

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  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Литейные технологии производства стальной отливки "Крышка пяты"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-22.03.02.2019.437.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер  
доцент, к.т.н.  
А.В. Карпинский  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Руководитель проекта  
проф., д.т.н.  
В.К. Дубровин  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Автор проекта  
студент группы  
П-437  
Д.В. Степанов  
«\_\_»\_\_\_\_\_2019г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Степанов Д. В. Литейные технологий  
производства стальной отливки «Крышка пяты»  
Челябинск: ЮУрГУ, П-437, 2019 г., 66 с.,  
5 чертежей ф. А1 2 плаката, библиогр. список –  
16 наименований.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологий изготовления отливки «Крышка пяты» и проектирование участка стального литья с годовой производительностью 13000 тонн.

Выпускная квалификационная работа состоит из двух частей: пояснительная записка и графическая часть. В пояснительной записке проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных технологий, рассчитана литниково питающая система. Спроектированы плавильное и формовочно-заливочно-выбивное отделения, с учетом норм и правил в области безопасности жизнедеятельности, проведен расчёт всего необходимого оборудования. В специальной части рассмотрены преимущества печей постоянного тока в сравнении с печами переменного тока.

Графическая часть выполнена на пяти листах формата А1 и двух формата А4 содержит чертеж и спецификацию.

					<i>22.03.02.2019.177.00. ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Степанов			Литейные технологий Производства стальной отливки «Крышка пяты»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Дубровин					3	66
<i>Реценз</i>						<i>ЮУрГУ</i> <i>Кафедра ЛП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Карпинский						
<i>Утверд.</i>								

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	18
2.1 Анализ технологического изготовления детали.....	18
2.2 Выбор положения отливки в форме.....	18
2.3 Определение поверхности разъема.....	18
2.4 Определение припусков на механическую обработку.....	18
2.5 Определение формовочных уклонов.....	19
2.6 Определение количества и конструкций стержней.....	19
2.7. Разработка конструкций и расчет прибылей.....	20
2.8 Разработка конструкций и расчет литниковой системы.....	21
2.9 Определения габаритов опок.....	24
2.10 Выбор составов формовочных, стержневых смесей и противопригарных красок.....	24
3 ПРОЕКТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ.....	27
3.1 Фонды времени.....	27
3.2 Расчет производственных отделений литейного участка.....	29
3.2.1 Плавильное отделение.....	29
3.2.1.1 Расчет ведомости расхода металла на залитые формы.....	29
3.2.1.2 Выбор типа плавильных агрегатов.....	30
3.2.1.3 Расчет ведомости баланса металла.....	31
3.2.1.4 Расчет шихты и ведомости расхода шихтовых материалов.....	32
3.2.1.5 Расчет количества плавильных агрегатов.....	33
3.2.1.6 Расчет потребностей по всем видам ковшей.....	35
3.3 Расчет формовочного отделения.....	38
3.3.1 Расчет числа автоматических формовочных линий.....	41

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3.4 Организация работ плавильного и формовочного отделения .....	42
4.СРАВНЕНИЕ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА .....	44
5.БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛИТЕНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	50
5.1 Территория, здания и сооружениялитейных производств .....	50
5.2 Освещение.....	51
5.3 Вентиляция .....	52
5.4 Плавильные агрегаты.....	52
5.5 Дуговые электропечи .....	54
5.6 Требования к изготовлению форм и стержней .....	60
5.7 Требования к разливке металла и заливке форм .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	644
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	655

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

## ВВЕДЕНИЕ

Литье – это способ изготовления изделий, его сущность заключается в том, что в литейную форму заливают расплав определенного состава с комплексом требуемых свойств, который после затвердевания принимает конфигурацию рабочей полости формы и становится отливкой. Получение отливок в промышленности называют литейным производством.

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литейных заготовок в машиностроительных изделиях составляет 30...90 % и имеет тенденцию к увеличению. Непрерывно повышается выпуск отливок для автомобильного, сельскохозяйственного и тракторного машиностроения, металлургии, а также для авиации, распространения и специальной техники. В настоящее время доля выпуска отливок для этих отраслей составляет 75 %.

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

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

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

На долю литых деталей в среднем приходится 50-70% массы (в станкостроении до 90%) и 20-22% стоимости машин.

Как правило, литые детали несут высокие нагрузки в машинах и механизмах и определяют их эксплуатационную надежность, точность и долговечность. Поэтому к качеству отливок в настоящее время предъявляются повышенные требования.

Понятие «Качественное литье» объединяет комплекс требований к литой детали, применяемой в машинах и механизмах различных отраслей промышленности. Основными требованиями являются:

прочностные и эксплуатационные характеристики, геометрическая и размерная точность, чистота поверхности, товарный вид, минимальные припуски на механическую обработку.

Процесс получения качественной отливки складывается из двух основных технологических комплексов: получение качественного расплава и приготовления литейной формы. Однако даже при качественном выполнении этих технологических процессов может образовываться брак отливок при заливке сплава и охлаждении отливки в контакте с материалом формы. Поэтому технологический цикл получения литой детали является длительным и ответственным.

Первый технологический комплекс складывается из следующих технологических приемов: подготовка шихтовых материалов и расплавление их в плавильном агрегате, термовременная обработка расплава в печи, внепечная обработка расплава (модифицирование, рафинирование) и заливка его в литейную форму.

Второй комплекс: приготовление формовочной и стержневой смесей, изготовление форм и стержней, сборка форм и подача их на заливку (при изготовлении форм из песчано-глинистых и холодно-твердеющих смесей) или

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

изготовление металлических форм при литье в кокиль, литье под давлением, центробежном литье. После заливки, затвердевания и охлаждения в форме производятся процессы выбивки, очистки, термообработки, грунтовки отливок.

Несмотря на применения большого количества технологических приемов и значительного перечня литейного и вспомогательного оборудования и материалов для производства качественной отливки литейное производство в России занимает лидирующее положение среди других заготовительных производств машиностроительного комплекса таких, как сварка и кузница. Только литейное производство позволяет получать сложные по конфигурации и геометрии фасонные заготовки с внутренними полостями из черных и цветных сплавов развесом от нескольких граммов до 200 тонн.

Литейное производство является наиболее наукоемким, энергоемким и материалоемким производством. При разработке теоретических основ технологических процессов применяются основные науки: физика, химия, физическая химия, гидравлика, математика, металловедение, термодинамика и другие прикладные науки.

Для производства 1 тонны годных отливок требуется 1,2...1,7 тонн металлических шихтовых материалов, ферросплавов, модификаторов, переработка и подготовка 3...5 тонн формовочных песков (при литье в песчано-глинистые формы), 3...4 кг связующих материалов (при литье в формы из ХТС) и красок. Расход от 500 до 700 кВт/час электроэнергии при плавке черных и цветных сплавов в электрических печах. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50...60 %, стоимость материалов 30...35 %.

Достижения в науке, разработке новых технологических процессов, материалов и оборудования позволили за последний 10 лет повысить механические и эксплуатационные характеристики сплавов на 20 %, повысить размерную и геометрическую точность, снизить припуски на механическую обработку, улучшить товарный вид.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Повышение качества литья неразрывно связано с повышением производительности, автоматизации и механизации технологических процессов, экономических и экологических показателей. Поэтому при строительстве новых и реконструкции старых литейных цехов и заводов выбор технологических процессов и оборудования производится на основе типа сплава, массы и номенклатуры отливок, объема производства, технических требований к отливкам и технико-экономических и экологических показателей.

Для разработки перспектив и стратегии дальнейшего развития литейного производства требуется оценка его состояния в различных отраслях промышленности, определение перспектив развития приоритетных отраслей промышленности и на их основе определить перспективы развития типов черных и цветных сплавов, технологических процессов и оборудования.

Рассмотрим современное состояние литейного производства России.

В 2015 г. в мире произведено 104,1 млн т отливок из черных и цветных сплавов, в том числе Китае – 45%, в США – 11%, в Индии – 10%, в Японии – 5%, в Германии – 5%, в России – 4%, в Бразилии – 3%, в Южной Корее – 3%, в Италии – 2%, в Мексике – 2%, в остальных странах – 11%. Россия по производству литых заготовок находится на шестом месте.

По экспертной оценке в настоящее время в России насчитывается около 1100 действующих литейных предприятий, которые в 2016 г. произвели 3,8 млн т отливок и около 90 предприятий, которые производят оборудование и материалы для литейного производства.

Динамика производства отливок из черных и цветных сплавов представлена в таблице 1.

За последние 5 лет объемы производства стальных отливок увеличились на 14,2% отливок из цветных сплавов – на 15%, а чугуновых уменьшились на 24%. В перспективе предполагается (по экспертной оценке) его рост к 2020 г. до 5 млн т за счет импортозамещения производства отливок: автокомпонентов, стальных отливок для арматуростроения и нефтегазовой промышленности, железнодорожного

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



транспорта, увеличение объемов производства отечественного оборудования и сопутствующих материалов.

Таблица 1 – Динамика производства отливок и перспектива развития до 2020 г.

