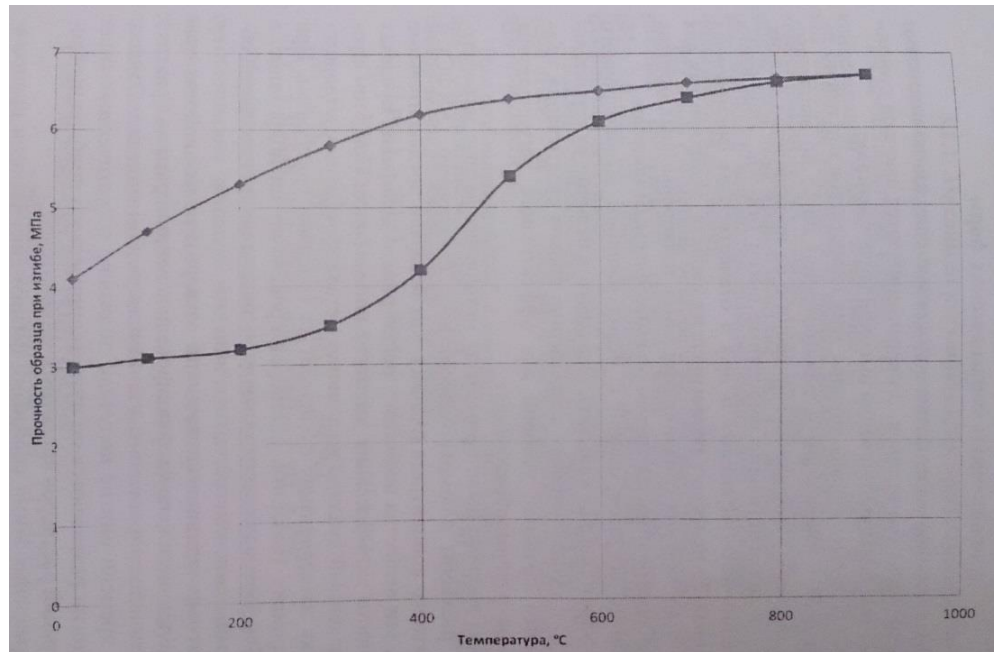


Рисунок 4.10 – Зависимость прочности образцов при изгибе от температуры: 1 – изменение прочности образцов при нагреве; 2 – изменение прочности образцов при охлаждении для непрокаленного образца

Аналогичным способом готовилась суспензия для определения прочности образцов после прокалки. Изготавливались стандартные образцы для определения прочности при изгибе, помещались в печь и прокаливались при 950 °С в течении 4 часов, затем медленно охлаждались и испытывались на прочность при различной температуре. На рисунке 4.10 (кривая 2) представлены результаты испытаний прокаленных образцов при изгибе. Как показывает график, с падением температуры после прокалки наблюдается снижение прочности образцов. В результате, при полном охлаждении образцов до 25 °С, их прочность достигает значений $\sigma_{изг} = 3$ Мпа и стабилизируется.

Высокая «сырая» прочность образцов, а также ее увеличение при прокалке, позволяет сделать вывод о возможности использования разработанной смеси для изготовления керамических оболочковых многослойных форм высокого качества и использования данных форм для получения отливок из различных сплавов, в том числе, высокотемпературных и химически активных. В то же время, наблюдаемое

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

Таблица 4.6 – Свойства керамических оболочковых форм

Связующее формооболочки	Продолжительность сушки каждого слоя покрытия, ч	Общее время сушки 9 – <u>слойной</u> формы, ч	Прочность образцов при изгибе, МПа	
			В холодном состоянии	В горячем состоянии (при 900 °С)
АБФК (разработанная)	1,0...1,5	9...13	3,5...3,8	4,5...4,8
ЭТС (базовая)	3,5...4,0	31,5...36,0	3,0...3,3	3,5...3,9

3.19 Сравнение экономической эффективности использования разработанной технологии

