

Министерство науки и высшего образования 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  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Оборудование и технология производства отливки «Патрубок»  
из стали 35Л

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2020.437.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
доцент, к.т.н.  
А.В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Руководитель проекта  
доцент, к.т.н.  
А. В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

Автор проекта  
студент группы  
П-437  
Р.А. Орлов  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020г.

## АННОТАЦИЯ

Орлов Р.А. Оборудование и технология производства отливки «Патрубок» из стали 35Л. – Челябинск, ЮУрГУ, МиМТ; 2020, 65 с., библиогр. список – 16 наим., 4 листа чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе выбрано оборудование и разработан технологический процесс изготовления отливки детали «Патрубок» из стали 35Л, изготовленные по Seiatsu-процессу.

Изучив конструкцию детали, был сделан вывод: изготовление детали наиболее рационально методом литья в разовые песчано-глинистые формы, получаемые по Seiatsu-процессу; изготовление стержней предусмотрено с использованием холодно-твердеющей стержневой смеси, отверждаемой по ВЕТА-SET процессу.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, система литников, питателей и шлакоуловителей, подобран состав формовочных и стержневых смесей и красок, определен состав шихты и разработан процесс изготовления литейной формы, ее охлаждения и выбивки. Приведены конечные операции, нацеленные на получение качественной отливки, технология плавки стали.

В специальной части рассмотрены современные процессы и оборудование для получения точных стержней путем продувки их метилформиатом.

Также в работе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Орлов				Оборудование и технология производства отливки «Патрубок» из стали 35Л	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Карпинский						3	65
Реценз					ЮУрГУ Кафедра ЛП			
Н. Контр.	Карпинский							
Утверд.								

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ .....	7
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ	
2.1 Производственная программа.....	16
2.2 Режим работы и фонды времени .....	17
2.3 Структура цеха .....	19
2.4 Плавильный участок.....	20
2.4.1 Составление баланса металла .....	20
2.4.2 Выбор и расчет оборудования плавильного участка .....	23
2.4.3 Расчет потребности в ковшах .....	26
2.4.4 Организация работы плавильного участка.....	29
2.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение.....	30
2.6 Определение числа автоматических линий.....	35
3 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
3.1 Анализ технологичности изготовления отливки .....	36
3.2 Выбор способа изготовления отливки и его обоснование .....	36
3.3 Выбор положения отливки в форме в период заливки .....	37
3.4 Определение поверхности разъема формы .....	38
3.5 Определение припусков на механическую обработку.....	39
3.6 Определение формовочных уклонов .....	40
3.7 Определение размеров стержневых знаков.....	41
3.8 Выбор типоразмера опок .....	41
3.9 Разработка конструкции и расчет прибылей.....	42
3.10 Разработка конструкций и расчет литниковой системы.....	44

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3.11 Выбор составов формовочных, стержневых смесей и противопопригарных красок.....	48
4 ВЕТА-SET ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ. ЕГО ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА.....	51
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
5.1 Территория, здания и сооружения литейных производств .....	54
5.2 Освещение.....	56
5.3 Вентиляция .....	57
5.4 Плавильные агрегаты.....	57
5.5 Требования к изготовлению форм и стержней.....	59
5.6 Требования к разливке металла и заливке форм.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является наиболее древним ремеслом, которое стало началом развития промышленности в целом. Практически ни одна машина, станок и механизм не производится без литой заготовки. В процессе развития литейное производство стало наиболее востребованным, наукоемким, трудоемким и престижным заготовительным производством. Литейное производство обеспечивает машиностроение литыми заготовками сложными по конфигурации, массой от нескольких граммов до 200 тонн из черных и цветных сплавов с высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками. С учетом технической и экономической целесообразности литые заготовки используются в различных отраслях: автомобильной, станкостроительной, тяжелой и легкой, сельскохозяйственной и бытовой, авиационной, космической, оборонной промышленности и др. Для обеспечения всех отраслей промышленности высококачественными отливками, литейщиками-технологами и литейщиками-конструкторами разработано более 260 марок стали, чугуна, алюминиевых, магниевых, медных, титановых и др. сплавов.

Более 60 разработок было предложено и научно обосновано. Примером таких технологических инноваций могут служить: изготовление литейных форм из песчано-глинистых смесей методами прессования, вибрации, встряхивания, холодных и горячих химически твердеющих смесей для изготовления литейных форм и стержней, литье по выплавляемым, выжигаемым и газифицируемым моделям, центробежное и кокильное литье, литье под низким и высоким давлением и др.

По вопросам развития литейного производства и литейного машиностроения в прошлом столетии в России работали 12 отраслевых научно-исследовательских и конструкторских институтов. Научные и производственные достижения в

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

разработке новых технологических процессов, оборудования и материалов позволили достичь следующих результатов:

- повысить прочностные и эксплуатационные свойства отливок;
- повысить размерную и геометрическую точность;
- снизить припуски на механическую обработку;
- повысить показатели чистоты поверхности и товарного вида;
- повысить конкурентоспособность отливок на мировом рынке.

## 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

В настоящее время в мире производится около 102 млн. тонн литых заготовок, в том числе 72 % из чугуна, 10,5 % из стали и 17,5 % из цветных сплавов. Объемы производства отливок в процентах по странам приведены на рисунок 1.

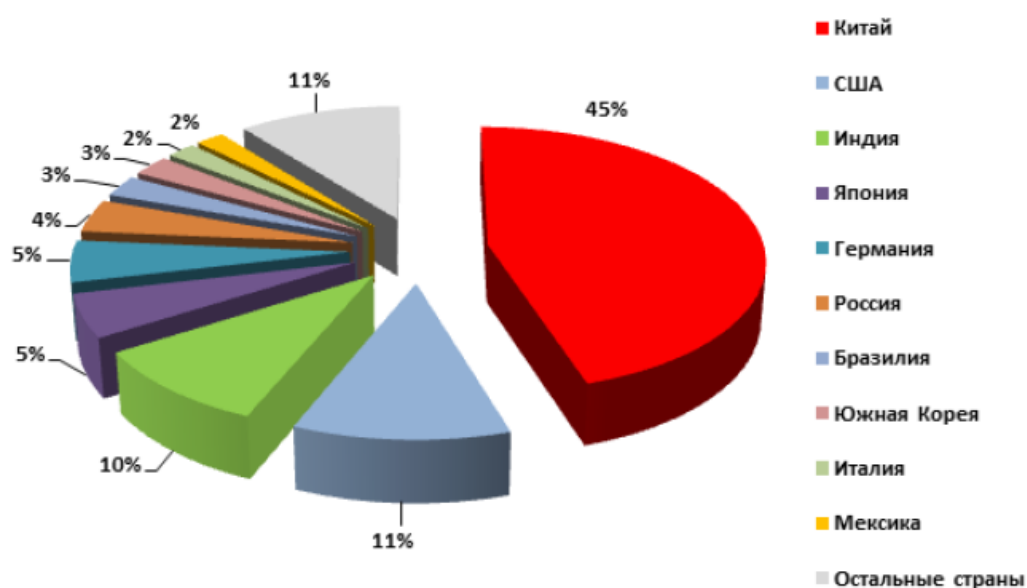


Рисунок 1 – Объемы производства отливок из черных и цветных сплавов по странам мира

Лидирующее положение занимает Китай, который производит 45 % отливок, далее США – 11 %, Индия – 10 %, Япония – 5 %, Германия – 5 %, Россия – 4 % и находится на шестом месте. Резкий спад производства литых заготовок в России был в период приватизации и ее последствий с 1990 по 2000 года [1].

Наиболее высокие показатели по производству отливок в России были достигнуты в 1985 г. В то время Россия производила 18,5 млн. тонн отливок из черных и цветных сплавов и занимала второе место в мире после США. В последующие годы спад производства отливок продолжался и к 2018 г. достиг 4,2 млн. тонн. В таблице 1 приведены статистические данные до 1990 г. и по экспертной оценке – до 2018 г. по производству отливок из черных и цветных сплавов в России.

Таблица 1 – Данные по производству отливок из черных и цветных металлов

Годы	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2018
Пр-во отливок, МЛН.Т	7,40	10,60	14,36	16,40	13,40	4,85	3,40	4,20

Наиболее высокий темп производства отливок был в период с 1930 г. по 1940 г. До 1985 г. объемы производства отливок продолжали увеличиваться, а далее стали резко уменьшаться. Основной причиной снижения в России производства отливок является резкое снижение их востребованности в период приватизации предприятий. В этот период производство отечественного оборудования резко сократилось, не только литейного, но и металлургического, хозяйственно-коммунального, оборудования для горно-обогатительной промышленности, станкостроения, автомобильной и авиационно-космической промышленности и др. При этом сократилась и потребность в литых деталях [1].

Каждая отрасль машиностроительного комплекса имеет свои особенности по применению литых заготовок из черных и цветных сплавов, механических и

эксплуатационных свойств отливок, применению технологических процессов и оборудования для производства отливок, развеса и номенклатуры литых деталей, типа производства (мелкосерийное, серийное, массовое) и пр. Распределение использования литых заготовок по отраслям промышленности России представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Использование литых заготовок по отраслям промышленности РФ

В России продолжается проведение научно-исследовательских работ и освоение современных технологических процессов, направленных на повышение качества отливок для различных отраслей промышленности. На рисунке 3 представлено распределение объемов производства отливок по технологическим процессам.

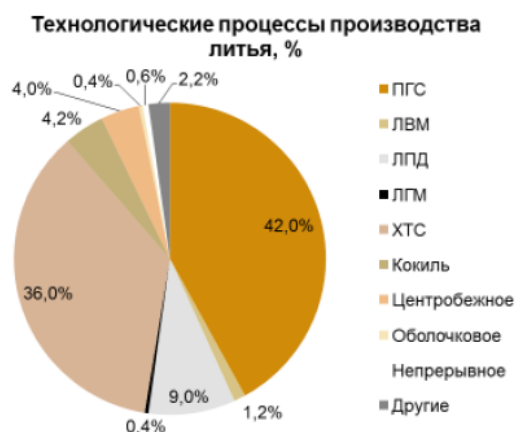


Рисунок 3 – Производство отливок по технологическим процессам

За последние 10 лет реконструировались полностью или частично более 260 литейных производств. Широко осваиваются перспективные технологические



процессы: плавка литейных сплавов в индукционных и дуговых электропечах, увеличение доли производства отливок из высокопрочного чугуна, магниевых, алюминиевых и титановых сплавов, изготовление форм и стержней из холодно-твердеющих смесей, моделирование литейных процессов с применением числовых, в том числе 3D-технологий.

Экономическая целесообразность применения современного плавильного оборудования напрямую зависит от качества и состава шихтовых материалов. Наиболее наглядно можно показать это на примере применения современных плавильных агрегатов для выплавки чугуна, как основного материала, применяемого для производства литых деталей для машиностроения. В настоящее время 76 % чугуна выплавляется в индукционных печах и дуплекс- процессом. Выплавка чугуна в вагранках за последние 10 лет резко сократилась и составляет лишь 18 %. В дуговых электропечах выплавляется около 6 % чугуна (рисунок 4). При этом надо учитывать, что рост объемов производства электроплавки чугуна осуществляется не только за счет замены вагранок на индукционные печи, но и за счет закрытия литейных цехов с ваграночной плавкой.

