

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт политехнический
Факультет заочный
Кафедра литейного производства

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор
_____/Б.А. Кулаков/
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2020 г

«Литейные технологии производства чугунной отливки
«Проставка» массой 10,5 кг»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.03.02.2020.140 ПЗ ВКР

Руководитель проекта

(должность)
_____/ О.М. Заславская /
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2020 г.

Автор проекта
студент группы ПЗ-537

_____/ К.И. Соболев /
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер

(должность)
_____/ _____ /
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Соболев К. И. «Литейные технологии производства чугунной отливки «Проставка» массой 10,5 кг». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ – 537, 2020, 83 с., 9 ил., библиогр. список – 17 наим., 1 прил., 5 листов чертежей ф. А1

Темой выпускной квалификационной работы является «Литейные технологии производства чугунной отливки «Проставка» массой 10,5 кг».

В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование плавильного и формовочно-заливочно-выбивного, а также дано описание остальных отделений литейного цеха.

В технологической части работы разработан технологический процесс изготовления отливки «Проставка» из чугуна СЧ20 по ГОСТ 1412-85.

Отливку «Проставка» предложено изготавливать в одноразовой песчаной форме по α -SET процессу и стержни на основе β -SET процесса.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбраны составы формовочных и стержневых смесей.

Тема специальной части проекта «Способы модифицирования чугуна».

В разделе безопасность жизнедеятельности проработаны вопросы безопасной работы литейного цеха.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Соболев К.И.</i>			<i>Литейные технологии производства чугунной отливки «Проставка» массой 10,5 кг</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Заславская О.М.</i>				<i>Д</i>	<i>83</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра ЛП</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>						
<i>Утв.</i>		<i>Кцлаков Б.А.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
2.1 Анализ технологичности отливки.....	17
2.2 Выбор способа изготовления отливки.....	17
2.3 Выбор положения отливки в форме.....	18
2.4 Определение поверхности разъема формы.....	18
2.5 Определение припусков на механическую обработку.....	18
2.6 Определение формовочных уклонов.....	19
2.7 Определение количества и конструкции стержней.....	19
2.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	20
2.9 Выплавка металла.....	24
2.10 Изготовление форм.....	26
2.11 Изготовление стержней.....	30
2.12 Финишные операции.....	32
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ	
3.1 Производственная программа.....	34
3.2 Структура литейного цеха.....	34
3.3 Режим работы и фонды времени.....	35
3.4 Плавильное отделение.....	36
3.4.1 Составление баланса металла.....	38
3.4.2 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов.....	39
3.4.3 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения.....	39
3.4.4 Расчет потребности ковшей.....	42
3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение	
3.5.1 Определение числа автоматических линий.....	44
3.6 Смесеприготовительное отделение.....	48
3.7 Термообрубное отделение.....	48
3.8 Внутрицеховые лаборатории.....	49
3.9 Вспомогательные отделения и участки цеха.....	49
3.10 Внутрицеховой транспорт.....	50
3.11 Технический контроль производства.....	51

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

4

4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «СПОСОБЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА».....	52
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1 Общая характеристика литейного цеха.....	60
5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	
5.2.1 Вредные вещества.....	63
5.2.2 Вибрация.....	65
5.2.3 Шум.....	66
5.2.4 Электромагнитные излучения.....	67
5.2.5 Освещение.....	67
5.3 Электробезопасность.....	68
5.4 Пожаровзрывобезопасность.....	69
5.5 Безопасность производственных процессов и оборудования.....	71
5.6 Очистка выбросов в атмосферу.....	72
5.7 Очистка производственных сточных вод.....	74
5.8 Обезвреживание и утилизация отходов.....	75
5.9 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	80
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расчет шихты на ЭВМ.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – это отрасль промышленности, производящая заготовки для различных деталей машин, механизмов, приборов. Продукцией литейного производства являются отливки – заготовки любой геометрической формы.

Способы получения отливок разнообразны, однако сущность их едина. Она заключается в том, что жидкий сплав заливают в подготовленную литейную форму, внутренняя рабочая полость которой имеет очертание детали. После затвердевания сплав сохраняет конфигурацию рабочей полости формы, образуя отливку. Далее отливка в форме охлаждается до определенной температуры, после чего ее извлекают из литейной формы. При этом форму либо разрушают (разовая форма), либо разбирают на части (многократная форма). Затем отливку подвергают отделочным операциям и передают как заготовку в механический цех. В ряде случаев точными способами литья получают готовую литую деталь, для которой механическая обработка практически не применяется.

Развитие техники предъявляет свои требования к качеству литых заготовок. Современные отливки должны иметь высокие и регламентированные механические свойства, физические и химические характеристики, а также высокую точность при минимальной толщине стенок и массе.

Целью данного проекта является разработка оптимальных литейных технологий производства чугунной отливки «Проставка» массой 10,5 кг. Для этого необходимо рассчитать и подобрать потребное количество оборудования исходя из современных тенденций в области литейного производства, скомпоновать данное оборудование на производственных площадях.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Литейное производство страны и региона многие годы находилось в сложных экономических условиях: в стране остро проявлялся кризис государственной инвестиционной системы, глубина и продолжительность которого привели к тяжёлым, а в ряде случаев к катастрофическим последствиям для целых научных направлений, институтов, больших и малых предприятий этой важной отрасли.