Годы	1985	1990	2000	2005	2010
Выпуск отливок в млн. т, в т.ч. из:	18,5	13,4	4,85	7,6	3,9
Чугун	12,9	9,3	3,5	5,2	2,9
Сталь	3,1	3,24	0,96	1,3	0,6
Цветных сплавов	2,5	0,86	0,39	1,1	0,4

Продолжение таблицы 1

2014	2015	2016	2020
4,1	4,0	3,8	5,0
2,9	2,6	2,2	2,6
0,7	0,9	1,0	1,4
0,5	0,5	0,6	1,0

Динамика объемов производства в России отливок, оборудования и материалов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика объемов производства в России отливок, оборудования и материалов.

Годы	2012	2016	2020
Производство отливок, %	82	90	96
Производство оборудования, %	30	35	45
Производство материалов, %	70	80	85

Отечественное литейное оборудование в основном производится на следующих предприятиях: АО «Сиблитмаш», АО «Дальэнергомаш», - «Амурлитмаш», ООО «Литмашприбор», ООО «Униреп-сервис», ООО «Тебова – Нур», ООО «Завод АКС», ООО «Толедо». Плавильное оборудование производят: ООО СКБ «Сибэлектротерм», ООО «НПФ Комтерм», ООО «Рэлтек», ЗАО «Накал-Промышленные печи», Новозыбовский завод электротехнического оборудования, Саратовский завод «Электротерм – 93», ООО «Электротехнология», г. Екатеринбург и ООО «Курай», г. Уфа.

Однако они не полностью удовлетворяют потребность литейных цехов и заводов. Поэтому около 65% литейного оборудования закупается за рубежом, в таких странах, как Германия, Италия, Китай, Япония, Турция, Чехия и др.

По экспертной оценке на существующих заводах сегодня недостаточно мощностей для производства требуемого литейной отраслью оборудования. Необходимо строительство новых производств, оснащенных современным технологическим оборудованием или перекавалифицировать заводы других отраслей, в частности заводы станкостроительной отрасли.

Опыт последних лет показывает, что разработку стратегии развития литейного производства России необходимо совмещать с разработкой стратегии подготовки кадров по литейной специализаций: инженеров, техников, рабочих. В последние годы количество литейных кафедр резко уменьшается, идет процесс объединения литейных кафедр с кафедрами сварки, металловедением, материаловедением. Связь науки с производством нарушена. Интерес со стороны молодежи к обучению в ВУЗе на литейную специальность заметно снизился, резко снижается престижность технического инженерного труда.

В 2016 г. Импорт оборудования и запасных частей из всех стран мира составил около 500 млн. долларов США. По сравнению с 2015 г. Импорт сократился на 9 %.

Литые детали широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе: автомобильные – 36 %, сельхозтракторной – 12 %, тяжелом машиностроении – 8 %, энергетическом машиностроении – 6 %, железно-дорожной

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

и коммунальной – 8 %, авиа-космической и оборонной промышленности – 6 % и нефтегазовой промышленности – 3 %, электрической промышленности и машиностроении – 20 %, дорожном и коммунальном хозяйстве – 12 %, электротехнической и др. – 2 %.

Распределение объемов производства отливок по технологическим процессам приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение объемов производства отливок по технологическим процессам, %.

Литье в песчано-глинистые формы	42
Литье в разовые формы из ХТС	38
Литье в кокиль	4,2
Литье под давлением	9,2
Литье по выплавляемым моделям	1,2
Центробежное литье	3,8
Литье по газифицируемым моделям	0,4
Непрерывное литье	0,6
Литье в оболочковые формы	0,4
Другие технологий литья	0,2

За последний 5 лет реконструировались полностью или частично более 160 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 холоднотвердеющих смесей, моделирование литейных процессов с применением числовых, в том числе 3D – технологии.

В последние годы увеличились объемы производства отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, которые в ряде случаев заменяют отливки из чугуна и стали. Применяя современные методы рафинирования, модифицирования,

микролегирования и дегазаций можно получить высокие прочностные характеристики сплавов до 450...500 МПа.

Объемы производства литых заготовок из цветных сплавов (по экспертной оценке) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Объем производства литых заготовок из цветных сплавов.

Тип сплава	Производство отливок тыс.т / %
Всего из цветных сплавов	600 / 100
Из алюминиевых сплавов	440 / 73,3
Из магниевых сплавов	30 / 5,0
Из медных сплавов	80 / 13,3
Из титановых сплавов	20 / 3,4
Из никелевых сплавов	10 / 1,6
Из других сплавов	20 / 3,4

Учитывая распределение литейных производств по мощностям и уровень автоматизаций и механизаций литейного производства в России получили развитие следующие технологические процессы.

Для выплавки черных сплавов перспективными технологиями является плавка в электродуговых и индукционных печах, обеспечивающих стабильно заданных химсостав и температуру для проведения внепечной обработки методом рафинирования и модифицирования.

С 2010 по 2014 г. Объемы выплавки чугуна в индукционных и дуговых печах увеличилось на 15 %. Переход на электроплавку чугуна позволил увеличить производство отливок из высокопрочного чугуна на 12,5 % и, соответственно, изменился и средний состав шихтовых материалов при выплавке чугуна в различных плавильных агрегатах. В шихте увеличилось количество стального и чугуноного лома на 15 % и уменьшилось количество чушковых литейных и передельных чугунов на 28 %.

Изменение объемов выплавки чугуна в различных плавильных агрегатах, производства отливок чугуна и состав шихтовых материалов в период с 2010 по 2016 годы предоставлен в таблице 5

Таблица 5 – Изменение объемов выплавки чугуна в различных плавильных агрегатах, производства отливок чугуна и состав шихтовых материалов в период с 2010 по 2016 г.

Плавильные агрегаты, шихтовые материалы, отливки из различных типов чугуна	2010 г.	2016 г.
Выплавка чугуна в вагранках, %	56	30
Выплавка чугуна в индукционных печах и дуплекс-процессом, %	40	66
Выплавка чугуна в электродуговых печах, %	4	4
Чушковый литейный и передельный чугун, %	42	12
Чугунный лом, %	42	60
Стальной лом, %	12	20
Ферросплавы, %	3	4
Отливки из серого чугуна, %	63	58
Отливки из высокопрочного чугуна с шаровидной и вермикулярной формой графита, %	21	26
Отливки из специальных легированных чугунов, %	14	15
Оливки из ковкого чугуна, %	до 1	до 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 последний 4 года производства изготовления форм из ХТС увеличилось на 8 %.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

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

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

России стратегию развития литейного производства должны разрабатывать высококвалифицированные специалисты с богатым практическим опытом при активной поддержке правительства.

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.

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 2022 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 предъявляться к выпускникам школ при поступлений в ВУЗы. Необходимо

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

вернуться к методике подготовки в ВУЗах инженеров, распределению специалистов по предприятиям страны с предоставлением социальных льгот.

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 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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



## 2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 2.1 Анализ технологического изготовления детали

Анализ чертежа детали показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 35 мм. Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства.

При проектировании технологии отливки необходимо обеспечить получение плотного металла без усадочных и газовых раковин на поверхности.

### 2.2 Выбор положения отливки в форме

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс. Анализ технологичности отливки «Крышка пяты» позволяет сделать выводы о возможности изготовления ее в песчано-глинистой форме.

В данном случае отливка должна располагаться полностью в нижней полуформе. В этом случае обеспечивается надежное крепление стержней, а, также в этом случае будет удобно устанавливать прибыли на массивных частях отливки, что обеспечит принцип направленного затвердевания отливки снизу вверх по направлению к прибыли. Выбранное положение обеспечит кратчайший путь прохождения металла от литниковой системы к отливке, минимальное количество разъемов модели и формы, минимальную сложность оснастки, трудоемкость ее изготовления.

### 2.3 Определение поверхности разъема

Разъем формы необходим для извлечения модели, сборки формы и удаления полученных отливок. От выбранного разъема зависит трудоемкость изготовления

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

модельной оснастки и литейной формы, трудоемкость обрубных операций и точность размеров отливки.

При изготовлении данной отливки песчаная форма не имеет поверхность разъема. Отливка в данном случае располагается полностью в нижней полуформе [1].

Выбранное положение отливки в форме обеспечивает отвод газов из полости в форме, образующихся при заливке расплавленного металла.

#### 2.4 Определение припусков на механическую обработку

Размер отливки отличается от размеров детали на величину припусков на механическую обработку.

Припуски на механическую обработку устанавливаются по ГОСТ Р53464-2009.

Таблица 6 – Припуски на механическую обработку

Параметры	Размер			
	200	365	80	315
Номинальный размер, мм	200	365	80	315
Допуск на размер, мм	3,9	2,4	2,0	2,2
Класс размерной точности	9	9	9	9
Шероховатость (Rz)	20	40	80	80
Припуск на сторону, мм	4	2,6	2,6	2,6

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы и отливки.