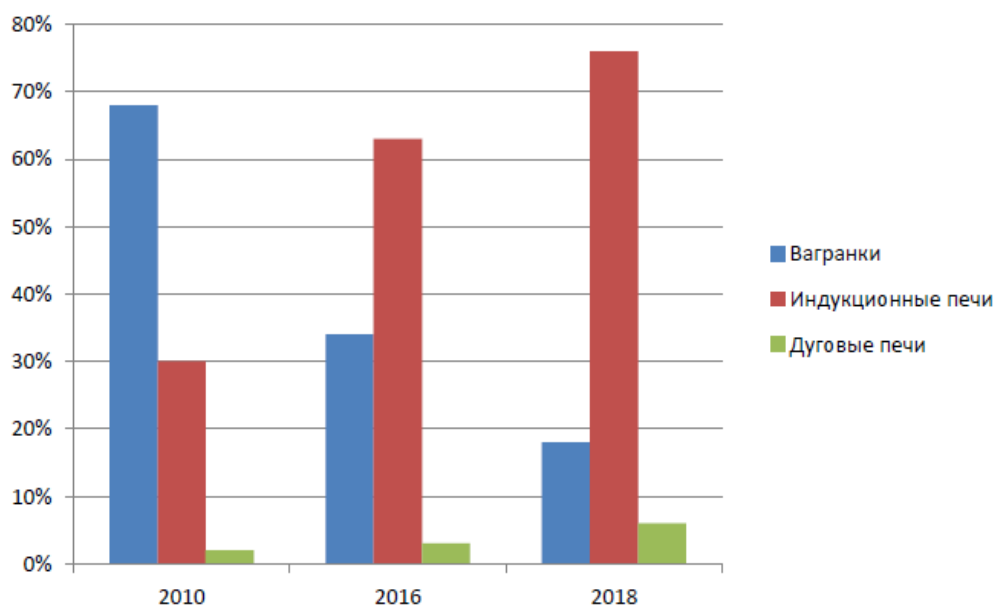


Рисунок 4 – Объемы выплавки чугуна в различных плавильных агрегатах

В будущем, основной рост производства отливок намечается за счет увеличения производства стального литья (трубопроводная запорная арматура, литые детали для горнодобывающего оборудования и железнодорожного машиностроения), чугунного литья (автомобильная промышленность, станкостроение, электротехническая промышленность, сантехника, коммунальное хозяйство) и цветного литья, в основном алюминиевого, магниевого, интерметаллидного литья на основе титана и др. специальных сплавов (автомобильная, оборонная промышленности, авиационное и космическое машиностроение). Производство отливок по сплавам приведено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Производство отливок из сплавов

Лидирующее положение занимает чугун, за ним сталь, алюминий, медь и магний. В последние годы увеличились объемы производства отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, которые в ряде случаев заменяют отливка из чугуна и стали. Применяя современные методы рафинирования, модифицирования, микролегирования и дегазации можно получить высокие прочностные характеристики сплавов до 450...500 МПа и выше. Повышение прочности достигается за счет корректировки химического состава, но в основном за счет модифицирования различного рода модификаторами, в том числе модификаторами, полученными методами закалки из жидкого состояния (аморфное состояние) [1].

Важную роль в производстве качественных отливок играют методы получения литейных форм и стержней. Перспективными являются динамические методы уплотнения литейных форм из песчано-глинистых сырых смесей и изготовление стержней и форм из холоднотвердеющих смесей. В настоящее время изготовление форм из ПГС составляет 60 %, из ХТС – 40 %. За последние 4 года производства изготовления форм из ХТС увеличилось на 8 %.

Необходимо отметить, что в 2018 г. (по экспертной оценке) потребление литых заготовок в России составило 5,0 млн. т, в том числе собственное производство – 4,0 млн. т (из них экспорт 380 тыс. т), импорт отливок – около 1 млн. т. В настоящее время развитие литейного производства России направлено на повышение качества отливок, импортозамещение производства литых заготовок и литейного оборудования, развитие рынка, в том числе на увеличение экспорта отливок и материалов. Структура импорта отливок представлена на рисунке 6.

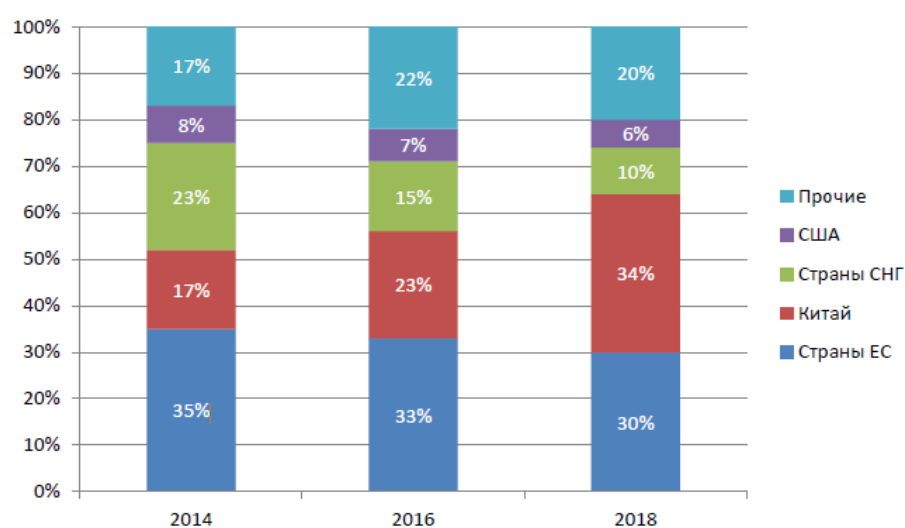


Рисунок 6 – Объемы рынка, структура импорта отливок

Модернизация литейного производства тесно связана с подготовкой кадров. Без подготовки специалистов новой формаций невозможно создание и освоение новых технологий и повышений производительности труда.

В настоящее время в литейном производстве работают около 350 тыс. человек, в том числе рабочих – 92 %, экономистов и менеджеров – 3 %, инженеров – 4,8 %, научных работников – 0,2 %. Вся научная деятельность сосредоточена на

литейных кафедрах ВУЗов, которые не обеспечены современной исследовательской техникой, методическими пособиями.

В этом плане нельзя исключать и подготовку преподавательского состава. Сегодня зачастую подготовка специалистов отстает от развития производства, что недопустимо. Связь науки с производством нарушена, нет тесной связи Вузов с предприятиями по вопросам подготовки и использования бакалавров. В результате лишь 30 % выпускников литейных кафедр работает по специальности, а литейные предприятия не имеют специалистов высоких квалификаций. Интерес со стороны молодежи к обучению в ВУЗах на литейную специальность заметно снизился, снижается престижность инженерного труда.

Модернизация и реконструкция литейных предприятий осуществляется на базе новых экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивного оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, отвечающим мировым стандартам.

Наиболее востребованными отраслями в существенном повышении качества литья является транспортная, авиационная, космическая, оборонная, нефтегазовая.

Однако отдельные примеры частичной модернизации литейного производства не способствует повышения качества литых заготовок и повышению производства труда. Сегодня необходимо строить гибкие производства, обеспечивающие непрерывность работ технологической цепочки оборудования и возможность ее переналадки при производстве широкой номенклатуры отливок.

Необходимо разработать стратегию развития литейного производства на ближайшие 10...15 лет. Учитывая межотраслевой характер литейного производства России стратегию развития литейного производства должны разрабатывать высококвалифицированные специалисты с богатым практическим опытом при активной поддержке правительства [1].

Каждая отрасль машиностроительного комплекса имеет свои особенности по применению литых заготовок из черных и цветных сплавов, механических и

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

эксплуатационных свойств отливок, применению технологических процессов и оборудования для производства отливок, развеса и номенклатуры литых деталей, типа производства (мелкосерийное, серийное, массовое) и пр.

Необходимо отметить что в материалах стратегий развития отраслей Станкостроения, Тяжелого машиностроения и Легкой промышленности, которые приняты правительством РФ, отсутствуют материалы по перспективам развития литых деталей в этих отраслях.

Поэтому на первом этапе необходимо создать рабочие группы и провести анализ существующего производства литых заготовок по отраслям и определить перспективы их развития до 2020 и 2030 годов.

На основе этих данных можно будет определить приоритетные отрасли, объема производства отливок из черных и цветных сплавов, потребность в оборудовании и материалах.

Параллельно необходимо разрабатывать стратегию развития литейного машиностроения. Необходимо определить производственные и технологические возможности производства литейного оборудования, которое подлежит импортозамещению и которое необходимо закупать за рубежом в указанные сроки стратегий.

Опыт последних лет показывает, что разработку стратегии развития литейного производства России необходимо совмещать с разработкой стратегии подготовки кадров по литейной специализаций (инженеров, техников, рабочих), начиная со школы. Уровень подготовки в школах существенно ниже уровня требований, которые предъявляются к выпускникам школ при поступлений в ВУЗы. Необходимо вернуться к методике подготовки в ВУЗах инженеров, распределению специалистов по предприятиям страны с предоставлением социальных льгот [1].

В последние годы количество литейных кафедр резко уменьшается, идет процесс объединения литейных кафедр с кафедрами сварки, материаловедения, материаловедения. Связь науки с производством нарушена. Интерес со стороны

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

молодежи к обучению в ВУЗе на литейную специальность заметно снизился, резко снижается престижность технического инженерного труда.

Поэтому разработка стратегии развития литейного производства России является комплексной, межотраслевой и сложной задачей, которая требует определенное время и соответствующего финансирования.

Для реализации перспектив развития литейного производства в рамках стратегии необходимо создать в России при Министерстве промышленности и торговли отрасль «Литейное производство» и оснастить специалистами.

Создать научно-технический центр для координации научной и производственной деятельности, наладить деловые контакты науки с производством и производства с учебными вузами страны. В настоящее время большую роль в развитии литейного производства играет информационная деятельность Российской ассоциации литейщиков.

Издается журнал «Литейщик России», который находится в списке ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Создан и активно действует сайт [www.ruscastings.ru](http://www.ruscastings.ru), на котором размещена информация более 2000 литейных предприятий России и зарубежных стран.

Надеемся, что совместными усилиями ученых, инженерно-технических и производственных работников предприятий и ВУЗов, общественных организаций нам удастся освоить в производстве новые технические решения, позволяющие резко повысить качество литья и обеспечить их конкурентоспособность на мировом рынке.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

### 2.1 Производственная программа

Проектируемый участок относится к категории литейных участков, в котором выполнение большинства трудоемких операций механизировано и автоматизировано.

Существует три вида развёрнутой производственной программы – точная, приведённая и условная. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании участков с устойчивой номенклатурой отливок. Программа участка служит основанием для проектирования всех отделений. Программа содержит задание на годовой выпуск литья по каждому изделию основной продукции, запасных частей, литья для других заводов и литья для собственных нужд [4].

Имея программу, приступаем к анализу ее состава, целью которого является выявление характера производства.

В соответствии с уточнённой номенклатурой отливок произведём расчёт точной производственной программы при проектировании участка стального литья производительностью 20000 тонн в год.