В таких условиях консолидация научных сил, использование производственного потенциала, формирование инновационной политики, решение проблемы подготовки кадров стали насущной задачей экономической и промышленной политики государства и промышленных предприятий, заботой учёных и специалистов, научных организаций и учебных заведений. Можно сказать, что в настоящее время стоит задача возрождения литейного производства как отрасли промышленности на современном мировом уровне с использованием новейшего оборудования и передовых технологий.

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения, его развитие зависит от уровня машиностроительного комплекса в целом. Общее количество предприятий, входящих в машиностроительный комплекс России, составляет около 7500 единиц. Доля машиностроения в общем промышленном выпуске продукции составляет около 20 %.

В современных условиях отдельным отраслям промышленности присущи различные темпы развития. Удельная доля отраслей в общем объёме машиностроительного производства составляет: автомобильная – 56 %; электротехническая – 14 %; тяжелое и энергетическое машиностроение – 8 %; химическое и нефтяное машиностроение – 4 %; дорожное и коммунальное машиностроение – 3,5 %; станкостроение и приборостроение – 2,5 %.

В каждой из перечисленных отраслей важное место занимает изготовление комплектующих современными методами литья. К сожалению, большая часть литейных производств не в состоянии обеспечить высокие требования сборочных

					22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

производств по качеству литых деталей и комплектующих. Это вызвано наличием устаревшего и изношенного оборудования, на котором невозможно обеспечить необходимые режимы технологического процесса, применить современные материалы.

Литейное производство выгодно отличается от других заготовительных производств (поковки, штамповки, сварки) тем, что методом литья возможно изготавливать заготовки, максимально приближённые по геометрии к самым сложным деталям машин. При современных литейных технологиях коэффициент использования металла достигает 95...97 % в цветном литье и более 80 % – в чугунолитейном производстве. Без сомнения, литейное производство и в будущем сохранит лидирующее положение среди заготовительных производств [1].

В настоящее время в России насчитывается около 1650 литейных предприятий, которые, по экспертной оценке, произвели в 2006 году 7,68 млн. тонн отливок, в том числе из чугуна – 5,28 млн. тонн, из стали – 1,3 млн. тонн, из цветных сплавов – 1,1 млн. тонн. В 1980 году в СССР объём производства отливок из сплавов чёрных и цветных металлов составил 25,8 млн. тонн.

Объёмы производства литых заготовок находятся в пропорциональной зависимости от объёмов производства машиностроительной продукции, так как доля литых деталей в автомобилях, тракторах, комбайнах, танках, самолётах и других машинах составляет 40...50 %, а в металлорежущих станках и кузнечнопрессовом оборудовании доходит до 80 % массы и до 25 % стоимости изделия.

Резкое снижение выпуска продукции энергетического, тяжёлого машиностроения, судостроения, металлорежущих, деревообрабатывающих станков и кузнечнопрессового оборудования, тракторов, военной техники и др., начиная с 90-х гг., привело к тому, что выпуск отливок в России сократился с 18,5 млн. тонн в 1985 г. до 4,85 млн. тонн в 2000 г.

Серьёзной проблемой литейного производства остаётся экология. При производстве одной тонны отливок из сплавов чёрных металлов выделяется около 50 кг пыли, 250 кг окиси углерода, 1,5...2 кг окиси серы, 1 кг окиси углеводородов. Весьма важной проблемой является утилизация твёрдых отходов литейного

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

производства. Оработанные формовочные и стержневые смеси, относящиеся к 4-й категории опасности, составляют 90% отходов. Поэтому для каждого предприятия с точки зрения экономической целесообразности и экологической безопасности производства требуется регенерация отработанных смесей в местах их образования. С этой целью необходима срочная реконструкция литейных цехов, которая должна осуществляться на базе новых, экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивных плавильных агрегатов, смесеприготовительного и формообразующего оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, которые будут отвечать европейским и мировым стандартам.

Поэтому необходимо смелее и увереннее использовать отечественное литейное оборудование (формовочные машины, линии), отечественные формовочные связующие материалы, лигатуры и модификаторы. Для получения качественных литых заготовок в разовых песчаных формах в России имеются все необходимые исходные материалы (пески, глины, бентониты), выпускаемые Миллеровским, Хакасским, Воронежским, Лужским, Серпуховским горно-обогатительными комбинатами и другими предприятиями.

Для производства форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС) отечественными предприятиями выпускается достаточное количество различных связующих материалов и отвердителей.

К сожалению, оборудование для ХТС в России не производится, и заводы вынуждены закупать итальянское, немецкое и английское смесеприготовительное оборудование. Сегодня у нас на станкостроительных заводах имеются незагруженные мощности, свободные конструкторы, и проблему изготовления этого несложного оборудования вполне можно решить.

Для выплавки чугуна и стали в России производятся плавильные комплексы высокой надёжности и качества, не уступающие немецким и американским...