Разработанная технология позволяет снизить затраты на производство керамических форм приблизительно в 1.5 раза. Результаты расчетов на затраты при изготовления сравниваемых технологий изготовления керамических форм приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Затраты на изготовление керамических форм на АБФК и ЭТС связующих

Наименование компонентов	Технология на ЭТС	Технология на АБФК
АБФК	-	19,5
ГРЭС	32,5	-
Периклаз	-	5
Электрокорунд белый (шлифзерно)	22,5	-
Электрокорунд	53,5	
Общая стоимость 1 кг суспензии	108,5	78

						22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 82
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В основе государственного надзора и общественного контроля за охраной труда лежит трудовой кодекс Российской Федерации.

Согласно статье 211 раздела X ТК РФ, государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации и законах и иных нормативных правовых актах субъектов Российской Федерации об охране труда, устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Требования охраны труда обязательны для исполнения юридическими и физическими лицами при осуществлении ими любых видов деятельности, в том числе при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов, конструирования машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда.

Порядок разработки и утверждения подзаконных нормативных правовых актов об охране труда, а также сроки их пересмотра устанавливаются Правительством Российской Федерации.

5.1 Общая характеристика литейного цеха

Цех лить по выплавляемым моделям располагается в одноэтажном здании.

При планировке цеха учтены производственные, транспортные, экономические и другие требования. Следует стремиться к созданию благоприятной гигиенической обстановке и устранение опасностей для всех категорий работающих в цехе. Место расположения площадки должно обеспечивать возможность соблюдения санитарных норм по предельным концентрациям вредных выбросов в атмосферу, водоемы и наиболее целесообразное расселение рабочих, и доставку их до места работы.

Цех и отдельно стоящие производственные сооружения по отношению к жилым районам расположены с подветренной стороны к ветрам преобладающего

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 83
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

направления. Места для отвалов и отходов, выделяющих в атмосферу дым, газы, запахи, расположены с подветренной стороны по отношению к площадке предприятия. Между цехом и жилыми районами создана санитарно-защитная зона, ширина которой зависит от количества вредностей, выбрасываемых цехом в воздушный бассейн и составляет 1000 м, согласно СП 5183-90 «Санитарные правила для литейного производства (заводов, цехов, участков)». Санитарно-защитная зона и территория цеха озеленяется.

Зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов, шума, ветров; она ослабляет отрицательное влияние высокой температуры летом и освежает воздух. Между санитарно-защитной зоной и жилым районом предусмотрена полоса древесно-кустарниковых насаждений шириной 20 м. Все площадки, лестницы, канавы ограждаются перилами, высотой 1,2 м со сплошной обшивкой понижу на высоту 0,2 м. Лестницы имеют уклон 40°.

Для безопасности передвижения по территории цеха большое внимание уделено организации грузопотоков.

5.1 Анализ опасных и вредных факторов в условиях литейного цеха

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в проектируемом литейном цехе можно выделить следующие основные опасные и вредные производственные факторы:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещенности;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи;
- повышенный уровень инфракрасного излучения.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 84
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм рабочего персонала, приводя к различным заболеваниям и быстрой утомляемости.

Воздействие на работающего опасных производственных факторов: физического (контакт с движущимися частями механизмов, электрическими токопроводами, расплавленным металлом), химического (контакт с токсическими веществами) и других факторов может вызвать травмы, профессиональные отравления и заболевания. Факторами, определяющими действия вредных веществ на организм человека, являются:

- химические свойства вещества (токсичность);

- дисперсность вещества – чем выше дисперсность, тем больше опасность отравления; наиболее опасны вещества, находящиеся в паро- или газообразном состоянии, в виде дымов или туманов;

- концентрация веществ во вдыхаемом воздухе – чем выше концентрация, тем скорее может наступить отравление;

- продолжительность действия вещества;

- комбинированное действие веществ.

Опасные же факторы влекут за собой травматизм и смертность.