Точная программа таблица 2.1 составляется при проектировании участков крупносерийного и массового производства с устойчивой номенклатурой отливок.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Таблица 2.1 – Точная производственная программа

Номер отливки	Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1	Патрубок		467,6	2994	1400,00
2	Держатель		371	2695	1000,00
3	Стопор		436	1376	600,00
4	Ограничитель		255	5490	1400,00
5	Тормоз		159	6289	1000,00
6	Улитка		277	7220	2000,00
7	Корпус Р.		197	12183	2400,00
8	Крышка Р.		193	9326	1800,00
9	Патрубок		260	5385	1400,00
10	Рычаг		198	7071	1400,00
11	Крышка		160	10000	1600
12	Корпус		183	10929	2000
13	Плита		176	11364	2000
Всего					20000,00

## 2.2 Режим работы и фонды времени

Для участков алюминиевого литья, где рабочий процесс связан с использованием печей, наиболее рационален двухсменный параллельный режим



работы. При таком режиме работы все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. Это позволяет сократить во времени производственный цикл изготовления отливок, наиболее эффективно использовать оборудование и площади участка, улучшить качество и снизить себестоимость продукции.

Выбор режима работы участка может быть связан и с требованиями охраны труда. Например, операции заливки и выбивки крупных форм осуществляют в ночное время, когда присутствие работающих в цехе минимально.

Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

При проектировании применяют три вида годовых фондов времени работы оборудования и рабочих:

- календарный фонд  $\Phi_k=365 \cdot 24=8760$  ч/год;

номинальный фонд ( $\Phi_n$ ) – это время, в течение которого по принятому режиму - должны работать рабочие и оборудование без учета потерь по времени.  $\Phi_n=4036$  ч/год при двухсменном режиме работы участка.

- действительный ( $\Phi_d$ ), (эффективный) определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь. Они могут быть связаны с плановым или возможным ремонтом оборудования или обслуживания.

При подсчете действительного фонда времени рабочего необходимо учесть различного вида отпуска, потери из-за временной нетрудоспособности, выполнения государственных обязанностей

Фонд действительный ( $\Phi_d$ ) эффективный работы оборудования является расчетным и определяется путем исключения из номинального фонда времени неизбежных потерь. Они связаны с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его [4].

При установлении действительного фонда времени рабочего необходимо учитывать различного вида отпуска, потери из-за временной нетрудоспособности, выполнения государственных обязанностей.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$\Phi_{\text{Д}} = \frac{\Phi_{\text{Н}} \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (10)$$

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

$\alpha$  – потери времени, %

Исходя из опытных данных примем  $\alpha$  равным 10.

$$\Phi_{\text{Д}} = \frac{4036 \cdot (100 - 10)}{100} = 3632 \text{ ч.}$$

### 2.3 Структура цеха

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного производства, должен обеспечить выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных программой, начиная со складов формовочных и шихтовых материалов и кончая грунтовкой отливок.

Плавильный участок цеха чугунного литья производительностью 20000 тони литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режим работы и типа производства.

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

Складские помещения включают склады для хранения шихтовых материалов, склады модельной оснастки, приспособлений и инструментов, огнеупоров, готовой продукции.

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

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 2.4 Плавильный участок

Основа расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла залитые формы, которая составлена на основе программы цеха и данных всех тех-процессов. Ведомость расхода металла на залитые формы представлена в таблице 2.2.

### 2.4.1 Составление баланса металла

В проектируемом участке цехе материалом для отливок служит сталь марки Сталь 35Л ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Но- мер от- ливк и	Наимено- вание от- ливки	Масса от- ливки, кг	Марк а сплав а	Годовая про- грамма		Брак по вине литейного цеха		
				шт	т	%	шт	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Патрубок	467,	Сталь 35Л	2994	1399,99	3	93	43,30
2	Держатель	371		2695	999,85		83	30,92
3	Стопор	436		1376	599,94		43	18,55
4	Ограничи- тель	255		5490	1399,95		170	43,30
5	Тормоз	159		6289	999,95		195	30,93
6	Улитка	277		7220	1999,94		223	61,85
7	Корпус р	197		12183	2400,05		377	74,23
8	Крышка Р	193		9326	1799,92		288	55,67

Продолжение таблицы 2.2

Номер отливки	Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа		Брак по вине литейного цеха		
				шт	т	%	шт	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Патрубок	260		5385	1400,10		167	43,30
10	Рычаг	198		7071	1400,06		219	43,30
11	Крышка	160		10000	1600		309	49,48
12	Корпус	183		10929	2000		338	61,86
13	Плита	176		11364	2000		351	61,86
Всего					20000			618,55

Продолжение таблицы 2.2

Отливается в год		Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
		литников и прибылей	отливки с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
шт	т				
3087	1443,29	220,05	687,65	679,20	2122,49
2778	1030,77	191,12	562,12	531,00	1561,77
1419	618,49	205,18	641,18	291,05	909,54
5660	1443,25	137,31	392,31	777,13	2220,38
6484	1030,88	115,14	274,14	746,50	1777,37
7443	2061,79	149,15	426,15	1110,20	3171,99

Продолжение таблицы 2.2

Отливается в год		Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
шт	т	литников и прибылей	отливки с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
12560	2474,28			1791,72	4265,99
9614	1855,59	139,76	332,76	1343,70	3199,28
5552	1443,40	140,00	400,00	777,22	2220,61
7290	1443,36	132,00	330,00	962,24	2405,59
10309	1649,48	130,91	290,91	1349,58	2999,06
11267	2061,86	132,52	315,52	1493,07	3554,94
11715	2061,92	127,45	303,45	1493,12	3555,04
	20618,37			13345,72	33964,09

Таблица 2.3 – Химический состав стали 35Л

Массовая доля элемента, %				
Углерод	Марганец	Кремний	Фосфор	Сера
			не более	
0,320...0,400	0,400 ... 0,900	0,200...0,520	0,045	0,040

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 2.4)

Металлозавалка рассчитывается по формуле [4]:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (2.2)$$

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

Γ – масса годных отливок, т.;

Б – масса бракованных отливок, т.;

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – сумма потерь металла, т.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$M = \frac{2000 + 13345,72 + 618,55}{100 - 7} \cdot 100 = 36520,72 \text{ т.}$$

Таблица 2.4 – Баланс металла

Наименование статей	Расход сплава	
	%	т
1. Годные отливки	54,76	20000,00
2. Литники и прибыли	36,54	13345,72
3. Брак отливок	1,69	618,55
4. Технологические пробы и опытные отливки	0,50	182,60
5. Сливы и всплески	1,50	547,81
Итого жидкого металла	97,00	34694,68
6. Угар и безвозвратные потери	5,00	1826,036
Металлозавалка	100,00	36520,72

В приложение А представлен расчет шихты для стали марки Сталь 35Л

В таблице 2.5 представлена ведомость расхода шихтовых материалов

#### 2.4.2 Выбор и расчет оборудования плавильного участка

Для проектируемого участка стального литья для плавки сталь 35Л лучше использовать дуговые сталеплавильные печи с основной футеровкой из переклазоуглеродистого огнеупора. Этому способствуют такие преимущества, как: меньший удельный расход электродов на 50...60 %, перемешивание ванны под воздействием электродинамических сил, равномерная тепловая нагрузка на футеровку печи, уменьшение газовыделения и пылеобразования, снижение расхода огнеупоров. В проектируемом участке материалом для отливок служит стальной сплав Сталь 35Л. Это среднеуглеродистая сталь. Сплав обладает

высокими литейными свойствами и герметичностью, имеет высокие механические показатели.

Таблица 2.5 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материалов	Расход материалов по маркам сплава	
	марка сплава	
	%	T
1. Металлическая шихта:		
а) Лом стальной	46,80	17092,28
б) Возврат	40,24	14695,19
в) Чугун передельный ПЛ1 кЛА кат2 ГОСТ805-95	9,00	3286,98
г) Ферросилиций ФС75 А2,5 ГОСТ 1415-93	1,50	547,83
д) Ферромарганец ФМн 78А ГОСТ4755-91	2,46	898,44
Итого	100,00	36520,72
2. Шлакообразующие	3,00	722,28
3. Раскислители	2,00	18,06

Особенностью кислого процесса является ведение плавки под шлаком, содержащим до 65 % кремнезема. Под таким шлаком процессы дефосфорации, десульфурации и диффузионного раскисления затруднены, поэтому шихтовые материалы необходимо подбирать с низким содержанием серы и фосфора. Плавку приходится вести, основываясь на расчете шихты.

Техническая характеристика ДСП-12:

- номинальная вместимость, т 12;
- установленная мощность по трансформатору, МВА 8;
- угар шихтовых материалов % 3,0;
- производительность, т/ч 4,6;
- диаметр графитовых электродов, мм 350.

Расчет вместимости печей для обеспечения потребностей [6]:

$$Q = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{H}}}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (2.3)$$

где  $Q$  – часовая потребность цеха в металле;

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

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности потребления (1,3...1,4) при мелкосерийном производстве и (1,0...1,05) при крупносерийном;

$\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы печи;

$$Q = \frac{36520,72 \cdot 1}{3632} = 10,06 \text{ т/ч.}$$

Расчетное количество печей принимаемых к установке в цехе определяется по формуле [6]:

$$P'_1 = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{н}}}{\Phi'_{\text{д}} * N'_{\text{расч}}}, \quad (2.4)$$

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

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности потребления металла

$\Phi'_{\text{д}}$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N'_{\text{расч}}$  – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации, которая отличается от паспортной на 20%.

$$P'_1 = \frac{36520,72 * 1,1}{3632 * 4,6} = 2,40 \text{ шт.}$$

Число единиц печей, принимаемое к установке на участке, определяется по формуле [6]:

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (2.5)$$

где  $K_3 = 0,7...0,85$  – коэффициент загрузки.

$$P'_2 = \frac{2,40}{0,75} = 3,2.$$

Принимаем, что  $P'_2 = 3$ , округляя его до целой величины. Действительная величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [6]:

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



$$K_{зд} = \frac{P'_1}{P'_{2(\text{целое})}}, \quad (2.6)$$

$$K_{зд} = \frac{2,4}{3} = 0,8$$

Для выплавки Сталь 35Л принимаем к установке три дуговые сталеплавильные печи переменного тока ДСП-12 фирмы ....(не знаю какой фирмы лучше)???

### 2.4.3 Расчет потребности в ковшах

Учитывая емкость печи (12,0 тонн), условия плавки, массу отливок с ЛПС, количество отливок в форме, то средняя металлоемкость формы будет равна 407,56 кг, а число заливок из ковша для стали составляет 6 – 8 форм.

Вместимость заливочного ковша не должна быть меньше максимальной металлоемкости формы, а должна быть равна или кратна ей. Формы заливаем с помощью поворотного ковша, емкостью 1,5 т.

При проектировании учитывается наполнение литейного ковша не более 7/8 (88 %) при этом 5 % от объема расплава дополнительно предусмотрено под шлак, расчетная толщина футеровки не менее 120 мм. Цапфы рассчитаны с 8 кратным запасом прочности.

Выбираем раздаточный ковш емкостью 2 тонны и разливающий ковш емкостью 1 тонна. В проектируемом участке цеха ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900°С.