Для литейного производства современной России характерно следующее [2]:

- 35 % всех действующих литейных цехов выпускают литья менее 1,0 тысяч тонн в год, а от 1,0 тысячи до 5,0 тонн в год – 32 % цехов;
- в песчано-глинистых формах в 2006 году было изготовлено 67,5 % всех отливок, а

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

9

в формах из холодно-твердеющих смесей только 10,2 %;

- около 80 % литейного оборудования в литейном производстве эксплуатируется более 20 лет, а современное (импортное) оборудование составляет всего около 6 %, примерно 14 % отливок получают вручную;
- из действующих около 2780 единиц чугуноплавильного оборудования 67,5 % составляют вагранки, 30 % - индукционные печи и миксеры и 2,5 % – дуговые электропечи;
- наметилась ошибочная тенденция применения в качестве шихты некачественного дешёвого лома с целью снижения себестоимости отливок, что часто приводит к повышению себестоимости литья за счёт увеличения брака;
- за последние 6 лет реконструкции подверглись более 50 литейных производств, в основном, крупных предприятий, таких как ОАО «Автоваз», ОАО «КАМАЗ-Металлургия», ОАО «Балтийский завод», ФГУП «ПО Уралвагонзавод» и других;
- за последние годы резко сократилось число научных работников, практически все отраслевые научно-исследовательские институты по литейному производству после приватизации распались, а проектных организаций в неполной комплектации остались единицы;
- предприятия не получают необходимого кадрового пополнения, практически всех категорий работников; выпускники ВУЗов в основном работают не по специальности из-за экономической несостоятельности предприятий и их неспособности решать социальные вопросы.

Рассмотрим состояние литейного производства России.

В 2011 в мире было произведено 98,6 млн. тонн отливок из черных и цветных сплавов, в том числе в России 4,3 млн. т., что составляет 4,36 %.

Выпуск отливок по странам приведен на рисунке 1.1, из которого видно, что лидирующее место в производстве отливок занимает Китай, который сегодня производит около половины мирового выпуска литых заготовок.

Россия занимает 6-е место после Китая, США, Индии, Германии и Японии.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

10

Выпуск литья в странах BRICS в 2011 г. составил 59,49 млн. тонн, что составляет 60 % мирового производства (рисунок 1.2). Россия среди стран BRICS занимает третье место и производит 8,22 % от выпуска литья этими странами.

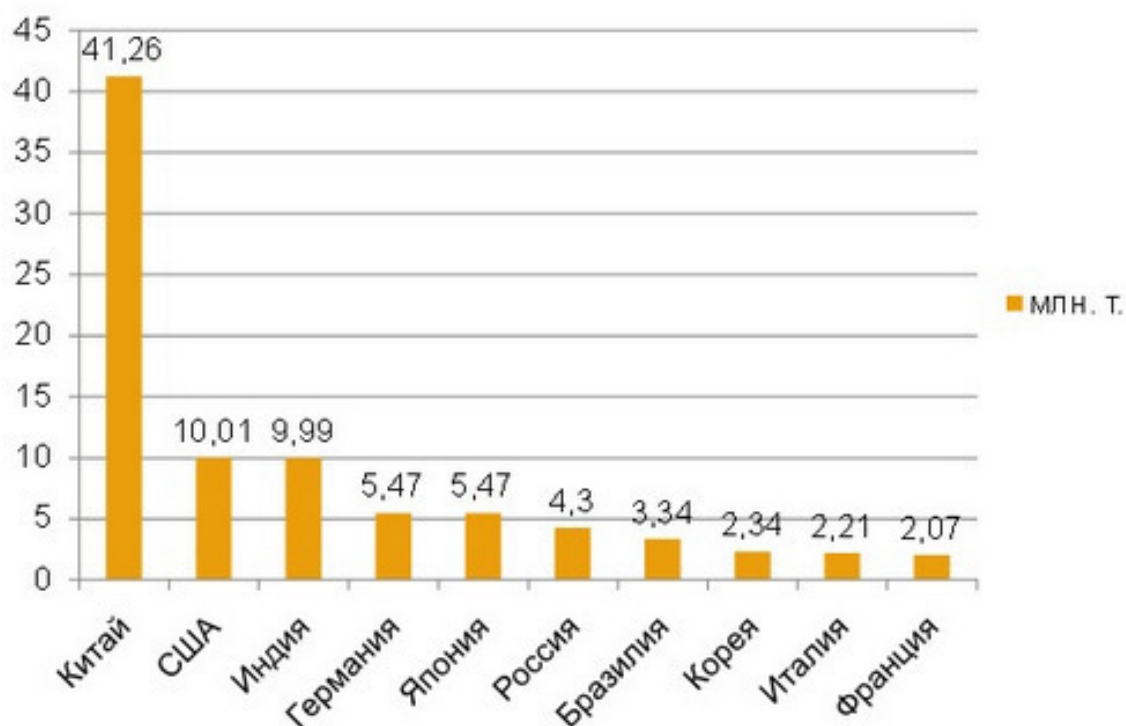


Рисунок 1.1 – Выпуск отливок по странам в 2011 году

Литейное производство в России занимает лидирующее положение среди таких заготовительных баз машиностроения, как сварка и кузница. Коэффициент использования металла (от 75 до 95 %). С другой стороны, литейное производство является наиболее наукоемким, энергоемким и материалоемким производством. Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,2...1,7 тонн металлических шихтовых материалов, ферросплавов и флюсов, 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. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50...60 %, стоимость материалов 30...35 %.

Динамика производства отливок в России с 1990 по 2012 гг. приведена на рисунке 1.3. Наиболее высокие объемы производства отливок были в 1985 г. и составляли 18,5 млн. тонн. После этого начался резкий спад производства, связанный

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

11

с нарушением общих принципов кооперации машиностроительной продукции между республиками СССР, приватизацией и ликвидацией предприятий. Только в Москве закрылись около 20 предприятий, в том числе АМО «ЗИЛ», заводы «Станколит», «Динамо», завод им. Войкова, на которых производили около 500 тыс. тонн литья. С 2001 по 2008 гг. производство отливок стабилизировалось на уровне 7 млн. тонн. В дальнейшем спад производства отливок связан с экономическим кризисом, сокращением квалифицированных кадров, в первую очередь, пенсионеров, закрытием предприятий. В последние годы производство отливок из черных и цветных сплавов стабилизировалось на уровне 4,2...4,4 млн. тонн.