5.2 Вредные вещества

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы» в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления модельной массы, керамических формоболочек, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в табл. 5.1.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 85
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 5.1 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Оксид углерода	20	4
Оксид азота	5	3
Оксид железа	6	3
Оксид алюминия	6	3
Диоксид серы	10	3
Двуокись кремния	2	3

В качестве индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.034-2001 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация» предусматривается:

- респираторы типа «Лепесток»;
- Ф-62Ш, У-2К и другие;
- защита кожи и глаз.

Вредные вещества вызывают у человека головокружение, утомляемость, отравление, потерю трудоспособности.

Плавка стали сопровождается выделением оксида углерода и диоксида углерода. С целью предотвращения вредных выбросов в атмосферу предусматриваются следующие газоочистные установки:

- пылеулавливатель мокрого типа;
- ступенчатый роторный фильтр.

Для уменьшения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны разработана система вентиляционных установок.

Контроль содержания опасных веществ проводится непрерывно при помощи таких устройств, как газоанализатор типа ГХ-1.

5.3 Микроклимат

Нормы производственного микроклимата установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 86
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При проектировании литейного цеха использовались различные способы понижения влияния неблагоприятного микроклимата производства на состояние работающих в цехе людей.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха цеха, совместно с комплексом осуществляемых технологических мероприятий исключают скопление в воздухе производственных помещений литейного цеха пыли, ядовитых паров и газов в концентрациях, превышающих предельно допустимые величины, и поддерживают в допустимых диапазонах температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха.

Как правило, воздухообмен, полученный для летнего периода, бывает достаточным для растворения окиси углерода и сернистого газа, одних из основных вредных веществ металлургического производства. В переходный период, когда верхние проемы открыты не полностью или совсем закрыты, теплоизбытки могут быть большими.

При температуре ниже +10 °С приточный воздух следует подогревать. В этом случае экономически целесообразно использовать рециркуляцию, когда наружного воздуха забирают столько, сколько нужно для удаления избытков тепла, затем смешивают его с внутренним воздухом в такой пропорции, чтобы температура смешанного воздуха допускала его подачу в рабочую зону.

Избыточные выделения теплоты наблюдается в отделениях плавки металла, заливки форм, выбивки отливок, термической обработки, а также при выполнении ряда вспомогательных (при сушке ковшей и др.).

Проектом предусмотрена вентиляция и очистные установки на источниках газовой выделении с целью уменьшения выбросов вредных веществ в рабочую зону цеха и атмосферу.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 87
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22...24	21...25	60...40	0,1
	Iб (140...174)	21...23	20...24	60...40	0,1
	IIa (175...232)	19...21	18...22	60...40	0,2
	IIб (233...290)	17...19	16...20	60...40	0,2
	III (более 290)	16...18	15...19	60...40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23...25	22...26	60...40	0,1
	Iб (140...174)	22...24	21...25	60...40	0,1
	IIa (175...232)	20...22	19...23	60...40	0,2
	IIб (233...290)	19...21	18...22	60...40	0,2
	III (более 290)	18...20	17...21	60...40	0,3

5.4 Вибрация и шум

В литейном цехе основными источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, движения транспорта, а также в результате работы других машин и оборудования.

При длительном воздействии на человека возможно развитие профессиональной вибрационной болезни. Допустимые нормы вибрации (ГОСТ 12.1.012-90) представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскоростей (Дб) в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						
	2	4	8	16	31,5	63	125
Транспортно-технологическая	117	108	102	101	101	101	-
Локальная	-	-	115	109	109	109	109

Фактическая величина вибрации на рабочих местах поддерживается ниже допустимого уровня за счет проведения технических мероприятий двух направлений: воздействие на источник вибрации и снижение вибрации на пути ее возникновения.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ			Лист т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				88

Принимая во внимание эти условия, для снижения уровня вибрации оборудования используются демпфирующие покрытия, встраиваются дополнительные устройства вибропоглощения в конструкцию машин.

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки.

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85Дб (выбивка отливок, обрубка), предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 Дб.