#### 2.5 Определение формовочных уклонов

Для лёгкого извлечения модели из формы, на её рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92. Отливка изготавливается в песчано-глинистой форме. Модели выполняются из алюминиевого сплава АК-12 (ГОСТ 1583-93).

Формовочные уклоны, в соответствии с ГОСТ 3212-92, для отливки «Крышка пяты», составит 20'. Модельная оснастка из алюминиевого сплава наиболее экономичная, лёгкая, износостойкая (выдерживает до 100000 съёмов при машинной формовке)

## 2.6 Определение количества и конструкций стержней

Для получения внутренних очертаний отливки необходим один стержень. Размер стержневых знаков определяются по ГОСТ 3212-92. В производстве данной отливки применяется один стержень. Согласно ГОСТ 3212-92 для данного стержня шириной 303,5 мм и диаметром 200 мм высота нижнего (опорного) знака составит 40 мм, высота верхнего знака составит 40 мм, высота горизонтального знака 90 мм.

Зазоры между стержнем и формой для данного комплекта оснастки – 0,5 мм для нижнего знака, 0,4 для верхнего знака, 0,5 мм для горизонтального знака. Уклоны на знаках согласно ГОСТ 3212-92 составляют для низа  $\alpha=7^\circ$ , для верха  $\beta=15^\circ$ .

## 2.7. Разработка конструкций и расчет прибылей

Прибыли применяются для получения отливки с плотной структурой металла, характеризующейся отсутствием усадочных раковин и усадочной пористости. Прибыль составляет с отливкой общее литое тело, в процессе затвердевания которого жидкий металл переходит из прибыли в отливку и заполняет образующиеся в ней усадочные пустоты. Процесс компенсации объемной усадки отливки за счет жидкого металла поступающего из прибыли, называется питанием отливки. В результате питания отливка получается плотной, а прибыль с усадочной раковиной.

Анализ литературных данных показывает [1], что литейная усадка отливки подобной конструкции из стали 35Л составляет 2%.

Для данной отливки принимаем фаселевидную прибыль.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Выбранная геометрия и тип прибыли является наиболее экономичной (рисунок ).

Определим объем прибыли для теплового узла по уравнению:

$$V_{\text{п}} = \beta E_v \cdot \frac{V_0}{(1 - \beta E_v)}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины;  $\beta = 10$ ;

$E_v$  – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины, при изготовлении отливок из стали.

$$E_v = 0,045;$$

$V_0$  – объем питаемого узла,  $\text{м}^3$ ;

$$V_0 = 0,0017 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п}} = 0,045 \cdot 10 \cdot 0,0017 / (1 - 0,045 \cdot 10) = 0,0014 \text{ м}^3$$

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле

$$\text{ТВГ} = \frac{V_0}{(1 - \varepsilon_v)(V_0 + V_{\text{п}})} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $V_0$  – объем отливки,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{п}}$  – объем прибыли,  $\text{м}^3$

$$\text{ТВГ} = \frac{0,0132}{(1 - 0,045)(0,0132 + 0,0014)} \cdot 100 = 71 \text{ \%}.$$

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье стали в песчано-глинистые формы эта величина составляет 57...90 %.

## 2.8 Разработка конструкций и расчет литниковой системы

Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша [3].

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta} \cdot m, \quad (3)$$

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

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

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

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

$m$  – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями, кг;

Подставляя в формулу (3) значения коэффициента  $S=1,4$  (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки  $\delta=35$  мм,  $m=130,1$  кг получим

$$\tau_{\text{опт}}=1,4 \cdot (35 \cdot 130,1)^{1/3} = 23,2 \text{ с}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки.

Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (4)$$

где  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

$C$  – высота отливки по положению в форме, мм;

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

$V_{\text{доп}}$  – допустимая скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

Подставляя в формулу (4) значения высоты отливки  $C=365$  мм,  $\tau_{\text{опт}}=23,2$  с, получим  $V_{\text{ср}}=365/23,2=15,8$  м/с

Полученное значение  $V_{\text{ср}}$  соответствует допустимому значению 10...20 мм. Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле:

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (5)$$

где  $F_{\text{уз}}$  – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, м<sup>2</sup>;

$m$  – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку литниками и прибылями, кг;

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

$\mu_{\text{ф}}$  – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы;

$\rho$  – плотность заливаемого расплава, кг/м<sup>3</sup>;

$H_{\text{ср}}$  – средний металлостатический напор в форме, м;

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{\rho^2}{2 \cdot C}, \quad (6)$$

где  $H$  – напор металла от уровня металла в воронке до питателей, мм;

$P$  – высота отливки над питателем, мм;

$$H_{\text{ср}} = 200 - 0^2/2 \cdot 117 = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (5) значения  $m = 130,1$  кг;  $\mu_{\text{ф}} = 0,42$ ;  $\tau_{\text{опт}} = 23,2$  м/с с;  $\rho = 7200$  кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H_{\text{ср}} = 0,2$  м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки

$$F_{\text{уз}} = 130,1 / (7200 \cdot 0,42 \cdot 23,2 \sqrt{2 \cdot 9,81 \times 0,2}) = 0,00055 \text{ м}^2 = 5,5 \text{ мм}^2$$

Для сужающихся литниковых систем  $2F_{\text{уз}}$  является суммарной площадью сечений питателей для отливки:

$$2F_{\text{уз}} = \Sigma F_{\text{п}}, \quad (7)$$

где  $\Sigma F_{\text{п}}$  – суммарная площадь сечений питателей;

$\Sigma F_{\text{шл}}$  – суммарная площадь сечений шлакоуловителей;

$\Sigma F_{\text{ст}}$  – суммарная площадь сечений стояка;

Металл к отливке будем подводить через один стояк и один шлакоуловитель.

$$F_{\text{шл}} = \Sigma F_{\text{шл}} = 1,1 \Sigma F_{\text{п}} = 1,1 \times 11 = 12,1 \text{ см}^2;$$

$$F_{\text{ст}} = \Sigma F_{\text{ст}} = 1,5 \Sigma F_{\text{п}} = 1,5 \times 11 = 16,5 \text{ см}^2;$$

Стояк выполняется сужающимся кверху. Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ( $D_{\text{в}} = 100$  мм).

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

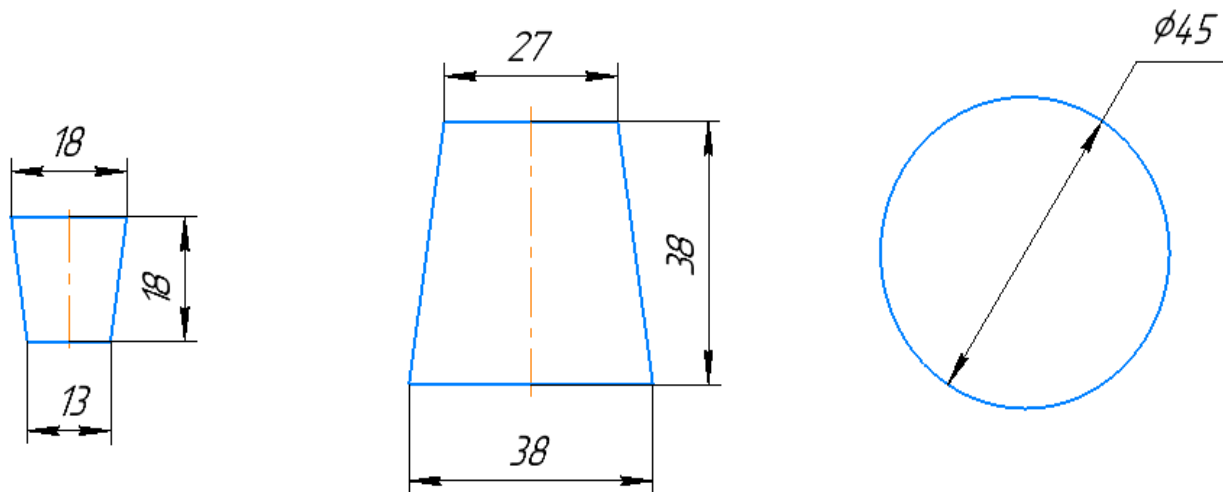


Рисунок 1 – Эскиз сечения элементов литниковой системы

## 2.9 Определения габаритов опок

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.

По таблице 27 [4] определим рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы в зависимости от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 2 отливок в форме.

Окончательно получаем размеры опок: 1000x800x500/500 мм.

## 2.10 Выбор составов формовочных, стержневых смесей и противопожарных красок

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Изготовление данной отливки происходит в песчано-глинистой форме, смесь уплотняется по «SEIATSU» процессу и заливается сталью 35Л, поэтому формовочная смесь имеет следующий состав:

– оборотная смесь	90...95 % мас;
– песок 2К2О303 (ГОСТ 2138-91)	5...8 % мас;
– крахмалит	0,8...2,0 % масс;
– бентонит	1,2...2,0 % мас.