Число ковшей необходимых для обеспечения металлом данного потока определяется по формуле [7]:

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$n_k = \frac{g'_{me} * \tau_{ц.к.} * K_n}{g_k}, \quad (2.7)$$

где  $n_k$  – число ковшей определенной металлоемкости, находящихся одновременно в работе, шт.;

$g'_{me}$  – потребность в металле для заполнения готовых форм из такого ковша, т/ч;

$\tau_{ц.к.}$  – время оборота работающего ковша, ч;

$g_k$  – металлоемкость ковша, используемая для заполнения литейных форм, т;

$K_n$  – коэффициент неравномерности потребления металла ковшом;

Потребность в металле будет равна часовой потребности цеха в металле [7]:

$$g'_{me} = \frac{B_r}{\Phi_d}, \quad (2.8)$$

Рассчитываем часовую потребность участка в металле [7]:

$$g'_{me} = \frac{36520,72}{3632} = 10,06 \text{ т/ч.}$$

Время оборота ковша складывается из времени заполнения ковша металлом, транспортировки его до места заливки, времени разливки металла, возвращения ковша под новое заполнение, слива остатка и ожидания заполнения ковша.

Принимаем  $\tau_{ц.к.} = 0,67$  ч.

Коэффициент неравномерности потребления металла ковшом будет больше, чем при расчете количества плавильных печей, и его можно брать в пределах 1,3...1,7. Принимаем  $K_n = 1,5$

Подставляя в формулу найденные значения, получим:

$$n_k = \frac{10,06 * 0,67 * 1,5}{1,5} = 6,74 \approx 7 \text{ шт.}$$

Работающий ковш постепенно выходит из строя из-за механического разрушения футеровки носка, краев, а также разъедания внутренней футеровки металлом и шлаком. Поэтому периодически ковш возвращается на ремонт футеровки. Число

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течении года, устанавливается формулой [7]:

$$n_{к.р} = \frac{n_k * \tau_{рем.к.} * K_H * n_p}{\Phi_p}, \quad (2.9)$$

где  $n_{к.р.}$  – число ковшей, находящихся в ремонте в течении года, шт.;

$n_k$  – число ковшей определенной металлоемкости в работе;

$\tau_{рем.к.}$  – общая длительность цикла ковша (8-18) часов;

$n_p$  – число ремонтов ковша в год;

$K_H$  – коэффициент неравномерности поступления ковшей в ремонт;

$\Phi_p$  – фонд рабочего времени ремонтных рабочих.

Длительность ремонтного цикла ковша невелика и связана с вместимостью, методом восстановления футеровки, длительностью сушки и разогрева ковша, а также зависит от вида заливаемого сплава. Принимаем  $\tau_{рем.к.} = 12$  ч. Рабочий цикл ковша от ремонта до ремонта складывается из оборота ковша и числа наливов, которые выдерживает его футеровка. Стойкость ковшей для разливки стальных сплавов составляет 20 ремонтов в год. Принимаем  $n_p = 20$ .

Подставляя в формулу найденные данные, находим

$$n_{к.р} = \frac{7 * 12 * 1,5 * 20}{1610} = 1,56 \approx 2 \text{ шт.}$$

Объем раздаточного ковша. Расплав из печи сливается в ковш, емкостью 6 тонн. Чтобы обеспечить металлом данный поток, определим количество раздаточных ковшей по формуле (2.7).

$$n_k = \frac{10,06 * 0,67 * 1,5}{6} = 1,68 \approx 2 \text{ шт.}$$

Работающий ковш постепенно выходит из строя из-за механического разрушения футеровки носка, краев, а также разъедания внутренней футеровки металлом и шлаком. Поэтому периодически ковш возвращается на ремонт

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

футеровки. Число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течении года, устанавливается по формуле (2.9).

$$n_{к.р} = \frac{2 * 12 * 1,5 * 20}{1610} = 0,447 \approx 1 \text{ шт.}$$

Исходя из того, что один ковш находится в ремонте, примем количество раздаточных ковшей равное 4 штукам.

#### 2.4.4 Организация работы плавильного участка

Плавильный участок литейного цеха располагается в торце здания. На основном этаже, где происходит выдача жидкого металла на заливку, размещаются все рабочие места, пульта управления, механизмы оборудования, запорную и регулирующую арматуру и другие узлы оборудования, требующие постоянного наблюдения и обслуживания рабочими. Точки обслуживания расположены на уровне роста человека.

Основное плавильное оборудование расположено так, чтобы обеспечить минимальное расстояние транспортировки жидкого сплава от них к потребителям. Пульта управления расположены рядом с рабочими местами, чтобы обеспечить возможность визуального наблюдения с пульта за основными узлами агрегата и действиями рабочих. Ковшовые участки, стенды для подогрева ковшей, размещают в зоне действия подъемно-транспортного оборудования.

Шихтовые материалы завозят в цех железнодорожным транспортом. Склад и участок навески шихты находятся в одноэтажном пролете, который обслуживают два мостовых крана со съемными магнитом и грейфером.

Бетонные раздаточные закрома заполняют кусковыми шихтовыми материалами с помощью мостового крана с магнитной шайбой. Затем специальный мостовой кран с магнитной шайбой набирает различные кусковые компоненты шихты и загружает их в воронку-весы, где взвешивается колоша для завалки печи.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

В эту же воронку могут быть загружены ферросплавы из отдельных контейнеров с помощью весовых дозаторов.

Шихтовые материалы подаются в печь при помощи загрузочной установки. Установка содержит загрузочный бункер, передвигаемую по рельсовому пути передвижную виброзагрузочную машину с устройством для загрузки шихты, загрузочным лотком, вибрационным механизмом. Установка обеспечивает надежность и высокую степень механизации загрузки шихтовых материалов в индукционную печь.

Жидкий чугун отбирается из печи в ковши и транспортируется на заливку передаточной тележкой [8].

## 2.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Форма изготавливаются на автоматической формовочной линии фирмы HWS (Германия) с формовочной машиной HSP-4D проходного типа, Seiatsu процессом, где смесь уплотняется методом уплотнения воздушным потоком с последующим прессованием, производительность формовочной линии 22 форм в час. Габариты опоки 1250x1000 мм. Все основные операции на данном агрегате (очистка и смазка модельной плиты, формообразование, съем полуформы, сборка форм) автоматизированы.

Для улучшения качества поверхности форм и отливок в литейном производстве применяются вспомогательные составы. К ним относят пасты, замазки, противопригарные краски, клеи, разделительные покрытия. Противопригарные краски представляют собой суспензию, состоящую из мелкодисперсного огнеупорного наполнителя (циркон, магнезит, электрокорунд), стабилизатора, обеспечивающего равномерное распределение частиц огнеупорного растворителя, обеспечивающего низкую вязкость связующего материала

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

(синтетические смолы, жидкое стекло) и специальных добавок с высокой текучестью, облегчающих перемешивание.

Изготовление отливок происходит в песчано-глинистой форме.

Состав формовочной смеси представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Состав формовочной смеси

Компонент смеси	Количество
Оборотная смесь	91,0...96 % мас;
Кварцевый песок ГОСТ 2138-91	3,0...7,0% мас;
Бентонитовая глина ГОСТ 28177-89	1,2...3,0 % мас;
Добавки крахмалистые	0,8...2,0 % мас.

Свойства формовочной смеси:

-прочность при сжатии	0,15...0,19МПа;
-влажностное содержание	3,1...3,5%;
-газопроницаемость	более100 ед.
-Содержание активного бентонита	7,0...8,0 %;

Таблица 2.7 – Ведомость изготовления и сборки форм

№ п/п	Наименование отливки	Отливается в год отливок, шт	Внутренний размер опок в/н, мм	Кол-во отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
1	2	3	4	5	6
1	Патрубок	3087	1250x1000x300/300	1	3180
2	Держатель	2778		1	2861
3	Стопор	1419		1	1462
4	Ограничитель	5660		1	5830

Продолжение таблицы 2.7

№ п/п	Наименование отливки	Отливается в год отливов, шт	Внутренний размер опок в/н, мм	Кол-во отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт	
1	2	3	4	5	6	
5	Тормоз	6484	1250x1000x300/300	2	6679	
6	Улитка	7443		2	7666	
7	Корпус Р.	12560		2	12937	
8	Крышка Р.	9614		2	9902	
9	Патрубок	5552		2	5719	
10	Рычаг	7290		2	7509	
11	Крышка	10309		2	10618	
12	Корпус	11267		2	11605	
13	Плита	11715		2	12066	
	Итого:	95117				98032

Продолжение таблицы 2.7

№ п/п	Наименование отливки	Объем для одной формы, м <sup>3</sup>					Объем формовоч- ной смеси на годовую программу.	Тип линии
		опок	зали- того ме-	стерж- ней	Уплот- ненной формо- вочной смеси			
1	2	7	8	9	10	11	12	
1	Патрубок	0,75	0,096	0,0032	0,65	2122,489994	HSP-4D	
2	Держатель		0,089	0,025	0,64	1561,769759		
3	Стопор		0,093	0,29	0,64	909,5451789		
4	Ограничитель		0,078	0,013	0,65	2220,38065		
5	Тормоз		0,079	0,014	0,65	1777,374689		
6	Улитка		0,08	0,02	0,64	3171,990484		
7	Корпус р		0,077	0,031	0,63	4265,998934		
8	Крышка Р		0,075	0,013	0,62	3199,28546		
9	Патрубок		0,081	0,025	0,64	2220,618557		
10	Рычаг		0,073	0,015	0,61	2405,597938		
11	Крышка		0,078	0,018	0,62	2999,06		
12	Корпус		0,072	0,014	0,60	3554,94		
13	Плита		0,07	0,012	0,60	3555,04		
	Итого:					33964,09		



Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси, составляют ведомость изготовления и сборки форм.

Расчетное число автоматических формовочных линий HSP-4D определяется по формуле [6]:

$$P'_1 = \frac{n}{K_3 \cdot \Phi_d \cdot N_{\text{расч}}}, \quad (2.10)$$

где  $n$  – годовое число форм, изготавливаемых на линии, шт.;

$\Phi_d$  – действительный фонд времени формовочного оборудования, ч;

$N_{\text{расч}}$  – расчетная производительность формовочного оборудования, шт/ч;

$K_3$  – 0,94...0,96 – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

Принимаем  $K_3 = 0,95$

Производительность линии HSP-4D – 22 форм/ч.

$N_{\text{расч}} = 22 \cdot 0,95 = 21$  форм/ч.

Подставляя в формулу полученные значения, находим:

$$P'_1 = \frac{98032}{0,95 \cdot 3632 \cdot 21} = 1,35 \text{ шт.}$$

Количество единиц формовочного оборудования, принимаемое к установке в цехе  $P'_2$ , рассчитывается по формуле:

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_{3\text{ф}}}, \quad (2.11)$$

где  $K_{3\text{ф}}$  – коэффициент загрузки формовочного оборудования ( $K_{3\text{ф}} = 0,7-0,85$ ).

$$P'_2 = \frac{1,35}{0,8} = 1,69$$

Принимаем  $P'_2 = 4$ .

Определяем действительный коэффициент загрузки  $K_{3\text{ф}}$  из формулы (2.6), при чем он должен быть не больше  $K_3$ , т.е.  $K_3 \leq K_{3\text{ф}}$

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$K_3 = \frac{1,35}{1,69} = 0,79$$

Таким образом, принимается три автоматических линии с коэффициентом загрузки равным 0,79.

## 2.6 Организация работ плавильного и формовочного отделения

В современных литейных цехах производство отливок в песчано-глинистые формы осуществляется в определенной технологической последовательности рабочими различных профессий. Такое разделение технологического процесса на отдельные операции позволяет в большей степени механизировать производство отливок, значительно повысить объем их выпуска, качество и снизить себестоимость.