Для снижения общей вибрации машины, при работе которых возникают значительные вибрации (например, выбивная решетка), установлены на первом этаже здания на самостоятельном фундаменте; увеличены массы фундаментов вибрирующего оборудования.

Для снижения общего уровня шума также устроены акустические разрывы и акустические швы вокруг фундаментов вибрирующего и шумящего оборудования (выбивные решетки, дробеметные камеры); уложены виброизоляционные материалы под станины машин.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		89

Таблица 5.6 – Нормы освещенности цеха точного литья

Характеристика зрительной работы	высокой точности		
Разряд зрительной работы	III		
Контрастность объекта с фоном	малая	средняя	большая
Характеристика фона	светлый	средний	Темный
Искусственное освещение, Лк: Система комбинированного освещения; система общего освещения	750 200	600 200	600 200
Естественное освещение, КЕО %: Верхнее или комбинированное освещение; боковое освещение	3	3	3

Для местного освещения – люминесцентные лампы. Конвейера по всей длине освещаются лампами накаливания. Аварийное освещение предусмотрено в плавильно-заливочном участке и в местах выпуска металла.

Аварийное освещение предусматривается для безопасного продолжения работы или при внезапном повреждении освещения. Аварийное и охранное освещение литейного цеха должно предусматриваться в соответствии со СНИП 23-09-95.

5.7 Пожаровзрывобезопасность

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории Г пожароопасных. Степень огнестойкости здания зависит от степени возгораемости и предела огнестойкости его строительных конструкций.

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, а также наличием в цехе горючей пыли.

Пожаровзрывобезопасность объекта должна обеспечиваться системой предотвращения взрыва и пожара, системой противопожарной защиты и

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 92
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Взрыв или возгорание газообразных или смешанных горючих веществ и смесей наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе. В помещениях цеха, где возможно выделение в атмосферу горючих газов и паров, установлены сигнализаторы взрывоопасных концентраций и аварийная вытяжная вентиляция.

В литейном цехе возможны такие пожары и взрывы при контакте расплавленного металла с водой. Для предотвращения пожаров и взрывов по этим причинам необходимо недопущение возникновения влаги в разливочных установках и литейных формах. Чтобы избежать взрывоопасной ситуации все литейное оборудование, контактируемое с металлом, просушивается на специальных сушильных стендах.

Эффективность и своевременность эвакуации людей при пожаре достигается рациональным устройством путей эвакуации: их количество, протяженность и ширина удовлетворяют нормативным требованиям.

Также в качестве эвакуационных выходов, используются уже имеющиеся в цехе производственные выходы.

Число эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа зданий определяется расчетом, но должно составлять не менее двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. При этом лифты и другие механические средства транспортирования людей при расчетах не учитывают.

Ширина участков путей эвакуации должна быть не менее 1 м, а дверей на путях эвакуации не менее 0,8м. Ширина наружных дверей лестничных клеток должна быть не менее ширины марша лестницы, высота прохода на путях эвакуации – не менее 2м.

Правила противопожарного режима утверждены постановлением правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года №390.

5.8 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе обеспечивается следующими мерами:

- электрическое разделение сети трансформаторами;

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 94
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- применение малых напряжений;
- использование двойной изоляции;
- выравнивание потенциала;
- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- применение специальных электробезопасных средств;
- организация безопасности установок.

Контроль электробезопасности осуществляется по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции должна осуществляться раз в два месяца.

Напряжения прикосновения и тока, протекающие через тело человека при нормальном (ненаправленном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в табл. 5.7.

Таблица 5.7 – Напряжение прикосновения и тока (ГОСТ 30331.3-95 «Защита от поражения электрическим током»)

Род тока	U,В	I,мА
	не более	
Переменный, 50 ГЦ	2,0	0,3
Переменный, 400 ГЦ	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Электроустановки соответствуют ПУЭ (правила устройства электроустановок).

Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта. Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться: монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления по ГОСТ 12.1.019-01.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис т 95
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Движущиеся механизмы и подвижные части оборудования

Литейный цех оснащен различными транспортными и грузоподъемными механизмами периодического действия, устройствами для выбивки отливок, разнообразными механизмами. Выполнение любой из операций на указанном выше оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала из-за наличия опасных зон в машинах и механизмах.

В проектируемом литейном цехе предусмотрены технологические процессы и производственное оборудование, при которых обеспечивается минимальное выделение в воздух помещения, атмосферу и воду вредных веществ, минимальное образование шума и вибраций. Также одним из направлений улучшения условий труда является оснащение оборудования расположенного в цехе, современными приборами и системами контроля.

Анализ экологических, производственных факторов литейного цеха показывает, что в цехе необходимо применение мер по повсеместной технике безопасности; оснащение основного технологического оборудования пылегазоулавливающими и очистными системами; совершенствование технологических процессов с переходом на экологически безвредные, безотходные технологии; сбор и утилизация отходов литейного производства; содержание территории и санитарно-защитной зоны в надлежащем санитарном состоянии.

Контроль безопасности осуществляется ПОТ Р М-002-97 «Межотраслевые правила по охране труда в литейном производстве».

5.10 Защита окружающей среды

В процессе литейного производства образуются различные газообразные отходы и пыль, которые загрязняют атмосферу. Кроме того, происходит загрязнение воды, а также образование твердых отходов, таких как шлак, отработанные формовочная и стержневая смеси и др.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 97
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Наиболее крупными источниками пыли и газовойдыделений в атмосфере в литейном цехе являются электропечи, участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья.

Снижение, а по возможности предотвращение попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды.

Защита окружающей среды на предприятиях должна соблюдаться в соответствии с ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

5.11 Защита от выбросов в атмосферу

Для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками (с учетом перспективы их развития) не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК.

В проектируемом литейном цехе в качестве плавильных агрегатов используются индукционные печи, которые имеют меньшее газовойдыделение при выплавке стали, чем у других печей.

Основными способами защиты атмосферного воздуха являются: вывод токсических веществ из помещений вытяжной вентиляцией; локализация токсических веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах и его возврат в производственное или бытовое помещение, если воздух после очистки в аппарате соответствует нормативным требованиям к приточному воздуху; очистка технологических газовых выбросов в специальных аппаратах, выброс и рассеивание в атмосфере, в ряде случаев перед выбросом отходящие газы разбавляют атмосферным воздухом и др.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист т 98
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

средства по их защите, а также места эвакуации документации и оборудования цеха в соответствии с федеральным законом от 12 февраля 1998г. №28-ФЗ «О гражданской обороне».

При применении оружия массового поражения, в живых организмах нарушаются биологические процессы, что в последующем приводит к различного рода тяжелым заболеваниям. Разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны, а под воздействием тепловых излучений возникают пожары.

Исходя из вышеизложенного необходимо применять следующие меры для защиты людей от поражающих факторов:

- в проектируемом литейном цехе необходимо определить маршруты эвакуации работников, а также их рассредоточения;
- при применении оружия массового поражения, необходимо обеспечить работников средствами индивидуальной защиты;
- укрытие людей в убежищах (в цехе предусмотрено убежище, рассчитанное на рабочих и служащих);
- средства оповещения спецслужб.

5.15 Организационно-технические мероприятия по охране труда

Основной задачей по охране труда является сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Основные направления государственной политики в области охраны труда согласно ТК РФ:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников; соблюдение трудового законодательства;
- государственная экспертиза охраны труда, проведение аттестации рабочих мест по условиям труда;
- профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лис
						т
Из м	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан цех литья по выплавляемым моделям производительностью 30 тонн годных отливок по номенклатуре АО СКБ «Турбина». Режим работы цеха – двухсменный.