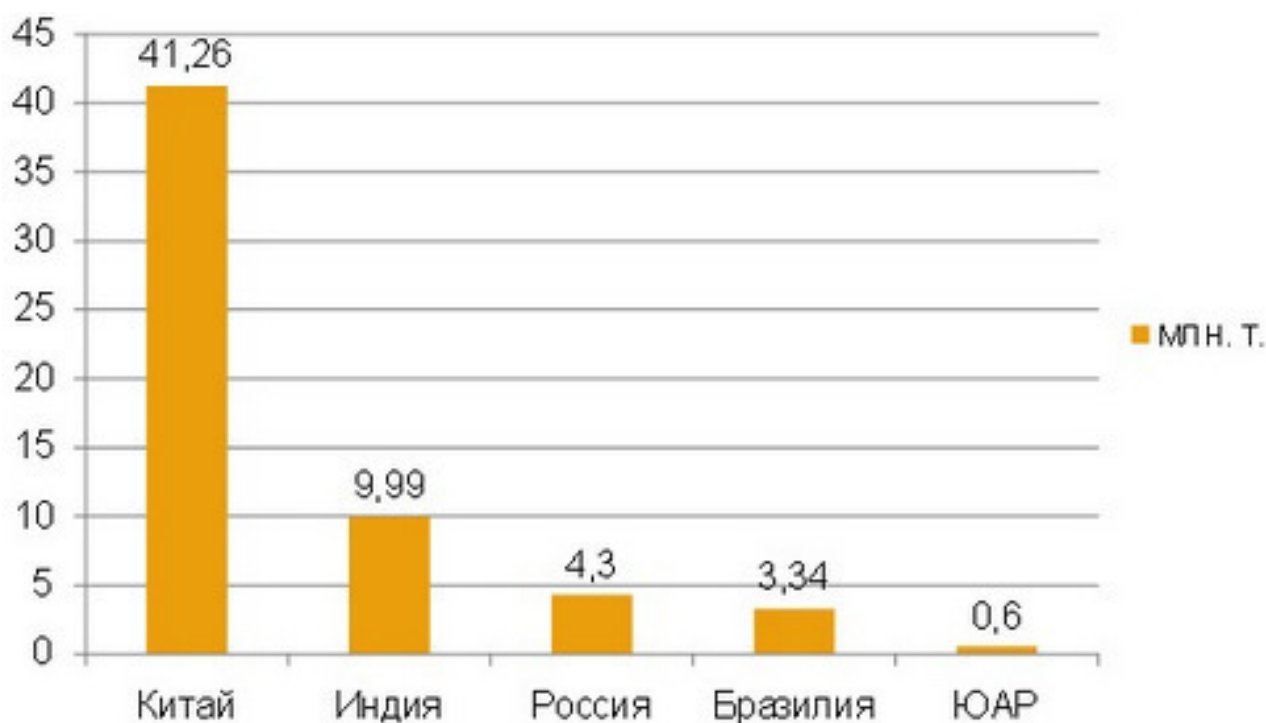


Рисунок 1.2 – Выпуск литья в странах BRICS в 2011 году

По результатам XI Съезда Литейщиков России в Екатеринбурге 16...19 сентября 2013 г:

- общее число литейных предприятий в России составляет около 1250, которые производят отливки, оборудование, сопутствующие материалы;
 - выпуск отливок на одного работающего в 2012 г. составил около 14,3 тонн в год.
- В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке)

занято около 300 тыс. человек, в том числе 90 % рабочих, 9,8 % инженерных и 0,2 % научных работников;

- основное количество литейных предприятий в России (78 %) составляют небольшие литейные цехи с объемом выпуска до 5000 тонн литья в год.

Данные по мощностям, объемам выпуска и числу работающих в литейных цехах, по имеющимся у ассоциации сведениям, приведены в таблице 1.1.



Общее число литейных предприятий: 1250 – произвели в 2012 – 4,0 млн. тонн отливок при этом экспорт составил около 3%

Рисунок 1.3 – Объемы производства отливок в России с 1990 по 2012 годов

В настоящее время развитие производства высококачественных отливок на базе современных технологических процессов в различных отраслях машиностроения осуществляется неравномерно. Наиболее высокие объемы производства отливок наблюдаются в транспортном (автомобильном, железнодорожном и коммунальном) машиностроении, тяжелом и энергетическом машиностроении и оборонной промышленности.

Объемы производства отливок по отраслям представлены на рисунке 1.4.

Анализ динамики производства отливок и отечественного литейного оборудования за последние 10 лет не позволяет определить перспективы развития литейного производства на ближайшие годы. Увеличение объемов производства отливок из

черных и цветных сплавов не предвидится, так как продолжается политика и практика закупки машиностроительной продукции за рубежом. Также продолжается тенденция увеличения закупок литья за рубежом. Потребность отечественной промышленности в литых заготовках снижается. Литые заготовки не конкурентоспособны на мировом рынке по причине их высокой себестоимости и по показателю «цена-качество» мы уступаем развитым зарубежным странам.