Проектируемый участок имеет габаритные размеры 42000 x 18000 мм. Установлено 3 дуговых сталеплавильных печей, емкостью 12 тонн каждая, 1 автоматическую формовочную линию НСП-4D. Со складов шихта с помощью передаточных тележек доставляется в плавильное отделение. Плавка осуществляется в дуговых печах переменного тока. После плавки металл сливается в раздаточные ковши, из раздаточных ковшей металл сливают в разливочные ковши. До формы разливочные ковши доставляются с помощью мостовых кранов, грузоподъемностью 10 тонн. Разливка осуществляется поворотными ковшами. После заливки формы поступают на охлаждение, затем на выбивку и обрубку. Финальной операцией является механическая обработка полученной отливки. Механическая обработка проводится с целью получения товарного вида у изготовленной отливки, что способствует повышению спроса у потребителей и повышению её стоимости.

Для проведения анализа свойств металла во время плавки, на проектируемом участке предусматривается экспресс-лаборатория. Размещается она

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

непосредственно в производственных отделениях, с целью проверки химического состава, температуры.

На участке предусмотрен резервный кран на случай выхода из строя основного. На участке имеется зона ремонта футеровки и ковшей. Данный участок удовлетворяет современным требованиям литейного производства.

### 3 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

#### 3.1 Анализ технологического изготовления отливки

Деталь не испытывает значительных механических нагрузок и имеет достаточное несложную конфигурацию, поэтому изготавливается из стали 35Л ГОСТ 977-88 обычного качества.

Анализ чертежа детали показывает, что конструкция её достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок. Наружная поверхность детали имеет простую геометрическую форму, не имеет поднутрений и обратных уклонов, рёбра жесткости легко оформляются при формовке.

Анализируя технические условия, приходим к выводу, что все они выполнимы при изготовлении отливок из стали 35Л.

#### 3.2.Выбор способов изготовления отливки и его обоснование

Анализ технологичности отливки «Патрубок» позволяет сделать выводы о возможности изготовления её в песчано-глинистую форму. При изготовлении отливок данной массы и габаритов песчано–глинистая форма является наиболее экономичной, обеспечивая выполнение всех требований технических условий к качеству детали. Поскольку отливка относится к категории машиностроительного

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

литья, уровень точности, достигаемый при литье в землю, будет вполне достаточным.

По условиям технического задания производство данной отливки является крупносерийным (20000 отливок в год). Для такого характера производства рекомендуется применение наиболее современных способов формообразования. В качестве такого процесса выбираем изготовление песчано-глинистых форм по SEATSU-процессу (уплотнение воздушным потоком с последующей подпрессовкой). Этот способ обеспечивает высокое качество литейных форм, их высокую размерную точность. [9].

### 3.3 Выбор положения отливки в форме

От положения отливки в форме в период затвердевания зависит качество и плотность металла отливки, возможность появления дефектов, количество стержней, необходимых для оформления внутренних полостей отливки.

При выборе положения данной отливки в форме во время заливки и затвердевания решающими являются следующие рекомендации:

- тело вращения лучше заливать вертикально (ось вращения тела должна быть перпендикулярна плоскости разъема формы);
- для отливок-тел вращения металл нужно подводить по возможности по касательной к поверхности, не допуская встречных потоков в форме;
- положение отливки в форме должно обеспечить минимальное количество стержней;
- выбранное положение отливки в форме должно обеспечивать принцип направленного затвердевания;
- положение отливки в форме должно быть таким, чтобы литниковая система оформлялась наиболее просто, желательно по плоскости разъема формы;

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

- ответственные обрабатываемые поверхности нужно располагать внизу, что уменьшит их брак по засорам и неметаллическим включениям.

Рассмотрев, все возможные варианты расположения отливок, наилучшее положение отливки, для соблюдения данных условий, является расположение патрубка осью вращения вертикально, что позволит получить полость под отливку в одной полуформе, обеспечит принцип направленного затвердевания, наиболее равномерную и спокойную заливку формы, использование всего двух стрежней простой формы, легко оформить литниковую систему, расположить почти все обрабатываемые поверхности согласно рекомендациям. Только одна поверхность располагается сверху, но на ней расположена прибыль, в которую будут всплывать засоры и неметаллические включения.

### 3.4 Определение поверхности разъема

Выбранная поверхность разъёма формы должна обеспечивать удобство формовки и сборки литейной формы с точки зрения простоты процесса и экономии времени, минимальное влияние смещения полуформ на качество отливки. При выборе поверхности разъёма руководствуются общепринятыми рекомендациями:

- для повышения точности отливки следует располагать её в одной, лучше нижней полуформе;
- при выбранной поверхности разъёма модель должна свободно извлекаться из формы;
- необходимо использовать все меры для уменьшения количества стрежней;
- поверхность разъёма должна быть по возможности плоской;
- фиксирование стрежней должно осуществляться в нижней полуформе.

Рассмотрев все возможные варианты поверхности разъём, качестве поверхности разъёма формы выбираем плоскость, проходящую через наружный край опоры, перпендикулярно оси симметрии. Такой вариант наиболее полно

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

удовлетворяет вышеуказанными рекомендациям. Он обеспечивает свободное извлечения моделей из форм, использование двух стрежней (один- центральный и один-круговой), получение одной плоской поверхности разъёма формы и модели, позволяет изготавливать отливку в нижней полуформе, а верхней полуформе изготавливается литниковая система и прибыль.

### 3.5 Определение припусков на механическую обработку

Припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ 53464-2009 [10].

Для определения припуска на механическую обработку на каждую поверхность первоначально необходимо определить общий допуск на соответствующий размер, который включает в себя основной допуск (допуск размера), определяемый из таблицы 1 ГОСТ Р 53464-2009, и дополнительный допуск формы и расположения в зависимости от степени коробления из таблицы 2 ГОСТ Р 53464-2009, а также допуск неровностей в зависимости от степени точности поверхности из таблицы 3 ГОСТ Р 53464-2009. В технических условиях чертежа заданы класс размерной точности 9 и класс точности масс 7, поэтому степень коробления и степень точности поверхности необходимо задать самостоятельно из таблицы Б.1 приложения Б ГОСТ Р 53464-2009 и таблицы В.1 приложения В ГОСТ Р 53464-2009 соответственно.

Для данной отливки отношение наименьшего размера элемента к наибольшему составляет 0.002. Учитывая, что отливка из стали изготавливается в разовую форму и подвергается термообработке, степень коробления составляет 7.

Степень точности поверхности задаем, исходя из способа изготовления литейной форм (литье в песчано-глинистые сырые формы из смесей с влажностью от 2.8 до 3.5% и прочностью от 120 до 160 кПа со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 единиц), наибольшего габаритного размера отливки (910 мм),

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и типа сплава (термообрабатываемые стальные сплавы). С учетом средней сложности отливки, изготавливаемой в условиях массового производства, степень точности поверхности составляет 14. Таким образом, точность отливки 9-7-14-9 ГОСТ Р 53464-2009.

Основной допуск для 9 класса размерной точности для торцевых поверхностей составляет 3.2 мм. Допуск формы поверхностей для 9 степени коробления 0.8 мм.

Допуск неровностей поверхности для 14 степени точности поверхности составляет 1,0 мм. Общий допуск 4,4. Учитывая рекомендации таблицы И.1 приложения И ГОСТ Р 53464-2009, для допуска размера 4,4 мм и допуска формы и расположения поверхности 0,8 мм общий допуск элемента отливки должен быть не более 5 мм.

В зависимости от степени точности поверхности определяем также ряд припуска на механическую обработку по таблице Е.1 приложения Е ГОСТ Р 53464-2009. Для стальной отливки со степенью точности поверхности 14 принимаем ряд припуска на мехобработку 3,3.

Учитывая шероховатость обработанной поверхности, заданной на чертеже детали, определяем вид механической обработки по табл. 4.3-получистовая.

По табл. 4.4 определяем припуск на механическую обработку 3.3 мм.

### 3.6 Определение формовочных уклонов

Формовочные уклоны определяются по ГОСТ 3212-92. Они назначаются с учетом высоты формообразующей поверхности, способа литья, который применяется при изготовлении данной детали и материала модельного комплекта.

Отливка изготавливается в песчано-глинистой форме. Модели выполняются из алюминиевого сплава АК-12 (ГОСТ 1583-93).

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Формовочные уклоны, в соответствии с ГОСТ 3212-92, для отливки «Патрубок», в зависимости от высоты формообразующей поверхности, составит 10'.

### 3.7 Определение размеров стержневых знаков

Размер стержневых знаков определяются по ГОСТ 3212-92. В производстве данной отливки применяется два стержня вертикального расположения и один кольцевого расположения. Согласно ГОСТ 3212-92 для вертикального стержня высотой 160 мм и диаметром 600 мм высота нижнего (опорного) знака составит 40 мм, высота верхнего знака составит 20 мм зазоры между стержнем и формой для металлического комплекта оснастки 0,7 мм для верхнего знака и 0,8 для нижнего знака. Уклоны на знаках согласно ГОСТ 3212-92 составляют для низа 7°, для верха 15°. Для кольцевого стержня высотой 92 мм и диаметром 540 мм высота нижнего и верхнего (опорного) знака составляет 60 мм и 30 мм соответственно.

### 3.8 Выбор типоразмера опок

Размеры используемых опок определяются размерами формуемых отливок, числом отливок в форме, расположением и размерами прибылей и литниковой системы, размерами стержневых знаков.

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличения затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.п.

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 1 отливки в форме.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



После выбора опок в свету подбирают размер по высоте. Желательно применять верхнюю и нижнюю опоки равными по высоте. Высота опок определяется высотой отливки, выбором места разъема, наличием прибылей и литейной воронки.

Рекомендуемые толщины формовочной смеси на различных участках формы приведены в таблице 2 [10].

Таблица 2 – Рекомендуемые толщины формовочной смеси

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки	от модели до стенки опоки	между стояком и стенкой опоки	между моделью и шлакоуловителем
501–1000	150	200	90	-	120

Окончательно получаем размеры опок: 1250 x 1000 мм.

### 3.9 Разработка конструкции и расчет прибылей

Для определения объёма прибылей применим методику Й.Пржибыла. Объём прибыли согласно методики вычисляется по формуле[12]:

$$V = V_0 * \frac{\beta \varepsilon_v}{1 - \beta \varepsilon_v}; \quad (3.1)$$

где  $\beta$ -отношение объёма прибыли к объёму усадочной раковины, для закрытой прибыли работающей в атмосферном давлении  $\beta=9$ ;

$\varepsilon_v$ -часть объёмной усадки, участвующая в образовании усадочной раковины, для углеродистой стали

$$\varepsilon_v = 0.045;$$

$V_0$  – объём питаемого узла.