Свойства формовочной смеси:

– прочность при сжатии	0,17...0,21 МПа;
– влагосодержание	3,1...3,4 %;
– газопроницаемость	не менее 100 ед.;
– общее содержание мелочи	11...13 %;

Подачу материала в роторно-вихревые смесители осуществляют в следующей последовательности: подача сухих компонентов (оборотная смесь, кварцевый песок), подача жидких компонентов смеси, затем осуществляют окончательное смешивание всех компонентов.

Для получения высокой точности стержней, их изготавливают в холодной оснастке, так как нет искажений оснастки при нагреве и охлаждении. Таким процессом является, в частности, Cold-box-amin-процесс. Стержневая смесь имеет следующий состав:

Массовая доля составляющих, %

– кварцевый песок 1К3О302	100
– фенольная смола ТУ 2257-005-29108557-96	0,8
– полиизоцианат ТУ 2257-005-29108557-96	0,8

Свойства стержневой смеси

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



- прочность на растяжение (через 1 час), МПа 8...10
- прочность на растяжение (через 24 часа), МПа 12...15

После уплотнения смеси в стержневом ящике пескострельным автоматом стержень продувается смесью паров высоколетучей жидкости – третичного амина с воздухом и смесь приобретает высокую прочность. Время продувки составляет 2-5 секунд, далее в течение 10-20 секунд стержень продувают воздухом для очистки от паров амина. В результате взаимодействия компонентов связующего в присутствии катализатора – амина образуется твердый полимер – полиуретан. Для подготовки, дозирования и подачи амина применяются специальные газогенераторы, которые испаряют амин, смешивают его с воздухом и подают в стержневой ящик. Живучесть смеси составляет от 2 до 4 часов.

Смесь амина с воздухом после прохода через стержневой ящик направляется в нейтрализатор, где полностью нейтрализуется разбавленной серной кислотой с образованием водорастворимой соли сульфата аммония. Степень очистки в этой системе близка к 100 %. Таким образом, весь тракт подачи амина полностью герметизирован, что обеспечивает безопасность процесса.

После изготовления готовые стержни окрашиваются самовысыхающей противопожарной краской марки ДСР-2 (ТУ 2.043.0224659.034-96), которая наносится окунанием. После окраски стержни следует выдержать на воздухе до сборки не менее 4 часов для полного высыхания покрытия.

По сравнению с процессами производства стержней в нагреваемой оснастке «Cold-Vox-Amin» - процесс имеет следующие преимущества:

- повышение точности стержней и отливок вследствие отсутствия термических напряжений, деформации и коробления стержней при их извлечении из оснастки и хранении;
- возможность применения для стержней сложной конфигурации, изготовления моноблоков стержней;
- высокое качество литых поверхностей деталей;

### 3 ПРОЕКТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Существует три вида развёрнутой производственной программы – точная, приведённая и условная. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой номенклатурой отливок.

Программа цеха 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.

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 цеха стального и чугунного литья производительностью 13000 тонн в год. Точная производственная программа приведена в таблице 7.

Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов с устойчивой номенклатурой отливок.

#### 3.1 Фонды времени

Для цехов стального 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 цеха, улучшить качество и снизить себестоимость продукции.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

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

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

- 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 цеха.

- 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.

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

$$\Phi_d = \frac{\Phi_n \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (8)$$

где  $\Phi_n$  – номинальный фонд времени, ч;

$\alpha$  – потери времени, %

Исходя из опытных данных примем  $\alpha$  равным 3,6.

$$\Phi_d = \frac{4036 \cdot (100 - 3,6)}{100} = 3890 \text{ ч.}$$

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Таблица 7 – Точная производственная программа.

Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт.	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1. Крышка пяты	Сталь 35Л	95	9579	910
2. Стопор		2	19861	1430
3. Крышка редуктора		96	14896	1430
4. Крюк		55	40182	2210
5. Головка		64	16250	1040
6. Колесо		113	10354	1170
7. Колено		80	8125	650
8. Колесо		52	10000	520
9. Кольцо		116	3362	390
10. Накладка		84	15476	1300
11. Опора		69	28261	1950
Итого				13000

### 3.2 Расчет производственных отделений литейного участка

#### 3.2.1 Плавильное отделение

##### 3.2.1.1 Расчет ведомости расхода металла на залитые формы

Основа расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла залитые формы, которая составлена на основе программы цеха и данных всех техпроцессов.

Количество отливок в год с учетом брака А (графа 9, таблица 2.) определяется по формуле:

$$A = \frac{\Gamma}{100 - Б} \cdot 100, \quad (9)$$

где Г – годовая программа, шт. (графа 4, таблица 2.);

Б – планируемый процент брака отливок (графа 6, таблица 2.);

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

$$A = \frac{9579}{100 - 3} \cdot 100 = 9876 \text{ шт.}$$

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 8 – Ведомость Расхода металла

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
1. Крышка пяты	95	Сталь 35Л	9579	910	3	296	28,14
2. Стопор	2		19861	1430		614	44,23
3. Крышка редуктора	96		14896	1430		461	44,23
4. Крюк	55		40182	2210		1243	68,35
5. Головка	64		16250	1040		503	32,16
6. Колесо	113		10354	1170		320	36,19
7. Колено	80		8125	650		251	20,1
8. Колесо	52		10000	520		309	16,08
9. Кольцо	116		3362	390		104	12,06
10. Накладка	84		15476	1300		479	40,21
11. Опора	69		28261	1950		874	60,31
Итого				13000			402,1

### 3.2.1.2 Выбор типа плавильных агрегатов

В качестве плавильного агрегата для плавки стали выбраны дуговые электропечи постоянного тока, они имеют ряд преимуществ:

- 1) меньший удельный расход электродов на 50-60 %;
- 2) снижение уровня шума на 15 дБ;
- 3) неприхотливость к размерам кусков шихты;
- 4) уменьшение газовыделения и пылеобразования;
- 5) более простой запуск печи, не требующей холостой колоши;
- 6) меньшая трудоёмкость при обслуживании печи и ремонте футеровки, производимых между плавками.
- 7) снижение уровня фликера на 50 %

Продолжение таблицы 8

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				
9	10	11	12	13	14
9875	938,1	35,1	130,1	346,98	1285,13
20475	1474,0	32,3	104,3	662,33	2136,56
15357	1474,0	41,1	137,1	631,81	2106,04
41425	2278,0	24,8	79,8	1028,4	3306,75
16753	1072,0	28,6	92,6	479,44	1551,61
10674	1206,0	39,3	152,3	419,4	1625,59
8376	670,1	31,0	111,0	259,3	929,4
10309	536,1	17,3	69,3	178,69	714,77
3466	402,1	42,5	158,5	147,2	549,26
15955	1340,0	29,1	113,1	463,57	1803,78
29135	2010,0	26,0	95,0	758,71	2769,02
	13402			5375,86	18777,9

3.2.1.3 Расчет ведомости баланса металла

Ведомость баланса металла составляется на основании ведомости расхода металла на залитые формы. Она составлена для сплава Сталь 35Л, выплавляемого на годовую программу. Исходя из опытных данных, принимаем значение угара, равное 3 %.

Ведомость баланса металла представлена в таблице 9.

При составлении баланса металла данные по статьям 1, 2, 3 в тоннах заносятся из таблицы 2, а данные по статьям 4, 5, в процентах от металлозавалки берутся из литературных справочников или на основании опыта работы базового предприятия.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Таблица 9 – Баланс металла

Наименование статей	Расход по маркам сплава	
	%	т
1. Годные отливки	65,8	13000,0
2. Литники и прибыли	27,2	5672,4
3. Брак отливок	3,0	402,1
4. Технологические пробы и опытные отливки	0,5	98,8
5. Сливы и сплески	1,5	296,2
Итого жидкого металла		19173,2
6. Угар и безвозвратные потери	1,5	296,5
Металлозавалка	100,0	19766,2

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (10)$$

где М – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т;

Г – масса годных отливок, т;

Л – масса литников и прибылей, т;

Б – масса бракованных отливок, т;

П – сумма потерь металла по статьям 4, 5, 6 баланса металла, %.

Подставляя в формулу соответствующие значения из таблицы 5, получим:

$$M = \frac{13000 + 5672,4 + 402,1}{100 - 3,5} \cdot 100 = 19766,2 \text{ т.}$$

После расчета металлозавалки определяются и заносятся в таблицу статьи 1, 2, 3 в процентах, а 4, 5, 6 – в тоннах, а затем суммарные данные по цеху. Значение возврата получаем сложением 2, 3, 4, 5 пункта таблицы 3. Возврат равен 44,4 %.

### 3.2.1.4 Расчет шихты и ведомости расхода шихтовых материалов

Расчет шихты производится исходя из требуемого химического состава сплава с учетом фактически используемых шихтовых материалов и применяемых плавильных агрегатов. В качестве плавильного агрегата используется дуговая сталеплавильная печь. Количество окислителей, шлакообразующих, раскислителей

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

и модификаторов энергии принимаем, опираясь на данные опытного предприятия. Состав и количество шихтовых материалов определяем на основании ведомости шихт и баланса металла. В таблице 10 содержатся данные о составе шихты по каждой марке выплавляемого металла с разделением шихт по группам материалов, по сортам. От баланса металла зависит расход металла, себестоимость жидкого металла и годного литья.