Рисунок 1.4 – Производство отливок по отраслям в 2012 году

Новые литейные технологии в последние годы не разрабатываются, так как 10 научно-исследовательских институтов, занимающиеся литейным производством ликвидированы системой приватизации. Научными исследованиями занимаются только литейные кафедры ВУЗов, основной задачей которых является подготовка молодых специалистов. Основное количество кафедр не оснащено современными приборами и оборудованием. Координация научной деятельности в России отсутствует. Количество научных работников за последние 15 лет сократилось с 8 до 0,2 % от всех работающих в литейном производстве. Нарушена связь науки с производством, отраслевая наука отсутствует.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

14

В существующих условиях для дальнейшего развития литейного производства, реконструкции старых литейных цехов и строительства новых на базе новых технологических процессов и современного экологически чистого оборудования большую роль играет информационная деятельность, которую проводит Российская ассоциация литейщиков. Ассоциация регулярно организывает научно-технические специализированные конференции, один раз в 2 года проводится съезд литейщиков и выставка с участием зарубежных специалистов, кроме того, организывает поездки специалистов на международные выставки по литейному производству и литейные заводы зарубежных стран с целью ознакомления с инновационными техническими решениями и обмена опытом. Выпускает ежемесячно научно-технический журнал «Литейщик России».

Таблица 1.1 – Анализ состояния производств России по мощностям, объемам выпуска и числу работающих

Объем выпуска отливок (т в год)	Кол-во работающих человек	Кол-во предпр-ий	%	Примечания
50000...100000	2000...3000	12	1,1	Литейные цехи автозаводов, энергомашиностроения, оборонный комплекс
10000...50000	500...2000	84	6,7	Литейные цехи крупных машиностроительных заводов
5000...10000	200...500	180	14,4	Цехи машиностроительных заводов и отдельные цехи
1000...5000	50...200	430	34,4	Цехи машиностроительных предприятий
Менее 1000	50...100	544	43,5	Мелкие цехи различного назначения

Необходимо отметить, что наряду со стабилизацией объемов производства отливок в последние 4 года качество литья значительно повысилось, увеличилась

размерная точность и, соответственно, уменьшилась их масса, повысились прочностные и эксплуатационные характеристики, улучшился товарный вид.

Значительно улучшилась технологическая оснащенность ряда предприятий, за последние 15 лет около 350 предприятий провели реконструкцию, которая сдерживается отсутствием оборотных средств на многих предприятиях.

Надеемся, что совместная деятельность литейных предприятий с научными и общественными организациями при поддержке Правительства РФ позволит осуществлять дальнейшее развитие литейного производства России.

Исходя из вышесказанного, для выпуска высококачественного литья, отвечающего современным требованиям в области литейного производства, необходимо использовать зарубежное оборудование, однако для выплавки чугуна решено устанавливать в цехе отечественное оборудование фирмы «РЭЛТЕК».

К установке в цехе предложено:

- для выплавки СЧ20 принимаем к установке в цехе индукционные плавильные установки УИП-1600 фирмы «РЭЛТЕК»;
- изготовление полуформ осуществляется на формовочной линии Fast-loop фирмы IMF;
- целесообразно применение стержневой машины Practicor HV-25.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

16

2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Анализ технологичности отливки

Изготовление отливки с заданными линейными размерами, конфигурацией, физико-механическими свойствами (прочность, твердость, плотность, структура и т.п.), шероховатостью поверхности и другими требованиями может осуществляться различными методами.

Анализ чертежа детали «Проставка» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 6 мм, габаритные размеры детали 318x172 мм. Отверстия диаметром 8 мм и меньше литьем не изготавливаем, минимальные литейные радиусы 3 мм. При проектировании технологии отливки необходимо обеспечить получение плотного металла без усадочных и газовых раковин на поверхности.

Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства в разовые песчаные формы.

2.2 Выбор способа изготовления отливки

Выбор наиболее эффективного способа изготовления определяется на основе комплексного анализа технической, организационной и экономической целесообразности [3].

Показателями, характеризующими прогрессивность технологического процесса, являются: коэффициент выхода годного; производительность оборудования и труда рабочих; стоимость и срок службы оснастки; капитальные затраты на внедрение техпроцесса; себестоимость отливок и деталей; срок окупаемости капитальных вложений.

Выбор способа изготовления отливок зависит от ряда факторов (серийности выпуска, конструкции отливки, вида металла, требований к готовой детали и т.д.).

					<i>22.03.02.2020.14:00:00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		17

Для производства данной отливки применяется одноразовая песчаная форма по α -SET процессу и стержни на основе β -SET процесса.

2.3 Выбор положения отливки в форме

Конструирование литейной формы начинается с выбора положения отливки в форме при заливке и с определения плоскости разъема формы. Оно включает в себя также обоснование конструкции и размеров всех элементов формы, рассмотрение вопросов конструирования литейной оснастки (моделей, стержневых ящиков, опок и др.), которые решаются после выбора технологии изготовления форм и стержней.

В данном случае отливка должна располагаться в форме горизонтально.

2.4 Определение поверхности разъема формы

Разъем формы необходим для извлечения модели, сборки формы и удаления полученных отливок. От выбранного разъема зависит трудоемкость изготовления модельной оснастки и литейной формы, трудоемкость обрубных операций и точность размеров отливки.

При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну фасонную поверхность разъема. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах.

Выбранное положение отливки в форме и поверхность разъема показаны на чертеже «Элементы литейной формы».