При определении объёма питаемого узла учтём только узел на стыке диска и опоры и внутреннего обода. Объём данного узла равен:

$$V_0 = 0,0599 * \left(\frac{0,405}{0,595}\right) = 0,0408\text{м}^3.$$

Для данного узла объём прибыли составляет  $0,0599\text{ м}^3$ . Из чертежа «элементы литейной формы» видно, что такая конструкция технологична. Отсутствие острых углов и цилиндрическая вершина прибыли могут с высокой степенью вероятности гарантировать качественный отпечаток в форме более чистый металл отливки. Рассчитаем технологический выход годного (ТВГ) [12]:

$$\text{ТВГ} = \frac{V_0}{(1-\varepsilon_v)*(V_0+V_{\text{п}})} * 100\%; \quad (3.2)$$

где  $V_0$  – объём отливки;

$V_{\text{п}}$  – объём прибыли;

$\varepsilon_v$ - часть объёмной усадки, участвующая в образовании усадочной раковины.

$$\text{ТВГ} = \frac{0,059}{(1 - 0.045) * (0,0599 + 0,0408)} * 100\% = 61\%;$$

Для мелкого стального литья рекомендуемые значения ТВГ составляет 59...68%. Полученный ТВГ в данной технологии можно считать оптимальным, потому что он выше рекомендуемого значения ТВГ.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

### 3.10 Разработка конструкций и расчет литниковой системы

Наиболее простым и экономичным способом подвода металла в полость является подвод металла по разъему. Применительно к данной отливке и выбранному положению ее при заливке подвод металла по разъему способствует созданию условий для направленного затвердевания отливки.

Для определения размеров каналов литниковых систем воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша.

Оптимальную продолжительность заливки формы определим по формуле [12]:

$$\tau_{\text{опт}} = S_1 \sqrt[3]{\delta G}; \quad (3.3)$$

где  $\tau_{\text{опт}}$  - оптимальная продолжительность заливки, с;

$S_1$  – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от температуры заливки, рода сплава, места подвода, материала формы и ряда других факторов

$$S_1 = 1.4;$$

$\delta$  – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

$G$  - масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку в форме, кг.

Вычислим массу жидкого металла:

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{л.с.}} + G_{\text{пр}}; \quad (3.4)$$

где  $G_{\text{отл}}$  – масса отливки,

$G_{\text{л.с.}}$  – масса литниковой системы

$G_{\text{пр}}$  -масса прибыли

$$G_{\text{отл}} = 467,6 \text{ кг.}$$

Массу прибыли вычислим по формуле:

$$G_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} * \rho_{\text{Ме}} = 0,0408 * 7200 = 293,76 \text{ кг.}$$

Массу литниковой системы примем 10% от массы отливки.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$G_{л.с.} = 467,6 * 0.1 = 46,76 \text{ кг.}$$

Вычислим оптимальное время заливки по формуле (3.3):

$$\tau_{\text{опт}} = 1.4 * \sqrt[3]{25 * 808,12} = 38 \text{ с.}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня металла в форме в процессе заливки  $V_{\text{ср}}$  по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (3.5)$$

где  $C$  - высота отливки над питателями;

$V_{\text{доп}}$  – минимально допустимая скорость подъема уровня металла в форме  
(для  $\delta = 10 \text{ мм}$ ,  $V_{\text{доп}} = 20 \dots 10 \text{ мм/с}$ )

Высота отливки  $C = 130 \text{ мм}$ .

По формуле (3.5):

$$V_{\text{ср}} = \frac{340}{38} = 8,95 \text{ мм/с.}$$

Следующий этап – расчёт узкого места.

Суммарная площадь самого узкого сечения литниковой системы находится по формуле:

$$F_{\text{уз.ф}} = \frac{G}{\tau_{\text{опт}} \rho \mu_{\text{ф}} \sqrt{2gH_{\text{ср}}}}; \quad (3.6)$$

где  $F_{\text{уз.ф}}$  – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы на одну отливку,  $\text{м}^2$ ;

$\mu_{\text{ф}}$  – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы, для сырых форм с большим сопротивлением 0,42;

$H_{\text{ср}}$  – средний металлостатический напор в форме, вычисляется по формуле:

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2C}; \quad (3.7)$$

где  $H$  – высота от воронки до питателей;

$P$  – высота отливки над питателями;

$C$  – высота отливки по положению в форме.

В нашем случае отливка находится в двух полуформах, следовательно высота от воронки до питателя будет равна высоте второй полуформе  $H = 300$  мм, тогда средний металлостатический напор в форме вычисляется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H$$

$$H_{\text{ср}} = 300 \text{ мм.}$$

Рассчитаем самое узкое сечение литниковой системы по формуле (3.6):

$$F_{\text{уз.ф}} = \frac{808,12}{32 \cdot 7200 \cdot 0,32 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3}} = 45,2 \text{ см}^2.$$

В производстве мелких (до 100 кг) отливок из стали применяют сужающиеся (заполненные) литниковые системы. Для сужающихся литниковых систем  $F_{\text{уз.ф}}$  является суммарным сечением питателей для отливки. При подводе металла к отливке через один питатель его площадь равна площади узкого места. Так как в форме будет располагаться 1 отливки, то суммарная площадь питателей будет равна

$$\sum F_{\text{пит}} = F_{\text{уз.ф}} = 45,2 \text{ см}^2.$$

Для заполненных литниковых систем при производстве мелких стальных отливок:

$$\sum F_{\text{пит}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,2; \quad (3.8)$$

где  $\sum F_{\text{пит}}$  – суммарная площадь питателей;

$\sum F_{\text{шл}}$  – площадь шлакоуловителя;

$\sum F_{\text{ст}}$  – площадь сечения стояка.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Соотношение (3.7) должно выполняться для всей формы. Тогда площадь шлакоуловителя и стояка:

$$\sum F_{\text{шл}} = 49,72 \text{ см}^2;$$

$$\sum F_{\text{ст}} = 54,24 \text{ см}^2;$$

Зададимся сечениями питателей, шлакоуловителя и стояка.

Выберем нормальный тип питателя в сечении трапециевидной формы.

Площадь трапеции найдем по формуле

$$F_{\text{пит}} = \frac{a+b}{2} * h; \quad (3.9)$$

отсюда:

$$F_{\text{пит}} = \frac{a + 0.8a}{2} * a;$$

$$a = \sqrt{\frac{59,6}{0.9}} = 5,9 \text{ см}$$

Тогда  $b = 0.8 * a = 41 \text{ мм}$ ;

Сечение шлакоуловителя представляет трапецию и его площадь определяется по формуле,

$$F_{\text{шл}} = \frac{a+b}{2} * h; \quad (3.10)$$

$$F_{\text{шл}} = \frac{a+0.8a}{2} a;$$

тогда:

$$a = \sqrt{\frac{F_{\text{шл}}}{0.9}} = \sqrt{\frac{65,56}{0,9}} = 8,1 \text{ см},$$

тогда  $b = 0.8 \cdot a = \text{мм}$ ;  $h = a = 65 \text{ мм}$ .

Площадь сечения стояка определим по формуле:

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$F_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.11)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ст}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 71,52}{3,14}} = 9,5 \text{ см}$$

### 3.11 Выбор составов формовочных, стержневых смесей и противопригарных красок

Изготовление данной отливки происходит в песчано-глинистой форме, форма изготавливается по SEATSU-процессу. Для стальных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуется следующий состав формовочной смеси:

- обратная смесь.....92...95%масс;
- песок 2К<sub>2</sub>О<sub>2</sub>03 ГОСТ 2138 – 91.....5...8%масс;
- бентонитовая глина П<sub>1</sub>Т<sub>2</sub>ГОСТ 28177 – 89.....1.2...2.0%масс;
- крохмалитова добавка.....0.05...0.1%масс;

#### Свойства формовочной смеси:

- при сжатии.....0.16...0.21МПа;
- лагосодержание.....3.1...3.3%;
- газопроницаемость, не менее.....100 ед.;
- содержание мелочи.....11...13%;
- активного бентонита.....7.0...8.0%.

Практика производства формовочных смесей на основе бентонитовых глин показывает, что есть два способа введения глины в формовочную смесь: в виде порошка и в виде водной суспензии. Причём, исходя из технологических особенностей SEATSU-процесса, применение бентонитовых суспензий, весьма затруднено: данная формовочная смесь характеризуется высокими прочностными характеристиками, что связано с использованием высококонцентрированных

бентонитовых суспензий, однако суспензии таких бентонитов уже при содержании 10...12 масс. % твердой фазы образуют высоковязкие структуры, что не позволяет перекачивать их по трубам. Поэтому в рамках данного технологического процесса будет использоваться введение бентонита в виде порошка.

Целесообразно использовать турбинный смеситель SAM-12 фирмы GEORG FISCHER-DISA. Принцип его работы заключается в следующем: в емкости смесителя вращается турбина, к которой прикреплен приводимый во вращение индивидуальным двигателем венец в виде набора звездочек с четырьмя зубьями.

Технические характеристики смесителя SAM-3:

- Производительность – 30 т/час;
- Объем однократной загрузки – 750 кг;
- Время смешения – 90 с;
- Мощность привода: ротора – 45 кВт.
- Порядок подачи компонентов в смеситель:
- Обратная смесь;
- Песок кварцевый;
- Бентонит;
- Уголь;
- Мазут.

Порядок приготовления: сухие компоненты (обратная смесь и песок кварцевый) перемешать в течение 20...30 с, затем засыпается бентонит, потом подается вода. Общая продолжительность перемешивания – не менее 90 с.

При недостаточной прочности смеси увеличить время перемешивания. При недостаточной газопроницаемости – увеличить освежение песком. При избыточной прочности уменьшить содержание глины в суспензии.

Для изготовления стержней выбран ВЕТА-SET процесс. Связующим для него является щелочной резольный полифенолят, отвердителем – метилформиат. Для этого процесса характерно хорошее качество литой поверхности, малое

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



термическое расширение смеси, благоприятная экологическая обстановка на рабочих участках, отсутствие азота и серы в связующем. Состав стержневой смеси приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав стержневой смеси по ВЕТА-SET процессу

Компоненты смеси	Количество
Песок 1К <sub>1</sub> О <sub>3</sub> 025 ГОСТ 2138-91	100 % масс.
Щелочной полифенолят	2,0... 1,8 масс.% сверх 100 масс.% песка
Отвердитель метилформиаат	35 масс.% от массы связующего

Свойства стержневой смеси:

- прочность при растяжении через 1 час.....0,6...0,8 МПа;
- прочность при растяжении через 4 часа.....1.2...1.4 МПа;
- прочность при растяжении через 24 часа.....1.5...1.8 МПа;
- газотворность.....менее 15 см<sup>3</sup>/г;
- осыпаемость через 24 часа.....менее 0,1%;
- живучесть.....5...6 мин;

При формовке неизбежна адгезия (приливание) формовочной смеси к оснастке, которая приводит к износу оснастки и разрушению поверхности форм. Уменьшение адгезии достигается при применении разделительных смазок. Для песчано-глинистых смесей «по-сырому» рекомендует следующий состав разделительной смазки, приведенный в таблице 2.

С целью предупреждения пригара на необрабатываемых поверхностях детали следует применять противопопригарное покрытие стержней. Возможно применение покрытий, выпускаемых централизованно, либо получение покрытий в самом цехе. Выбор второго варианта неизбежно усложняет схему технологического процесса, что нежелательно. Поэтому для окраски стержней используем водное

покрытие Zirkopal на основе циркониевого силиката фирмы Uralchimplast Huttenes-Albertus.