Таблица 10 – Расход шихтовых материалов.

Наименование материалов	Расход материалов	
	%	т
1.Металлическая шихта:		
а)возврат	31,2	6167,1
б)лом стальной 2А ГОСТ 2787-86	66,7	13183,9
в)чугун ПЛ1 кл. А кат. 2 ГОСТ 805-80	1,8	345,9
г)ферромарганец ФМн 78 А ГОСТ 4755-9	0,2	46,3
д)ферросилиций ФС 75 А2,5 ГОСТ 1415-78	0,1	23,7
Итого	100	19766,2
2.Окислители	5	98830
3.Шлакообразующие	3	59298
4.Раскислители и модификаторы	2	39532
5.Топливо (энергия) технологическое	600	11859600

### 3.2.1.5 Расчет количества плавильных агрегатов

Расчет вместимости печей для обеспечения потребностей;

$$Q = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{Н}}}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (11)$$

где Q – часовая потребность цеха в металле;

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

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33



$K_H$  – коэффициент неравномерности потребления (1,3...1,4) при мелкосерийном производстве и (1,0...1,05) при крупносерийном;

$\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени работы печи;

$$Q = \frac{19766,2 \cdot 1}{3890} = 5,08 \text{ т/ч.}$$

Емкость печи определяется по формуле;

$$\varepsilon = \frac{V_r \cdot K_H \cdot t_{ц}}{\Phi_d}, \quad (12)$$

где  $V_r$  – годовое количество потребляемого жидкого металла;

$K_H = 1,0 - 1,05$  (в условиях крупносерийного производства);

$\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени, ч;

$t_{ц}$  – продолжительность разливки одной плавки, ч;

$t_{ц} = 0,67$  исходя из опытных данных предприятий.

$$\varepsilon = \frac{19766,2 \cdot 1,2 \cdot 0,67}{3890} = 4,08 \text{ т.}$$

Под требования подходит печь ДППТУ-6,0

Техническая характеристика ДППТУ-6: [4]

– номинальная вместимость, т	6;
– установленная мощность по трансформатору, МВА	4,3;
– угар шихтовых материалов %	1,5;
– производительность, т/ч	2,7;
– диаметр графитовых электродов, мм	300.

Расчетное количество плавильных агрегатов определяется по формуле

$$P'_1 = \frac{V_r \cdot K_H}{\Phi'_d \cdot N'_{\text{расч}}}, \quad (13)$$

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

$\Phi'_d$  – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N'_{расч} = 2,7$  т/ч – производительность оборудования расчетная, (принятая) исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

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

$$P'_1 = \frac{19766,2 \cdot 1,2}{3890 \cdot 2,7} = 2,25 \text{ шт.}$$

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

$$P'_2 = \frac{P'_1}{K_3}, \quad (14)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки ( $K_3 = 0,7 \dots 0,85$ ).

$$P'_2 = \frac{2,25}{0,8} = 2,81.$$

Принимаем, что  $P'_2 = 3$ ; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется формулой:

$$K_{зд} = \frac{P_1}{P_{2(\text{целое})}}, \quad (15)$$

$$K_{зд} = \frac{2,25}{3} = 0,75.$$

Для фактического коэффициента загрузки основного формовочного оборудования, должно выполняться условие  $K_3 \geq K_{зд}$ . Для того чтобы обеспечить стабильную работу участка в печи допускается перегруз до 20 %. Равенство соблюдается.

$$0,75 \leq 0,85.$$

### 3.2.1.6 Расчет потребностей по всем видам ковшей

Учитывая емкость печи (6 тонн), условия плавки, среднюю массу отливок с ЛПС 124,3 кг, в форме находится в среднем 2 отливки, то есть металлоемкость

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

формы 248,6 кг, число заливок из ковша для стали 6...8 форм. Выбираем ковш для раздатки – 6 тонн, а разливочные ковши – 2 тонны.

Вместимость заливочного ковша определяется максимальной металлоемкостью формы. Формы заливаем с помощью поворотного ковша, емкостью 2 т.

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

$$n_k = \frac{g'_{Me} \cdot \tau_{ц.к.} \cdot K_n}{g_k}, \quad (16)$$

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

$$g_{me} = \frac{V_{\Gamma}}{\Phi_d}, \quad (17)$$

Рассчитываем часовую потребность цеха в металле:

$$g_{me} = \frac{19766,2}{3890} = 5,08 \text{ т/ч.}$$

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  $\tau_{ц.к.} = 0,33$  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:

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$n_k = \frac{5,08 \cdot 0,33 \cdot 1,5}{2} = 1,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

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 футеровки. Число ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течении года, устанавливается формулой:

$$n_{к.р} = \frac{n'_k \cdot \tau_{рем.к.} \cdot K_n \cdot n_p}{\Phi_p}, \quad (18)$$

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;

$K_n$  – 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 углеродистой стали составляет 0,6 месяца или 20 ремонтов в год. Принимаем  $n_p = 20$ .

Подставляя в формулу найденные данные, находим

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

Объем раздаточного ковша выбирается пропорционально объему печи 1:1. Расплав из печи сливается в ковш, емкостью 6 тонн. Чтобы обеспечить металлом данный поток, определим количество раздаточных ковшей по формуле (16).

$$n_k = \frac{5,08 \cdot 0,33 \cdot 1,5}{6} = 0,419 \approx 1 \text{ шт.}$$

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

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 ковшей, постоянно находящихся в ремонте в течении года, устанавливается по формуле (18).

$$n_{к.р.} = \frac{1 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 20}{1610} = 0,223 \approx 1 \text{ шт.}$$

Исходя из того, что один ковш находится в ремонте, примем количество раздаточных ковшей равное 3 штукам.

Рассчитана необходимость в двух разливочных ковшах емкостью 2 тонны и в трёх раздаточных ковшах емкостью 6 тонны. В ремонте постоянно один разливочный ковш и один раздаточный. Дополнительно необходимо иметь 2 разливочных и два раздаточных ковша. Таким образом, общее число ковшей равно 9.

### 3.3 Расчет формовочного отделения

Изготовление отливок происходит в песчанно-глинистой форме.

Состав формовочной смеси представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Состав формовочной смеси

Компонент смеси	Количество
Оборотная смесь	90...95 % мас;
Кварцевый песок ГОСТ 2138-9	5...8 % мас;
Бентонитовая глина ГОСТ 28177-89	1,2...2,0 % мас;
Добавки крахмалистые	0,05...0,1 % мас;
ПАВ (сульфинол)	0,03...0,05 % мас.

Свойства формовочной смеси:

- Прочность при сжатии 0,17...0,21 МПа;
- Влагосодержание 3,1...3,4 %;

- Газопроницаемость более 100 ед.;
- Содержание активного бентонита 7,0...8,0 %;

Изготовление форм происходит по SEIATSU-процессу.

Заполнение формовочной смеси в опоку происходит равномерно по всей плоскости формы. Во избежание превышения уровня смеси в составе формовочного автомата посередине бункера-дозатора находятся склизы (облицованные тефлоновыми плитами) для сбрасывания смеси от транспортной ленты в углы бункера. Угол склизов регулируется. Дозировка формовочной смеси от ленточного транспортера регулируется по выбору: по весу или по времени. При этом формовочные автоматы для стального литья имеют два автоматическидвигающихся бункера-дозатора для модельной и наполнительной смеси, каждая из которых может дозироваться по весу. Бункер-дозатор, облицованный антифрикционными тефлоновыми плитами, имеет специальный рычажный механизм открытия, который обеспечивает одновременное открытие жалюзи для подачи песка.

Передвижной бункер-дозатор с устройством взвешивания позволяет равномерно распределять формовочную смесь.

Транспорт опок через участки заливки и охлаждения производится с помощью транспортных тележек с электроприводом.

Такие операции, как удаление излишков смеси, фрезерование литниковой воронки или накалывание выпоров производятся на формовочной линии полностью автоматически. Очень удобным является то, что в компьютер, установленный на линии, могут быть введены необходимые параметры формы, например вид и количество литниковых воронок и выпоров.

Операции по изготовлению форм и их выбивка является наиболее трудоемким, но их возможно автоматизировать и механизировать.

Достоинства SEIATSU-процесса:

- Равномерная твердость формы
- Меньше стержней
- Лучшее использование плоскости разъема отливками

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

- Уменьшение затрат на очистку отливок
- Гуманная технология (уплотнение воздушным потоком)
- Гидравлическое уплотнение

Отливки изготавливаются на автоматической линии HSP-3D.

Опока и наполнительная рама на модельной плите наполняются формовочной смесью и с помощью поворотного стола продвигаются под устройство уплотнения смеси. Стол машины поднимает наполненную смесью опоку с наполнительной рамой и модельной плитой и придавливает их к прессовой головке таким образом, что пространство форм становится герметично закрытыми.