2.5 Определение припусков на механическую обработку

С целью достижения заданных чертежом размеров и необходимого качества поверхности на обрабатываемых поверхностях назначают припуски на механическую обработку. Величины припусков определяют в зависимости от класса точности отливки, ее номинальных и габаритных размеров, положения при заливке, способа литья и вида сплава.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов назначаются по ГОСТ Р53464-2009 [4].

Точность отливки 10-9-12-12 ГОСТ Р53464-2009.

Отверстия, канавки и пазы малого размера, у которых по чертежу детали предусмотрена механическая обработка, в отливках не выполняются.

Величины припусков приведены на чертеже «Элементы литейной формы».

2.6 Определение формовочных уклонов

Для легкого извлечения модели из формы, на ее рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ Р53465-2009.

Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения и составляют 2° [5].

2.7 Определение количества и конструкции стержней

Для оформления внутренних и наружных поверхностей отливки применяют песчаные стержни. Конструкция стержня должна обеспечивать удобное его изготовление, транспортировку и установку в форму. Стержень должен занимать в форме точно фиксированное положение, не деформируясь под действием собственной массы и от действия жидкого металла. Вместе с тем должно быть обеспечено легкое его удаление из отливки.

Конструкции стержней определяются чертежом отливки, конструкция и размеры знаков стержней, величины зазоров между знаками стержней и формой, конструктивное оформление и размеры фиксаторов на знаках выполняются в соответствии с ГОСТ 3212-92.

Для получения данной отливки применяется один стержень сложной конфигурации.

Стержень №1 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня 259x246 мм.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		19

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=0,5$ мм для нижней полуформы, $S_1=0,7$ мм для верхней полуформы. Уклон на знаках стержня 10° .

Эскиз стержня представлен на рисунке 2.1.

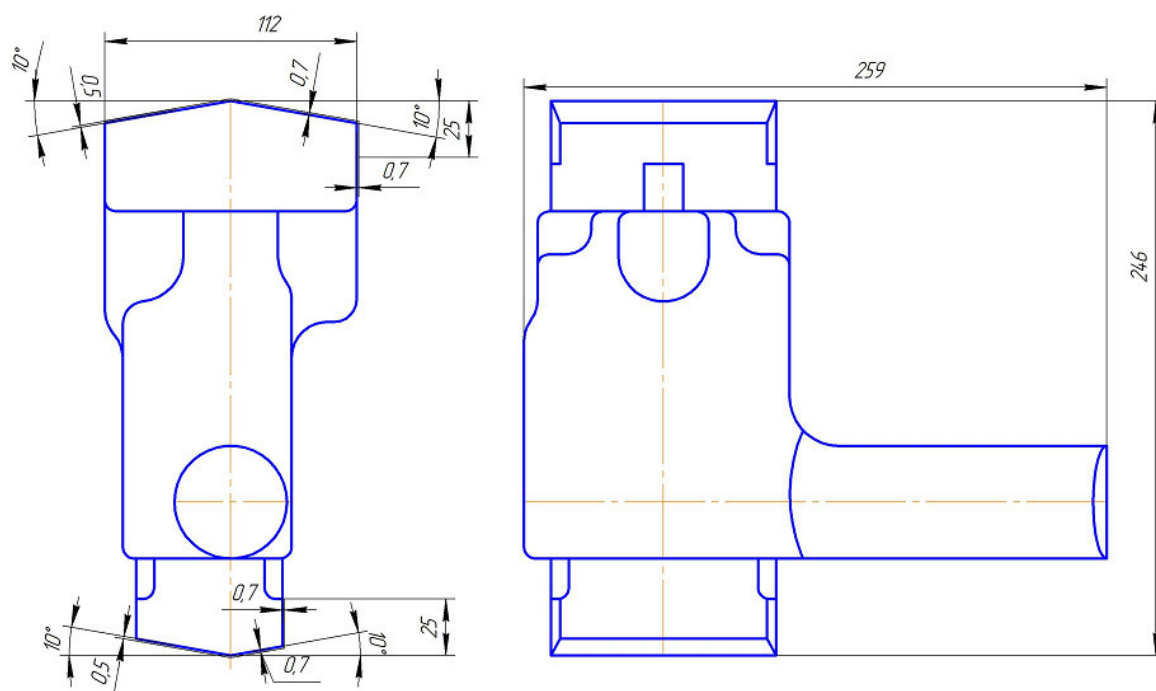


Рисунок 2.1 – Эскиз стержня №1

2.8 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Определим размеры каналов литниковой системы по методике расчета при заливке форм из поворотного ковша.

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [6]:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (2.1)$$

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;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

20

Расчет массы жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями находим по формуле [6]:

$$G=G_{\text{отл}}+G_{\text{лс}}, \quad (2.2)$$

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

$G_{\text{лс}}$ – масса литниковой системы (10 % от массы отливки с прибылями), кг.

$$G=9,63+0,96=10,6 \text{ кг.}$$

Подставляя в формулу (2.1) значения коэффициента $S=2$ (для отливок из чугуна), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=6$ мм, $G=10,6$ кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 2,0 \cdot \sqrt[3]{6 \cdot 10,6} = 8,6 \text{ с,}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке [6]:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.3)$$

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;

Подставляем в формулу (2.3) значения высоты отливки $C=172$ мм, $\tau_{\text{опт}}=8,6$ с, получим:

$$V_{\text{ср}}=172/8,6 = 21,5 \text{ с.}$$

Полученное значение $V_{\text{ср}}$ соответствует допустимому значению 20...10 мм/с для отливок из чугуна с толщиной стенки 10...40 мм.