Таблица 2 - Состав разделительной смазки

Компонент	Содержание, в %
Машинное масло	85...90
Графит серебристый (ГОСТ 5279-74)	10...15

#### 4 ВЕТА-SET ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ. ЕГО ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Разработан фирмой Borden (Англия) в начале 80-х годов. Суть процесса состоит в отверждении полифенолятов путем продувки смеси в оснастке парообразным эфиром-метилформиатом- в токе инертного носителя(воздуха или CO<sub>2</sub>). При ВЕТА-SET- процессе используется аналогичное связующее щелочной резольный полифенолят. Для отверждения метилформиат (метилловый эфир муравьиной кислоты) HCOOCH<sub>3</sub> прозрачная бесцветная жидкость со сладковатым эфирным запахом, Устойчив на воздухе, легко воспламеняется, обладает слабо выраженным обще используется наркотическим действием. ПДК на пары метилформиата в воздухе рабочей зоны в России не установлены, что свидетельствует не столько о его мало токсичности, сколько о неостребованности вплоть до последнего времени в качестве продукта большой химии. отверждение смеси осуществляется парами метилформиата в холодной оснастке к достоинствам технологии относится хорошее качество литых поверхностей (сталь, чугун, цветные сплавы), отсутствие N и S в связующем, незначительное термическое расширение смеси, относительная влагуостойчивость и др.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

По сравнению с дорогостоящими технологиями для массового и крупносерийного производства (Col-hox-amin, RC и др.) данная технология может находить применение для небольших серий стержней, хотя она не может сравниться с ними по прочности сразу после продувки и окончательной при одновременности отверждения стержня по всему объему. К достоинствам Бета-сет-процесса относят хорошее качество поверхности отливок из стали, чугуна и цветных сплавов, отсутствие в связующем азота, незначительное термическое расширение смеси, относительную влагостойкость и улучшенную выбиваемость стержней. Отмечены экономические преимущества процесса при изготовлении стержней небольшими сериями. Примерами импортных материалов служат ВЕТА-SET В 1 и метилформат ВЕТА-SET ВН 50 (Furten-bach, Австрия). В России материалы для этой технологии поставляются фирмой ООО «Эктис-2» (г. Дзержинск). Для крупносерийного или массового производства производится смола того же типа с отверждением стержней путем продувки их газообразным метилформиадом («Бета-сет»-процесс) Эти смолы называются АЛКАСЕТ СВ и АЛКАФЕНСВ (Уралхимпласт). Связующим является смола. Метилформиад (метилловый эфир муравьиной кислоты)НСОО-Снз прозрачная бесцветная или светло-желтая жидкость с температурой кипения 31,5°С и температурой вспышки минус 19°С. Щелочная резольная фенолоформальдегидная. В состав смеси входит 10- 2 мас.ч связующего на 100 мас.ч. Кварцевого песка или 0,7-1 мас.ч. для смеси на основе циркона или хромита. Содержание связующего в указанных пределах зависит от типа песка-формы зерен, содержания мелких фракций, глинистой составляющей, требуемой прочности. При использовании регенерата его показатель ППП (потери при прокаливании) должен быть не выше 2%. Более высокий показатель требует применения большего количества связующего, что понижает текучесть и повышает вероятность образование дефектов отливок.

Приемлемо любое качественное уплотнение смеси ручное, и пескострельное, пескодувное, вибрационное. Перемешивания не должны приводить к существенной

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

потере влаги. Потеря влаги снижает текучесть. Живучесть приготовленной смеси в среднем составляет 4 ч, для ее повышения нужно избегать потери влаги или излишков загрязняющих примесей. Рекомендуется изготавливать стержни массой до 20 кг. Оптимальные прочностные свойства получаются при использовании кварцевого песка марок 1К1О302 или 016 при влажности не более 0,5- 1 %. Прочностные свойства смеси в отличие от других типов ХТС мало зависят от длительности влажности песка от содержания нем окислов щелочных щелочноземельных металлов, от влажности воздуха при хранении стержней. Живучесть зависит от температуры и условий хранения. Из опыта работы следует, что прочность смеси достаточна для большинства стержней, в том числе и сложной конфигурации. Общая и поверхностная прочностные несколько увеличиваются в процессе заливки из-за склонности композиции к дополнительному отверждению при небольшом нагреве. Оптимальная температура песка 18-30°C. Газ-отвердители получают при нагреве жидкого эфира в пневмоиспарительном генераторе, где он в определенных пропорциях смешивается с потоком сжатого воздуха. Паровоздушная смесь содержит по объему 60 % МФ, остальное – воздух. Время продувки стержня составляет 10-30 с, специальных средств для нейтрализации метилформиата не требуется, ПДК для него 250 мг/м<sup>3</sup>, 4-й класс опасности. Для достижения оптимальной прочности и скорости полимеризации давление газовой смеси не должно превышать 0.05...0,075 МПа. Длительность контакта отвердителя со связующим в микрообъемах смеси должна быть не менее 0,5 с. Теоретически расход эфира составляет 20% от массы связующего. Фактически он бывает выше, так как зависит от конфигурации стержня, вентиляции ящика, качества уплотнения по разьему. Реальный расход метилформиата- 20-50% от массы связующего. Метилформиат является не катализатором, а реактивным компонентом механизма отверждения. Превышение его теоретического расхода не влияет на скорость и конечный уровень упрочнения. Скорость заметно зависит от распределения метилформиата в объеме стержня или формы Стержневые ящики

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

желательно использовать с уплотнением по разъемам, что позволит сократить потери МФ и время продувки. После отверждения смеси также желательно дополнительно продуть стержень воздухом для удаления избытка МФ. так как в дальнейшем длительный контакт с МФ может привести к разупрочнению стержня. В рабочей зоне изготовления и отделки стержней достаточно использовать средства приточно-вытяжной вентиляции. Скорость зависит также от соответствия количества газа размеру стержня и его конфигурации. Количество газа должно быть минимум 20% от массы связующего, в противном случае недоотверждение.

Таблица 4.1 – Свойства смеси по Beta-Set процессу

Краткая характеристика связующего	Основные показатели		
	Живучесть смеси,ч	Прочность на изгиб 24ч, МПа	Газотворная способность,см³/г
Фенольно-щелочная смола, отверждаемая газообразным метилформиадом	3-4, отдельные материалы до 24	2,5	3,0

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

### 5.1 Территория, здания и сооружения литейных производств

Планировка территории, объемно - планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений должны соответствовать требованиям строительных норм и правил.

Содержание территории, рабочих помещений и противопожарного оборудования должно соответствовать требованиям "Правил пожарной безопасности в Российской Федерации" (ППБ 01-93).

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

На территории предприятия не должно быть оврагов, котлованов или выемок, которые могут быть местом скопления вредных отходов производства.

Расположенные на территории литейных производств колодцы должны быть закрыты люками.

Дороги, проезды, тротуары, наружные лестницы, эстакады и переходы должны содержаться в исправном состоянии: своевременно ремонтироваться, в зимнее время очищаться от снега, в гололед посыпаться песком, а в ночное время освещаться.

В местах выхода на железнодорожные пути и автомобильные дороги из зданий и сооружений должны быть устроены барьеры.

На территории литейных производств должны быть установлены знаки безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026.

Балки и колонны, подвергающиеся попаданию брызг жидкого металла и шлака или теплоизлучения, должны быть изолированы. Способ теплоизоляции определяется проектом.

Вентиляционные устройства в помещениях литейных цехов должны обеспечивать температуру, влажность и скорость движения воздуха, а также содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005.

Все открывающиеся створные окна и фонарные переплеты должны быть оборудованы легкоуправляемыми и устойчивыми в эксплуатации приспособлениями для их открывания и установки в требуемом положении.

Полы площадок у вагранок, металлоплавильных печей, площадок внепечной обработки жидкого металла и разливочных площадок должны быть ровными.

Пространство между железнодорожными рельсами на рабочих площадках должно быть выложено износостойчивым материалом с нескользкой поверхностью до уровня головки рельсов.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Ширина проходов и проездов, расстояние между оборудованием и элементами зданий должны соответствовать нормам технологического проектирования.

## 5.2 Освещение

Естественное и искусственное освещение выполняется в соответствии с требованиями строительных норм и правил (СНиП 23-05-95) и "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ), введенных в действие Минэнерго СССР 01.06.85, с последующими изменениями и дополнениями.

В литейном цехе должны быть следующие виды освещения:

- рабочее;
- аварийное для продолжения работы;
- аварийное для эвакуации людей.

Устройство аварийного освещения должно быть выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ и норм искусственного освещения.

Допускается устройство разводки на напряжение не выше 12 В.

Переносные электролампы присоединяются к сети шланговым кабелем или многожильным гибким проводом, заключенным в резиновый шланг, с изоляцией на напряжение не ниже 500 В.

Светильники рабочего и аварийного освещения должны располагаться так, чтобы обеспечивалась требуемая освещенность, надежность крепления, безопасность и удобство их обслуживания.

Светильники, обслуживаемые с переносных лестниц, должны подвешиваться на высоте не более 4,5 м над уровнем пола и не должны располагаться над оборудованием и лентами конвейеров. Если обслуживание светильников с лестниц затруднено, должны быть устроены площадки.

Для обслуживания светильников, расположенных над кранами или кран - балками, должны быть предусмотрены специальные площадки.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Таблица 5.1 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование операции	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, лк, % при освещении совмещенном
1	2	3	4	5	6
Погрузка и разгрузка материалов	Площадка закром	горизонталь	4а	150	2,4
Плавнение металла	Печь	Горизонталь, вертикаль	4г	150	2,4
Загрузка шихты	Загрузочная площадка, свод	горизонталь	8б	200	0,7
Изготовление форм	0,8 от пола	горизонталь	6	300	1,8

### 5.3 Вентиляция

Вентиляционные установки должны соответствовать требованиям строительных норм и правил и санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Вентиляционные системы после окончания строительства и монтажа должны быть отрегулированы на проектную мощность и испытаны на эффективность. Проверка эффективности работы вентиляционных систем производится не реже одного раза в год, а также после реконструкции и капитального ремонта. Акты проверки и мероприятия по устранению недостатков утверждаются главным инженером предприятия.



Испытание, наладка и приемка в эксплуатацию вентиляционных установок производятся в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

#### 5.4 Плавильные агрегаты

Технологические процессы в литейном производстве должны проводиться по технологическим инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия.

Опытные работы, связанные с освоением новых видов технологий, должны проводиться по временным технологическим инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия и согласованным с территориальными органами Госгортехнадзора России.

На плавильные агрегаты и агрегаты внепечной обработки жидкого металла должны быть составлены паспорта, содержащие основные технические данные, срок службы и порядок их технического обследования.

В период эксплуатации агрегатов (оборудования) в паспорта должны вноситься все данные об изменениях, произошедших на агрегатах (в оборудовании), о проведенных капитальных ремонтах, об имевших место авариях и крупных неполадках и принятых мерах по ликвидации их последствий.

Непосредственно у агрегатов или у рабочих мест обслуживающего персонала должны быть вывешены четко выполненные схемы расположения и технологической связи агрегатов и трубопроводов горючих газов, мазута, кислорода, воздуха, пара, воды и др.

Запорные устройства должны быть пронумерованы. Номер запорного устройства и другие обозначения в схеме должны соответствовать номерам и обозначениям в технологической инструкции.

Эксплуатация плавильных агрегатов при наличии течи воды из систем охлаждения запрещается.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наличие влаги на рабочих площадках плавильных печей, а также в других местах возможного попадания расплавленного металла и шлака не допускается.

Подъем ковшей с металлом и шлаком должен производиться по команде ответственного лица только после проверки им правильности захвата цапф краном.