Далее на короткое время открывается воздушный клапан «SEIATSU», воздушный поток проходит формовочную смесь от контрлада в сторону модели и выходит через венты в держатели подмодельной плиты. Поток воздуха толкает частицы смеси в сторону модели, что позволяет добиться наибольшего уплотнения формовочной смеси вблизи самой модели. При использовании моделей сложной конфигураций, например с глубокими карманами, могут устанавливаться дополнительные венты, благодаря чему достигается повышенная уплотненность высоких формовочных болванов. Во время краткосрочного прохождения потока воздуха через смесь в то же время происходит и «омывание» модели воздухом по минимальному пути сопротивления, эффект «псевдосмазки», что в дальнейшем облегчает протяжку модели из формы.

Для извлечения простых моделей на производствах часто обходятся без предварительного уплотнения воздушным потоком.

Дополнительное прессование на формовочной линии HSP-3D происходит с помощью гидравлического пресса с мембраной.

Процесс уплотнения отличает минимальный износ модели. Даже для относительно крупных серий отливок на практике используются модели из дерева и пластмассы.

Использование поворотного стола для смены моделей нижних и верхних полуформ позволяет поддерживать чистоту модельной оснастки, прямо на модели

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

перед формовкой удобно устанавливать экзотермические питатели, холодильники. Для изготовления стержней используется «Cold-box-amin» - процесс.

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

### 3.3.1 Расчет числа автоматических формовочных линий

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

Расчетное число автоматических формовочных линий  $P_{\phi 1}$  определяется по формуле:

$$P_{\phi} = \frac{n}{K_3 \cdot \Phi_d \cdot N_{\text{расч}}} \quad (19)$$

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;

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

Принимаем  $K_3 = 0,94$

Производительность линии HSP-3D – 50 форм/ч.

$N_{\text{расч}} = 50 \cdot 0,94 = 47$  форм/ч.

Подставляя в формулу полученные значения, находим:

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



$$P_{\phi} = \frac{90900}{0,94 \cdot 3645 \cdot 47} = 0,56 \approx 1 \text{ шт.}$$

Из расчетов следует, что в цехе 1 автоматическая формовочная линия.

### 3.4 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 96000 x 72000 мм. Установлено 3 дуговых сталеплавильных печей постоянного тока, емкостью 6 тонн каждая, 1 автоматическая формовочная линия HSP-3D. Со складов шихта с помощью передаточных тележек доставляется в плавильное отделение. Плавка осуществляется в дуговых печах постоянного 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 15 тонн. Разливка осуществляется стопорными 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 непосредственно в производственных отделениях, с целью проверки химического состава, температуры.

На участке предусмотрен резервный кран на случай выхода из строя основного. По расчету необходимы 2 разливочных и 3 раздаточных ковша. При выходе из строя

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

основных ковшей предусмотрены резервные в количестве 4 штук. На участке имеется зона ремонта футеровки и ковшей. Данный участок удовлетворяет современным требованиям литейного производства.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

#### 4 СРАВНЕНИЕ ПЕЧЕЙ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Общая информация:

В настоящее время основной объем электростали производится в дуговых печах переменного тока. Ряд недостатков этих печей затрудняет их эксплуатацию. Они являются источником интенсивных помех в питающих энергосистемах, имеют высокий уровень шума, достигающий до 120 дБ, вызывают сильную запыленность и загазованность окружающей среды, работают с относительно низким коэффициентом мощности. С целью устранения указанных недостатков в последние годы значительное внимание уделяется созданию дуговых печей постоянного тока.

Дуговые печи постоянного тока (ДППТ) вобрала в себя накопленный опыт эксплуатации и конструирования дуговых сталеплавильных печей переменного тока (ДСП) и мощных преобразователей постоянного тока, разработанных ранее для других областей техники. Аналогичные конструктивные исполнения важнейших элементов печей ДСП и ДППТ кожуха и свода, механизмов наклона печи и перемещения электрода, одинаковая схема загрузки шихты и разлива металла, использование одних и тех же огнеупорных материалов позволяют хорошо вписывать ДППТ в существующие технологические линии литейных и металлургических цехов, почти полностью использовать разработанные технологические процессы плавления и рафинирования металла.

В отличие от ДСП ДППТ имеет один вертикально расположенный сводовый электрод, который закреплен в корпусе электрододержателя и через отверстие в центре свода введен в плавильное пространство электропечи. Электропечь выполняется более газоплотной, чем ДСП; требования к качеству шихтовых и футеровочных материалов в печах ДППТ и ДСП идентичны.

Одним из основных элементов ДППТ является конструкция токоподвода к шихте. Для подвода тока к переплавляемому материалу в ДППТ используется либо токопроводящая подина с металлическими элементами, либо один или несколько стержневых подовых электродов.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Сталеплавильные печи с токопроводящей подиной созданы рядом зарубежных фирм на вместимость до 150 т . Принципиальным недостатком токопроводящей подины с металлическими элементами является отсутствие возможности горячих межплавочных ремонтов подины, что ограничивает ресурс ее работы несколькими сотнями плавов . Использование в подине углеродсодержащих материалов приводит к дополнительному науглероживанию жидкого металла.

В нашей стране ДППТ выполняются со стержневыми водоохлаждаемыми подовыми электродами. По конструкции подовый электрод состоит из стальной головки, контактирующей с расплавленным металлом и обеспечивающей способность электрода самовосстанавливаться, и медного водоохлаждаемого корпуса . Зона водяного охлаждения вынесена за пределы кожуха печи, а для контроля за тепловым состоянием подовый электрод снабжен термопарами. Геометрические размеры головки и корпуса подового электрода рассчитываются путем математического моделирования с учетом движения жидкого металла под действием электромагнитных сил.

На плазменных печах и ДППТ вместимостью до 30 т нами накоплен опыт эксплуатации подин с электродами описанной конструкции. Благодаря способности подовых электродов самовосстанавливаться в процессе плавки и возможности горячих межплавочных ремонтов подины ресурс непрерывной работы подовых электродов составляет 23 тысячи плавов и определяется сроком холодного ремонта подины, осуществляемого при капитальных ремонтах печи. При этом подовый электрод проходит ревизию, техническое обслуживание и устанавливается на печь для повторной эксплуатации.

Электропитание ДППТ производится от специализированного источника постоянного тока, отрицательный полюс которого соединяется со сводовым электродом (катодом), а положительный полюс соединяется с конструкцией токопровода к переплавляемому металлу (аноду). Источник питания представляет собой комплект электрооборудования, включающий силовой трансформатор, преобразователь, реакторы постоянного тока и теплообменник (в случае водяного

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

охлаждения преобразователя).

Источник питания располагается в специальном помещении, которое может находиться на достаточно большом расстоянии от самой печи (при необходимости десятки и даже сотни метров).

Электрический режим ДППТ в нашей стране имеет особенности, обеспечивающие снижение уровня колебаний напряжения дуги в период расплавления. Это достигается путем удерживания сводового электрода над уровнем шихты без заглобления в колодец при более высоком по сравнению с ДСП напряжении источника электропитания в начале плавки. Напряжение дуги по ходу плавки самопроизвольно меняется в широких пределах от максимального уровня вскоре после включения печи до величин в 2—3,5 раза меньших к моменту окончания расплавления. Анализ причин этого явления показывает, что напряжение дуги зависит не только от тока, состава печной атмосферы и величины межэлектродного промежутка, но также и от температуры газа в рабочем пространстве печи, которая однозначно связана с энтальпией шихты. При прочих равных условиях рост температуры шихты приводит к снижению напряжения дуги.

Для поддержания вводимой в печь мощности на постоянном уровне описанное снижение напряжения одновременно компенсируется соответствующим директивно задаваемым увеличением тока дуги, а в конструкцию источника электропитания заложены технические решения, обеспечивающие экономную реализацию указанных режимов.

Источник питания печи имеет два трехфазных выпрямителя, которые посредством дистанционно управляемой полупроводниковой коммутирующей аппаратуры могут быть включены либо последовательно, либо параллельно. Плавка начинается при последовательном соединении выпрямителей и напряжении  $U_{19}$  обеспечивающем нахождение электрода над уровнем шихты. Ток  $I_X$  в этот период составляет не более половины от его максимального значения /2. При таком режиме плавки обвалы шихты минимальны, металл относительно равномерно нагревается до температуры 800—1200 °С, теряет механическую прочность и оседает. Вслед за

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

этим выпрямители переключаются на параллельное соединение, и плавка продолжается при напряжении  $U_2$ , в 2 раза меньшем и на токе  $I_2$  в 2 раза большем.

Еще одно техническое решение, позволяющее более полно использовать установленную мощность источника, заключается в том, что печной трансформатор выполняется с несколькими ступенями постоянной мощности, когда по мере снижения напряжения отдельных ступеней вентильной обмотки пропорционально растет их номинальный ток.

В совокупности описанные технические решения позволяют в период расплавления наиболее близко согласовать параметры источника с требуемыми в каждый текущий момент уровнями напряжения и тока дуги при постоянстве вводимой в печь мощности и максимальной близости ее к установленной мощности источника.