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле [6]:

$$F_{\text{уз}} = \frac{G}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (2.4)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

21

где $F_{уз}$ – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, $м^2$;

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

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

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

ρ – плотность заливаемого расплава, $кг/м^3$;

$H_{ср}$ – средний металлостатический напор в форме, м.

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле [6]:

$$H_{ср} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (2.5)$$

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

P – высота отливки над питателем, мм;

C – высота отливки по положению в форме, мм.

$$H_{ср} = 200 - 86^2 / (2 \times 172) = 178,5 \text{ мм} = 0,179 \text{ м}.$$

Подставляя в формулу (2.4) значения $G=10,6$ кг; $\mu_{ф}=0,41$; $\tau_{опт}=8,6$ с; $\rho=7000$ $кг/м^3$; $g=9,81$ $м/с^2$; $H_{ср}=0,179$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{уз} = \frac{10,6}{0,41 \cdot 8,6 \cdot 7000 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,179}} = 0,000232 \text{ м}^2 = 2,32 \text{ см}^2.$$

Для сужающихся литниковых систем $F_{уз}$ является суммарной площадью сечений питателей:

$$F_{уз} = \Sigma F_{п}.$$

Расчет ведем на одну отливку:

$$F_{п} = F_{уз} / 3 = 2,32 / 3 = 0,77 \text{ см}^2;$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{опт}$ [6]:

$$\Sigma F_{п} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,2, \quad (2.6)$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ

лист

22

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

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

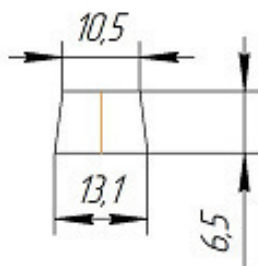
$$F_{\text{шл}} = 1,1 \cdot 2 \cdot \Sigma F_{\text{п}} = 1,1 \cdot 2 \cdot 2,32 = 5,1 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 5,1 \cdot 2 = 10,2 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{\text{ст}} = 1,2 \cdot 4 \cdot \Sigma F_{\text{п}} = 1,2 \cdot 4 \cdot 2,32 = 11,14 \text{ см}^2.$$

Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки.

Эскизы сечений литниковой системы представлены на рисунках 2.2...2.4.

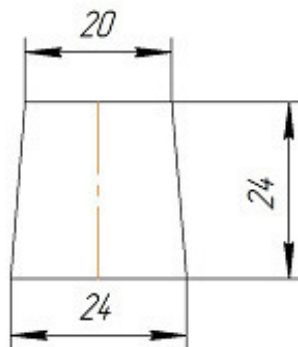


$$F_{\text{п}} = 0,77 \text{ см}^2$$

$$\text{Кол.} = 12 \text{ шт.}$$

$$\Sigma F_{\text{п}} = 9,28 \text{ см}^2$$

Рисунок 2.2 – Эскиз питателя



$$F_{\text{шл}} = 5,1 \text{ см}^2$$

$$\text{Кол.} = 2 \text{ шт.}$$

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 10,2 \text{ см}^2$$

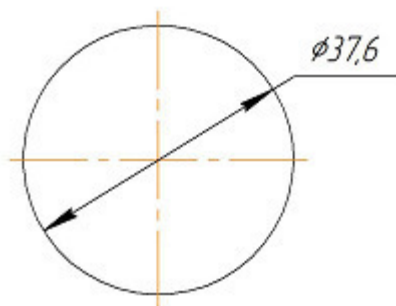
Рисунок 2.3 – Эскиз шлакоуловителя

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

23



$$F_c = 11,14 \text{ см}^2$$

$$\text{Кол.} = 1 \text{ шт.}$$

$$\Sigma F_c = 11,14 \text{ см}^2$$

Рисунок 2.4 – Эскиз стойка

2.9 Выплавка металла

Отливки «Проставка» изготавливается из сплава марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 химического состава и свойств, представленных в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Содержание элементов в чугуне, %

Марка Сплава	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
				не более	
СЧ20	3,30...3,50	1,40...2,40	0,70...1,00	0,20	0,15

Таблица 2.2 – Механические свойства чугуна

Марка сплава	Модуль упругости при растяжении, $E \times 10^{-2}$ МПа	Твердость, НВ	Временное сопротивление, св, МПа	Относительное удлинение %	Относительное сужение Ψ , %
СЧ20	850...1100	240	200	12	20

Для плавки чугуна наибольшее распространение получили плавильные агрегаты, использующие электронагрев – индукционные и дуговые печи. Индукционные печи средней частоты (ИПСЧ) обладают несомненными техническими и экономическими преимуществами, обусловленными эффектом

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

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

24

внутреннего нагрева шихты вихревыми токами и потерями на перемагничивание ферромагнетиков в сильных электромагнитных полях повышенной частоты. Индукционный метод обеспечивает выделение теплоты непосредственно в металле без теплопередачи излучением или конвекцией, сопровождаемых значительными потерями, поэтому индукционные печи имеют значительно более высокий технологический КПД, чем агрегаты, работающие на топливе.

Для получения чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 предложено к установке в цехе оборудование фирмы «РЭЛТЕК» [7].