Проверка состояния тросов и грузозахватных приспособлений кранов, а также тары (контейнеров, совков, бункеров, коробок и т.п.), применяемой для доставки шихтовых и заправочных материалов, должна производиться с соответствии с требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" (ПБ 10-14-92).

Присоединение шлангов к штуцерам и разъединение их должно производиться только при закрытой запорной арматуре. Шланги на штуцерах должны быть надежно закреплены.

Инструменты и приспособления, применяемые при обслуживании оборудования, должны соответствовать характеру выполняемой работы и быть в исправном состоянии.

Периодичность проверки состояния блокировок безопасности, систем сигнализации и противопожарной защиты агрегатов и оборудования и порядок оформления результатов проверки должны устанавливаться специальной инструкцией, утвержденной главным инженером предприятия.

### 5.5 Требования к изготовлению форм и стержней

Конструкция стержневых пескодувных и пескострельных машин должна предусматривать:

устройство для очистки стержневого ящика и нанесения разделительного состава;

фиксирующие и прижимные устройства, обеспечивающие надежную фиксацию и зажим частей стержневого ящика;

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

автоматизацию операций зажима стержневых ящиков, надува смеси, подъема и опускания стола, подачи стержневых ящиков под пескодувную головку;

блокировки, не допускающие надув смеси до полного поджима стержневого ящика (опоки) к плите, неполного перекрытия отверстия для засыпки смесей в пескодувный резервуар, а также опускание стола до полного падения давления в пескодувном резервуаре;

блокировки и (или) защитные ограждения, исключаящие травмирование оператора при зажиме стержневых ящиков, при соединении частей стержневых ящиков, а также при их очистке и выбивании смеси;

при изготовлении стержней из холоднотвердеющих смесей ("колд - бокс - процесс") и размещении смесителя на машине смеситель должен быть герметичным и исключать выход катализатора, связующих или неготовой смеси.

При изготовлении стержней массой более 60 кг стержневые машины должны быть оборудованы устройствами автоматизированного или механизированного съема стержней и укладки их в контейнеры или этажерки подвешенного конвейера.

В конструкции машин для изготовления стержней с продувкой газообразными катализаторами должны быть предусмотрены:

- герметичность системы подачи газообразного катализатора и системы отвода отработанных газов;
- вывод отработавших газов из машины через нейтрализатор, обеспечивающий их очистку до уровня ПДК на рабочих местах;
- вентилируемые укрытия в зоне извлечения стержней. Количество отсасываемого воздуха принимают из расчета обеспечения скорости воздуха в открытых проемах не менее 1 м/с.

Для очистки и удаления с поверхности стержневых ящиков, моделей, форм и стержней песка, пыли и других частиц должны применяться пылеотсасывающие устройства и приспособления.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

## 5.6 Требования к разливке металла и заливке форм

Транспортировка расплавленного металла к местам его заливки в формы механизирована и проводится по заранее установленным направлениям.

Рабочие места водителей транспортных средств по доставке металла к местам его заливки в формы должны быть оборудованы защитными устройствами от теплового излучения.

Сушка и ремонт разливочных ковшей должны проводиться на специальных стендах или площадках, оборудованных местной вытяжной вентиляцией. Ремонт ковшей должен производиться после их охлаждения до температуры не выше 45 С. Допуск ремонтных рабочих в крупные ковши должен производиться лишь после удаления нависающих остатков шлака, скрапа и футеровки. Ломку футеровки должны проводить механизированным способом.

Участки охлаждения литейного конвейера должны быть оборудованы сплошным вентилируемым кожухом с торцевыми проемами и патрубками для удаления газов.

Заливка высоких форм должна производиться в специальных ямах - котлованах.

Литейные ковши и тигли, независимо от их емкости, должны наполняться жидким металлом не более чем на 0,88 их внутренней высоты.

Перед заливкой металла литейные ковши должны осматриваться для проверки исправного состояния их частей.

Перед наполнением металлом ковши должны быть просушены и подогреты до температуры, указанной в технологической документации.

Для ремонта и сушки разливочных ковшей должны быть выделены специальные площадки.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Ковши емкостью от 0,5 т и более, перемещаемые подъемными кранами, монорельсами и на тележках, должны иметь поворотные механизмы прочной конструкции с червячной самотормозящей передачей и ограничителями поворота, защищенные кожухами от брызг металла и шлака. Исправность поворотного механизма проверяется каждый раз при подготовке ковша к заливке металла.

Центр тяжести ковшей, наполненных расплавленным металлом, в вертикальном положении должен быть ниже оси вращения на 50...100 мм. Это условие обязательно для всех ковшей и тиглей, поднимаемых грузоподъемными устройствами с постоянно укрепленными осями вращения и вставляемых в ручные носилки.

Ковши, перемещаемые краном, должны быть рассчитаны на допускаемую нагрузку и после изготовления подвергнуты техническому освидетельствованию на заводе - изготовителе, а после ремонта - на заводе, производившем ремонт.

Стальные канаты и цепи грузоподъемных устройств, предназначенные для перемещения ковшей с расплавленным металлом, а также траверсы самих ковшей должны защищаться кожухами от действия лучистого тепла.

Наращивание ковшей даже на одну плавку запрещается.

Цапфы ковшей должны быть стальные, кованные; кольцо и цапфы должны обязательно отжигаться. Приваривать отдельные части колец и цапф запрещается.

Кольца и цапфы ковша после изготовления должны проверяться методом неразрушающего контроля не реже 1 раза в год.

Литейные инструменты (счищальки шлака, ложки, ломы, мешалки и др.) в местах, соприкасающихся с расплавленным металлом, не должны иметь ржавчины и перед погружением в металл должны быть просушены и подогреты.

У каждого плавильного агрегата с выпуском металла через летку должны быть две штанги длиной не менее 1,5 м и запасные пробки для закрывания леток.

Сливать шлак и остатки металла из ковша по окончании разливки необходимо в сухие короба или ковш. Слив на землю или в яму запрещается.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

В технологических инструкциях по изготовлению отливок должны быть указаны требования безопасности проведения подъемно - транспортных, погрузочно-разгрузочных работ и складирования штучных грузов.

Ремонт ковшей производится после их охлаждения. Перед допуском ремонтных рабочих крупные ковши проверяются на отсутствие нависающих остатков шлака, скрапа и футеровки. Футеровка ремонтируемых ковшей разрушается сверху вниз.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с заданием выпускной квалификационной работы была разработана технология изготовления детали «Патрубок». Конструкция детали показывает, что её технологически целесообразно изготавливать литьём в разовую песчано-глинистую форму. Рассчитаны оптимальные размеры элементов литниково-питающей системы. Внутренние полости отливки выполняются двумя стержнями, которые изготавливаются «Beta-Set» процессом. Это даёт возможность получения стержней и отливок повышенной точности, применение стержней сложной конфигурации, высокое качество литых поверхностей детали, автоматизации процесса и уменьшение затрат в литейном процессе. Необходимость установки двух прибылей рассчитаны по формуле Пржибыла.

В данной выпускной квалификационной работе спроектированы новые участки, плавильного и формовочно-заливочно-выбивного отделения, стального литья производительностью 20000 тонн в год из стального сплава Сталь35Л. На участке был принят двухсменный параллельный режим работы с действительным фондом времени 3632 часа. Произведен расчет плавильного участка цеха. Согласно потребности участка в жидком металле были выбраны 3 печи ДСП-12 с производительностью 4,6 т/ч. Также, была выбрана 1 автоматическая формовочная линия «HSP-4D» по «Seiatsu» процессу с производительностью 22 форм в час. В соответствии с годовой программой участка и требованиями на изготавливаемые отливки выбраны современные машины и установки для всех производимых операций по изготовлению отливок, что позволяет существенно снизить количество работающих в цехе, уменьшить потери от брака, повысить качество продукции.

Специальная часть работы посвящена beta-set процессу изготовления стержней. его особенностям и преимуществам

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ткаченко, С. С. Экологичность как критерий эффективности литейного производства будущего / С. С. Ткаченко, Болдин А. Н., Кривицкий В. С // Труды 11-го Съезда литейщиков России. Екатеринбург. 2013. С. 13-25.
2. Проектирование и реконструкция литейных цехов: Учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков [и др.] – Челябинск: ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
3. Воздвиженский В.М. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении / В.М. Воздвиженский, В.А. Грачев, В.В. Спасский. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
4. Миляев А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов /А.Ф. Миляев – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 1999 – 410 с.
5. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие / А.Ф. Миляев. Магнитогорск: МГТУ им. ГИ. Носова. - 2001. 410 с.
6. Производство чугуновых отливок: учебник / В.Д. Белов, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев и др.: под ред. В.М. Колокольцева.- Магнитогорск: ГОУ ВПО«МГТУ», 2009. -521
7. Дубровин, В.К. Технология литейного производства. Формовочные материалы: учебное пособие / В.. Дубровин, И.Н. Ермаков. А.В. Карпинский.- Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005,-138 с.
8. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник / Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф. – пед. ун-та, 2000. – 662 с.
9. Технологические процессы литья: Учебное пособие / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2013. – 194 с.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



10. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку (с Изменениями N 1,2). М.: Стандартинформ, 2010. 38 с.

11. Знаменский, Л.Г. Теория литейных процессов: Учебное пособие / Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2006. – 86 с.

12. СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

13. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Б.В. Кнорре [и др.] – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.

14. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: Учебное пособие / В.И. Швабауэр. – Челябинск: ЧГТУ, 2001. – 66 с.

15. Кулаков, Б.А. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б. А. Кулаков, Л. Г. Знаменский, О. В. Ивочкина и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 142 с.

16. Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. перераб, и доп. М.. ФОРУМ, 2009. 496 с.

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

ПРИЛОЖЕНИЕ  
ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЕТ ШИХТЫ

Компонент	X <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> ,%	C	Mn	Si	S	P
Лом стальной 2А	X1	44,92	0,11	0,62	0,32	0,03	0,025
ГОСТ2787-86							
Возврат	X2	44,78	0,31	0,68	0,36	0,05	0,05
Чугун передельный ПЛ1 кЛА кат2 ГОСТ805-95	X3	9,3	4,14	0,85	0,85	0,016	0,018
Ферромарганец ФМн 78А ГОСТ4755-91	X4	0,5	6,8	81	5,6	0,02	0,045
Ферросилиций ФС75 А2,5 ГОСТ 1415-93	X5	0,5	0,06	0,4	78	0,029	0,04

Материал	C	Mn	Si	P	S
Лом	0,11	0,62	0,32	0,03	0,025
Возврат	0,31	0,68	0,36	0,05	0,05
ПЛ1	4,14	0,85	0,85	0,016	0,018
ФМн78А	6,8	5,6	5,6	0,02	0,045
ФС75А	0,06	78	78	0,029	0,04

Материал	C	Mn	Si	P	S	Всего
Лом	0,051	0,2902	0,14976	0,014	0,012	46,80
Возврат	0,125	0,2736	0,14483	0,02	0,02	40,23
ПЛ1	0,373	0,0765	0,0765	0,001	0,002	9,00
ФМн78А	0,103	0,0846	0,08456	3E-04	7E-04	1,51
ФС75А	0,001	1,9188	1,9188	7E-04	1E-03	2,46
всего	0,653					100

					22.03.02.2020.047.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67