В этих условиях поддерживается низкий уровень высших гармоник тока, генерируемых источником в питающую энергосистему, а также малы колебания мощности, что в сочетании с повышенной газоплотностью печи обеспечивает минимальные пылегазовыбросы и снижение окисления шихты и содержащихся в ней легирующих элементов.

Для количественной оценки введем понятие о коэффициенте использования установленной мощности источника.

На первой в нашей стране 12т ДППТ, введенной в эксплуатацию в 1981 г., коэффициент  $K_{\text{л}}$  не превышал 0,25; на 0,25т печи ПО "Ижсталь" он составляет 0,41—0,56; на 130т ДППТ японской фирмы Токио "Стил" он равен 0,36—0,47, а на проектируемых сейчас в фирме "Арктерм" акционерного общества ВНИИЭТО ДППТ новой серии расчетное значение  $K_{\text{л}}$  составляет 0,63—0,67.

Межэлектродный промежуток (длина дуги) в каждый текущий момент плавки устанавливается так, чтобы процесс форсированного нагрева и плавления металла сочетался с допустимой тепловой нагрузкой на футеровку.

Для анализа тепловой работы ДППТ при их проектировании используется математическое моделирование на ЭВМ. В математической модели, созданной для

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

этих печей , в качестве входных данных задаются геометрические размеры печи, теплофизические свойства загружаемой шихты и получаемого расплава, а также материала электрода и футеровки печи; \* закон изменения мощности, поступающей в печь, и связанное с ним изменение длины дуги. Выходные данные модели, рассчитываемые в динамике: температурное поле шихты, электрода, футеровки; распределение потоков энергии в печном пространстве, тепловые потери через футеровку, тепловой КПД, масса расплава; кроме того, интегральные показатели плавки: время расплавления, удельный расход электроэнергии, КПД. Достоверность модели в количественном и качественном отношении была установлена путем сравнения с результатами экспериментов и опытных плавок.

В отличие от ДСП в ДППТ ток дуги проходит через расплав от подового электрода на две ванны к дуговому пятну на ее поверхности, т.е. по всей глубине ванны. При взаимодействии тока с собственным магнитным полем в жидком металле возникают электромагнитные силы, вызывающие его направленное движение и перемешивание.

Проведенные измерения и расчеты показывают, что в печах вместимостью 0,4...25 т скорость движения жидкого металла в центральной части ванны составляет  $\sim 0,12...0,35$  м/с, что соответствует числам Рейнольдса  $3,5 \cdot 10^4...10^5$ , т.е. реализуются режимы развитых турбулентных течений, при которых в ванне обеспечивается эффективное выравнивание полей температуры и концентрации вводимых в металл присадок.

Электрическая дуга в ДППТ питается от тиристорного преобразователя постоянного тока, обеспечивающего высокую стабильность токового режима, в результате чего в ДППТ по сравнению с ДСП обеспечивается снижение уровня шума в среднем на 15 ДВА.

В ДППТ расплавляемый металл контактирует только с анодным пятном электрической дуги, а в ДСП на металле попеременно располагаются анодное и катодное пятна. Поскольку плотность тока и удельный тепловой поток в анодном пятне на порядок ниже, чем в катодном, при плавке в ДППТ испаряется значительно

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

меньше металла и шлака и образуется в 6—8 раз меньше пыли, чем при плавке в ДСП. По этой причине в ДППТ можно плавить металлы и сплавы, имеющие относительно низкую температуру плавления (например, алюминий), обеспечивая минимальные угары переплавляемых материалов, чего нельзя достигнуть при плавке в ДСП.

Таким образом, ДППТ обладают следующими преимуществами перед ДСП: уменьшается расход графитированных электродов до 0,8—1,5 кг на 1 т стали; увеличивается выход годного металла за счет снижения его угара на 3—4 %; снижается расход ферросплавов на 15—20%; уменьшаются пылевывбросы в 6—8 раз и снижаются затраты на газоочистку; снижается уровень шума на 15ДБА; стабилизируется электрический режим, уменьшаются помехи и толчки тока в питающей энергосистеме (уменьшается фликер в 2—3 раза); появляется возможность организовать электромагнитное перемешивание жидкого металла; источник электропитания печи при необходимости можно вынести за пределы цеха.

Для наглядности, основные параметры печей ДСП и ДППТУ приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные параметры печей постоянного и переменного тока

Параметр	ДППТУ-6	ДСП-6
Номинальная емкость печи, тонн	6,0	6,0
Электрическая мощность, КВА	5000	5000
Время расплавления завалки, мин	46	58
Удельный расход энергии на плавку, КВт	520	470
Общий угар, %	1,5	5
Удельный расход электродов, кг/т	1,5	16
Необходимость оборудования пылегазоочистки	минимальная	необходимо



## 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛИТЕНОМ 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).

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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

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.

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:

- а) рабочее;
- б) аварийное для продолжения работы;
- в) 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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

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.

### 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 производится 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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

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.

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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

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 Дуговые электропечи

Электропечи должны быть оборудованы устройствами для удаления отходящих дымовых газов и очистки их от пыли.

Конструкция фундамента печи должна обеспечить удобный осмотр кожуха подины и ремонт механизма наклона. Фундамент должен иметь уклон в сторону литейного зала на случай ухода металла через подину.

Устройство и эксплуатация всего электрооборудования электроплавильных печей должны соответствовать действующим "Правилам устройства электроустановок" (ПУЭ) и "Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" (ПТБ), утвержденным Главгосэнергонадзором Министерства энергетики и электрификации СССР 21.12.84, с последующими дополнениями и изменениями.

Наклоняющиеся и качающиеся электропечи с электроприводом должны иметь ограничители наклона, самотормозящие устройства и блокировку для автоматического отключения тока от нагревательных элементов при наклоне печи на выпуск металла.

Пускатели наклона печей должны быть установлены в таком месте, чтобы с него видно было струю жидкого металла, идущую из печи, и крановщика, участвующего в разливке металла. Направление вращения маховика пускателя (контроллера) должно совпадать с направлением наклона печи.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

В случае применения для наклона печи гидравлического привода должны быть приняты меры, исключающие возможность попадания расплавленного металла и шлака на гидравлические устройства.

На щитах и пультах управления электропечей должна быть установлена световая сигнализация, указывающая на включенное или отключенное положение нагревательных элементов печи, а на рабочей площадке печи установлена кнопка аварийного отключения.

Включать электропечи для просушки или плавки металла можно только после их тщательного осмотра дежурным электромонтером квалификации не ниже 4 группы по электробезопасности.

Крепление электродов должно быть надежным, а трубопроводы охлаждающей системы должны находиться в исправном состоянии.

Включение и отключение напряжения во время плавки должно производиться с помощью отключающего устройства, выведенного на лицевую сторону щита или пульта управления, и при обязательно поднятых электродах.

Регулировка электродов в процессе плавки должна быть автоматизирована.

Установка электродов, осмотр печи и другие работы, связанные с непосредственным соприкосновением с электродами, а также замена заслонок допускаются только при снятом напряжении.

Для сборки электродов и установки заменяемых электродов возле электропечи должен быть устроен специальный станок.

Часть электрода, находящаяся под рабочей площадкой, должна быть ограждена.

Допускается производить наращивание электродов на печах. Перед началом наращивания электродов печь должна быть отключена.

Перед сменой электродов нарезная часть металлического ниппеля должна быть полностью (до конца нарезки) ввернута в электрод.

Крепление головок электродов должно систематически проверяться и во всех случаях его ослабления печь должна быть немедленно отключена.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Зажатие и освобождение электродов в электродержателях должны быть механизированы. Управление механизмом зажима электродов должно производиться с площадки у печи.

Электроды должны свободно перемещаться в сводовых отверстиях и не касаться кладки свода.

Зажимы электродов должны быть изолированы от стоек печи и заземленных узлов. Зазоры между электродными кольцами и электродами должны иметь уплотнения.

Отверстия для электродов в своде печи должны иметь уплотняющие кольца для уменьшения выделения газов в рабочее помещение.

Дуговые электропечи с расположением электродов на недоступной от пола высоте должны быть оборудованы площадками с лестницами для удобной и безопасной замены электродов. Замена должна производиться с помощью подъемных механизмов.

Находиться людям под печью в период расплавления шихты запрещается.

В целях предупреждения работающих под рабочей площадкой и в литейном пролете о предстоящем наклоне печи для скачивания шлака или выпуска металла должна быть устроена светозвуковая сигнализация. Сигнал должен подаваться за время, достаточное для выхода людей в безопасную зону.

Рабочая площадка печного пролета по всему периметру должна иметь перильное ограждение и сплошную обртовку по низу.

Вблизи рабочего окна часть перильного ограждения должна быть съёмной.

Зазоры между рабочей площадкой печного пролета и наклоняющейся печной площадкой с боковых сторон печи должны быть не более 80 мм для печей емкостью менее 50 т.

Заправка подины, откосов и стен электропечей должна быть механизирована.