В ходе работы выбрано и рассчитано необходимое оборудование следующих отделений: плавильного, модельного, приготовления суспензий, изготовления формоболочек, прокалочно-заливочного, очистки от керамики и термообрубного. Выбранное оборудование позволяет достичь заданной производительности цеха, а так же имеет возможность ее увеличения. Рассчитаны необходимые площади складов для хранения нормативного запаса используемых в цехе шихтовых материалов и химикатов. Разработана планировка цеха, который размещен в одноэтажном здании прямоугольной формы. Проект цеха выполнен в соответствии с нормами техники безопасности и охраны окружающей среды.

В соответствии с выбранным оборудованием дано описание технологических процессов выплавки сталей 15X23H18Л и 10X18H11БЛ, приготовления огнеупорной суспензии, изготовления и прокалики формоболочек, а также заливки и охлаждения форм, термической обработки отливок и финишных операций. В цехе предусмотрен обязательный контроль готовых отливок.

В выпускной квалификационной работе также разработана технология изготовления отливки «Штуцер» из стали 15X23H18Л. Для изготовления литейных форм в цехе использован процесс на основе АБФК связующего. Огнеупорным наполнителем и обсыпкой является переклаз и электрокорунд.

Таким образом, разработанный процесс позволяет изготовить заданную деталь требуемого качества, он отвечает технологическим требованиям к детали и литым заготовкам, которые регламентируются чертежом детали, техническими условиями и другими стандартами.

					22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ	Лист 102
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А:

Расчет шихты для стали 15Х23Н18Л

Расчет шихты в Microsoft Excel											Расчет выполнил студент П- 242 Юрганцев Я.М.			
Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали 15Х23Н18Л											Дата: 16.05.18			
X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%			
42,400	40,800	5,000	10,000	1,000	0,980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Минимальная стоимость 1т шихты											55706,00 руб			
											Ограничения по хим. составу			
											max normal min			
											C	0,1	0,11482	0,2
											Mn	1	1,33344	2
											Si	0,2	0,991	1
											S	0	0,02427	0,03
											P	0	0,02871	0,03
											Ni	17	18,75	20
											Cr	22	23,874	25
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0
											O	0	0	0

X1	Лом стальной Б25 ГОСТ 2787-86
X2	Возврат
X3	феррохром ФХ001А ГОСТ 4757-91
X4	никель Н-1 ГОСТ 849-2008
X5	Ферромарганец ФМн 70 ГОСТ 4755-91
X6	Ферросилиций ФС 45 ГОСТ 1415-93
X7	
X8	
X9	
X10	
X11	
X12	

Компоненты шихты

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
42,400	40,800	5,000	10,000	1,000	0,980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Стоимость, руб/т

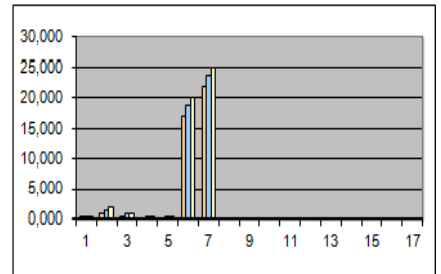
28000,00	25000,00	150000,00	250000,00	56000,00	65000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	-----------	-----------	----------	----------	------	------	------	------	------	------

Количество компонентов 100,000 %

Стоимость 55706,00 руб

Химический состав шихтовых материалов

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
C	0,080	0,150	0,000	0,000	2,000	0,000						
Mn	0,100	1,200	0,000	0,000	80,000	0,400						
Si	0,000	0,500	0,000	0,000	2,000	80,000						
S	0,025	0,030	0,020	0,001	0,020	0,020						
P	0,035	0,030	0,020	0,001	0,030	0,030						
Ni	3,000	18,000	0,000	99,830	0,000	0,000						
Cr	14,000	23,000	68,000	0,000	0,000	0,000						