Для предупреждения обвалов металлошихты в жидкий металл должны приниматься меры по своевременному обрушению кусков шихты с откосов.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Для установки газокислородной горелки в завалочное окно электропечи в крышке окна должно быть устроено специальное отверстие, соответствующее размерам горелки.

Газокислородные горелки должны быть оборудованы запорной арматурой, а также приборами, контролирующими расход и давление газа, кислорода и охлаждающей воды.

Горелка перед включением должна быть продута кислородом, после чего должен подаваться газ.

Запрещается устанавливать заданный расход газа и кислорода, не убедившись в загорании смеси.

Отключение горелки должно производиться в обратном порядке. В случае аварии в первую очередь должен быть отключен кислород.

В случае прогара водоохлаждаемой горелки она должна быть отключена и выведена из рабочего пространства печи в крайнее верхнее (нерабочее) положение.

Для контроля за положением горелки на каретках должны быть специальные указатели.

Во время работы газокислородной горелки крышка завалочного окна должна быть закрыта.

Для скачивания шлака под завалочным окном должен быть устроен спускной желоб под рабочую площадку. Отверстие в рабочей площадке должно перекрываться съемной футерованной крышкой. Во время скачивания шлака должны устанавливаться щиты, предохраняющие рабочих от брызг.

Устройство желоба для выпуска металла из печи должно исключать возможность переполнения его металлом, а также разъедание футеровки желоба и прорыва металла при выпуске плавки.

Выпускное отверстие печи после выпуска плавки и заправки печи должно быть закрыто до появления жидкого металла от расплавления металлошихты.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57



Для обслуживания выпускного желоба возле него должна быть устроена металлическая площадка с перилами. Поверхность площадки должна быть футерована кирпичом и не должна иметь выбоин.

Для приема скачиваемого шлака должны применяться шлаковые ковши или шлаковни.

Шлаковни должны быть снабжены устройством для их транспортирования и кантовки.

Ковши и шлаковни, установленные для приема шлака, должны быть сухими и изнутри покрыты известковым раствором.

Пол под печью, а также дно приемка для установки шлаковень должны быть сухими.

Переполение ковшей или шлаковень шлаком не допускается. Осадка пенящегося шлака должна производиться сухим боем огнеупоров или песком.

Работы по очистке пространства под печью, а также приемков от шлака и мусора допускается выполнять только в начале плавления шихты до образования значительного количества жидкого металла и с соблюдением следующих требований:

- а) работы должны выполняться с ведома сталевара печи;
- б) проемы в рабочей площадке должны быть перекрыты;
- в) пространство под рабочей площадкой должно быть освещено.

Водоохлаждаемые элементы печей перед их установкой должны подвергаться гидравлическому испытанию на величину  $1,5P_{\text{раб}}$ , где  $P_{\text{раб}}$  - рабочее давление охлаждающей воды.

Соединение водоохлаждаемых элементов должно допускать возможность отключения отдельных элементов от системы охлаждения.

Вода, подаваемая для охлаждения, должна быть очищена от механических примесей.

Подвод охлаждающей воды должен производиться в нижнюю часть охлаждаемых элементов, а отвод нагретой воды – от верхней их части.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Запорная арматура для отключения водоохлаждаемых элементов системы охлаждения печи должна размещаться в доступных и безопасных для обслуживания местах или снабжаться выведенными в такие места штурвалами.

Отвод охлаждающей воды должен производиться в водосборные резервуары, установленные в местах, исключающих попадание в них жидких металла и шлака.

Температура воды, отходящей от водоохлаждаемых элементов, должна быть ниже температуры выпадения осадков временной жесткости и предусматриваться инструкцией предприятия.

Охлаждаемые элементы должны периодически осматриваться и при необходимости заменяться.

Все элементы охлаждения печи и подвода воды должны быть герметичными.

Подача охлаждающей воды должна быть бесперебойной.

Располагать подводы и отводы охлаждающей воды под завалочным окном и выпускным желобом запрещается.

В случае прекращения подачи воды в охлаждающую систему или в случае сильной течи воды, парообразования или срыва паром шланга должно быть немедленно снято напряжение с нагревательных элементов. Пуск воды вновь в охлаждающую систему необходимо производить медленно во избежание интенсивного парообразования и возможного взрыва. Разогретые охлаждаемые части, через которые проходят электроды, перед пуском в них охлаждающей воды должны быть предварительно охлаждены сжатым воздухом.

При обнаружении перегрева кожуха пода или стенок печи охлаждение этих мест во время плавки допускается только сжатым воздухом до полной остановки печи для ликвидации перегрева. Охлаждение водой категорически запрещается.

На всех электропечах (за исключением тигельных печей сопротивления) загрузка шихты, подшихтовка, введение присадок, перемешивание расплавленного металла, снятие шлака и взятие проб должны производиться только при снятом с нагревательных элементов напряжении.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Все ремонтные работы на своде электропечи, рукавах, механизме наклона и стойках печи, а также работы по очистке электрооборудования, шлаковых и сливных приемков могут производиться только после отключения напряжения.

## 5.6 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;

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:

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

- 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.

### 5.7 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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

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.

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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Литейные инструменты (счищалки 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.

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.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с заданием выпускной квалификационной работы была разработана технология изготовления детали «Крышка пяты», спроектирован участок литейного цеха стального литья годовой производительностью 13000 тонн отливок в год.

Сравнение отечественной и зарубежной металлургии показывает, что отечественная металлургия набирает темпы развития, идет переоборудование цехов, замена устаревших агрегатов и технологий более новыми. Отставание от зарубежных технологий все еще велико, но благодаря новым программам развития и образованию новых специалистов, развитие отечественных технологий идет полным ходом.

Произведен расчет технологической части, рассчитана и спроектирована литниково питающая система. Выбрано оптимальное использование материалов, разработана конструкция стержней. Проведен сравнительный анализ печей ДСП и ДППТУ.

Рассчитано количество и тип плавильных агрегатов, потребность по всем видам ковшей, действительный фонд времени для заливщиков. Произведен расчет шихтовки для стали 35Л.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Знаменский, Л. Г. Теория литейных процессов : учебное пособие / Л. Г. Знаменский, В. К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 1999. – 163 с.

2. Клецкин, Б. Э. Производство отливок из сплавов на основе железа : учебное пособие / Б. Э. Клецкин, В. И. Швецов. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2000. – 103 с.

3. Козлов, Л. Я. Производство стальных отливок : учебник для вузов / Л. Я. Козлов, В. М. Колокольцев, К. Н. Вдовин. – Москва : МИСИС, 2003. – 352 с.

4. Кулаков, Б. А. Проектирование и реконструкция литейных цехов : учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б. А. Кулаков, Л. Г. Знаменский, О. В. Ивочкина.

5. Кулаков, Б. А. Технология изготовления литейных форм : учебное пособие к лабораторным и практическим занятиям / Б. А. Кулаков, В. И. Швабауэр, Б. Э. Клецкин. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 1998. – 95 с.

6. Методика расчета литниково-питающих систем с применением экзотермической вставки [Электронная вставка] // Материалы для литейного производства и металлургии, литейные фильтры и модификаторы. – Минск, 2000-2019. – Режим доступа: <http://www.beltl.ru>. – 05.06.2019.

7. Миляев, А. Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов : учебное пособие / А. Ф. Миляев. – Магнитогорск : Издательство МГТУ, 2001. – 410 с.

8. Могилев, В. К. Справочник литейщика : справочник для профессионального обучения рабочих на производстве / В. К. Могилев. – Москва : Машиностроение, 1988. – 272 с.

9. Сафронов, В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – 1985. – 320 с.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



10. Труды XIII съезда литейщиков России, 18-22 сентября 2017 г. / Российская ассоциация литейщиков ; Правительство Челябинской области. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 438 с.

11. Фанталов, Л. Г. Основы проектирования литейных цехов и заводов : учебник для вузов / Л. Г. Фанталов, Б. В. Кнорре, Л. И. Четвертухин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 376 с.

12. Чуркин, Б. С. Технология литейного производства : учебник / Б. С. Чуркин. – Екатеринбург : Издательство Уральского государственного профессионально-педагогического университета, 2000. – 662 с.

13. Швабауэр, В. И. Технологические основы литейного производства : учебное пособие для студентов заочного обучения / В. И. Швабауэр, Б. А. Кулаков. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2001. – 106 с.

14. Экзотермические и изоляционные оболочки [Электронный ресурс] // Химический завод «Уралхимпласт – Хюттенес Альбертус». – Нижний Тагил, 2013-2019. – Режим доступа: <http://ucp-ha.ru>. – 5.06.2019.

15. Экзотермические оболочки, вставки, прибыли [Электронный ресурс] // Пенокерамические, керамические фильтры. Оболочки для литья. – Санкт-Петербург, [б. г.]. – Режим доступа: [www.sq-spb.ru](http://www.sq-spb.ru). – 5.06.2019.

16. Ямпольский, Е. С. Проектирование литейных заводов и цехов : справочник / под редакцией Е. С. Ямпольского. – Москва : Машиностроение, 1974. – 294 с.

					22.03.02.2019.177.00. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66