Ограничения по хим. составу

		min	normal	max
C	1	0,100	0,115	0,200
Mn	2	1,000	1,333	2,000
Si	3	0,200	0,991	1,000
S	4	0,000	0,024	0,030
P	5	0,000	0,029	0,030
Ni	6	17,000	18,750	20,000
Cr	7	22,000	23,874	25,000
O	8	0,000	0,000	0,000
O	9	0,000	0,000	0,000
O	10	0,000	0,000	0,000
O	11	0,000	0,000	0,000
O	12	0,000	0,000	0,000
O	13	0,000	0,000	0,000
O	14	0,000	0,000	0,000
O	15	0,000	0,000	0,000
O	16	0,000	0,000	0,000

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.04.02.2018.167.00.00 ПЗ

Лист
105

ПРИЛОЖЕНИЕ Б:

Расчет шихты для стали 10X18H11БЛ

Расчет шихты в Microsoft Excel											Расчет выполнил студент П- 242 Юрганцев Я.М.			
Компоненты оптимизированной шихты для выплавки стали 10X18H11БЛ											Дата: 16.05.18			
X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%			
42,224	42,600	6,807	6,000	1,391	0,585	0,393	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Минимальная стоимость 1т шихты					49440,35		руб							
											Ограничения по хим.составу			
											max			
											normal			
											min			
X1	Лом стальной Б25 ГОСТ 2787-86										C	0,001	0,1042	0,103
X2	Возврат										Mn	1,2	1,2	2,4
X3	феррохром ФХ001А ГОСТ 4757-91										Si	0,3	0,50172	1,5
X4	никель Н-1 ГОСТ 849-2008										S	0	0,02527	0,03
X5	Ферромарганец ФМн 70 ГОСТ 4755-91										P	0	0,03182	0,035
X6	Ферросилиций ФС 45 ГОСТ 1415-93										Ni	8,24	12,3685	12,36
X7	феррониобий ФН680 ГОСТ 16773-2003										Cr	18,7	19,06	22
X8	-										Nb	0,585	0,639	1,17
X9	-										O	0	0	0
X10	-										O	0	0	0
X11	-										O	0	0	0
X12	-										O	0	0	0

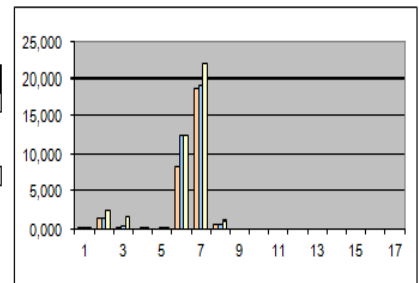
Компоненты шихты

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
42,224	42,600	6,807	6,000	1,391	0,585	0,393	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Стоимость, руб/т

28500,00	25300,00	140000,00	250000,00	55000,00	60000,00	250000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
----------	----------	-----------	-----------	----------	----------	-----------	------	------	------	------	------

Количество компонентов % | Стоимость руб



Химический состав шихтовых материалов

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
C	0,080	0,100	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000					
Mn	0,100	0,100	0,000	0,000	80,000	0,400	0,000					
Si	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	80,000	1,500					
S	0,025	0,030	0,020	0,001	0,020	0,020	0,030					
P	0,035	0,035	0,020	0,001	0,030	0,030	0,030					
Ni	3,000	12,000	0,000	99,830	0,000	0,000	0,000					
Cr	14,000	20,000	68,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
Nb	0,000	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	65,000					

Ограничения по хим.составу

	min	normal	max	
C	1	0,001	0,104	0,103
Mn	2	1,200	1,200	2,400
Si	3	0,300	0,502	1,500
S	4	0,000	0,025	0,030
P	5	0,000	0,032	0,035
Ni	6	8,240	12,369	12,360
Cr	7	18,700	19,060	22,000
Nb	8	0,585	0,639	1,170
O	9	0,000	0,000	0,000
O	10	0,000	0,000	0,000
O	11	0,000	0,000	0,000
O	12	0,000	0,000	0,000
O	13	0,000	0,000	0,000
O	14	0,000	0,000	0,000
O	15	0,000	0,000	0,000
O	16	0,000	0,000	0,000
O	17	0,000	0,000	0,000