Индукционные плавильные установки УИП вместимостью от 1 до 16 тонн предназначены для индукционной плавки черных, цветных металлов токами высокой частоты.

В состав установки входят:

- тиристорный преобразователь частоты ТПЧП;
- индукционная плавильная печь типа ППИ (одна или две);
- блок компенсирующих конденсаторов (БК);
- двухконтурная станция охлаждения с ионно-обменным фильтром;
- пульт дистанционного управления (ПДУ);
- гидропривод поворота печи с пультом управления;
- комплект соединительных шинопроводов (ТПЧ-БК-ИПП);
- понижающий трансформатор;
- ячейка ввода ШВВ;
- система контроля футеровки тигля;
- узел контроля охлаждающей воды.

Преимущества УИП фирмы «РЭЛТЕК»:

- активное перемешивание металла и высокая гомогенность расплава;
- возможность зонного перемешивания (фокусирования энергии) в печи;
- отсутствие угара легирующих элементов;
- возможность плавки без "болота";

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

25

- широкие технологические возможности при большом выборе емкости печи, типы футеровки и рабочей частоте печи;
- точная регулировка температуры расплава;
- возможность плавки и выдержки металла в одном печном агрегате;
- мгновенная готовность к работе;
- высокая скорость плавки;
- малые удельные показатели потребления электроэнергии на тонну выплавленного металла;
- экологичность технологического процесса;
- сохранение качества питающей сети.

Температура заливки зависит от вида сплава, массы и габарита отливки, толщины ее стенок. Причем температура расплава при выпуске из плавильной печи должна быть на 30...100 °С выше температуры его заливки в форму. При этом надо учитывать, что чем выше металлоемкость ковша, тем ниже скорость снижения температуры расплава в ковше во времени.

Перед заливкой металла ковш предварительно подогревают до 700...1000 °С с помощью газовых горелок.

Температура расплава при выпуске из печи – 1360...1380 °С. Температура заливки форм – 1310...1330 °С.

Для изменения температуры применяется оптический пирометр. Его работа основана на оценке интенсивности излучения нагретых тел. Температура жидкого металла определяется сравнением яркости излучаемых им красных лучей с яркостью красного излучения нити эталонной лампочки накаливания, находящейся в пирометре.

2.10 Изготовление форм

Изготовление форм происходит по α -SET процессу. Размеры форм 700x900x200/200.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		26

α -SET – это процесс отверждения эфирами и лактонами полифенолятов (смола). Смола (полифенолят) широко применяется в литейном производстве, а процесс литья, производимый с применением этой смолы, получил название альфа-сет-процесс. Этот процесс позволяет получить хорошее качество поверхности отливки, кроме того, его применение обеспечивает высокую производительность и значительно облегчает условия труда как на участке формовки, так и на участке заливки. По своим свойствам альфа-сет удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к современным литейным связующим.

Смола α -SET – это щелочное связующее вещество на водяной основе. Содержание свободных фенолов и свободных формальдегидов α -SET-смол очень низкое, смолы не содержат серы. За счёт низкой вязкости смолы α -SET сроки её хранения с момента её производства составляют минимум 6 месяцев. Таким образом, смола α -SET удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к современным литейным связующим. α -SET-отвердители представляют собой смесь эфиров, лактонов и карбонатов. Скорость затвердевания смеси регулируется составом отвердителя, а не его количеством.

α -SET процесс получил известность благодаря хорошему качеству поверхности отливок. Хорошая текучесть смеси на этапе заполнения формы способствует ее равномерному распределению в форме и стержневом ящике. Беспроблемное извлечение из отливки и великолепная пригодность α -SET-смеси для нанесения противопригарных покрытий создаёт отличные предпосылки для достижения гладких поверхностей отливок. Связующая система α -SET не содержит серы, снижающей поверхностное натяжение металла. Внедрение металла в смесь при использовании противопригарных покрытий – явление редкое, при условии хорошего уплотнения смеси.

Связующей системе α -SET присущи некоторые свойства, которые не встречаются у других холодно-твердеющих смесей. Когда под воздействием расплавленного металла сразу после начала заливки формы растёт температура поверхностного слоя формы, то происходит температурное затвердевание поверхностного слоя смеси. Его прочность может возрасти даже в два раза прежде

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		27

чем начнётся термическое разложение связующей смолы. Благодаря такому поверхностному затвердеванию дефекты, связанные с размывом литниковой системы возникают крайне редко. Такое температурное затвердевание поверхностного слоя формы позволяет, в некоторых случаях, например, при лёгком литье чугуна и цветных металлов обойтись без противопопригарных покрытий [8].

Исходя из габаритов и номенклатуры отливок выбираем формовочную линию Fast-loop, разработанную компанией IMF.

Формовочная линия марки Fast-loop представляет собой систему взаимосвязанных автоматических устройств, включающих шнековый смеситель, вибростол, кантователь форм, ветки заливки и охлаждения, участок выбивки, расположенных в определенной последовательности, связанных между собой в единый замкнутый комплекс.

В состав формовочной линии входят следующие агрегаты: смеситель шнековый, кантователь форм, протяжная машина, вибростол, аппарат окрашивания форм, инерционная выбивная решетка.

Отличительными особенностями линии являются:

- отсутствие опочной оснастки;
- использование на линии форм повышенной точности жесткости, что позволяет увеличить качество отливок;
- применение комбинированного метода отверждения форм, путем встряхивания кома смеси и дальнейшего его отверждения.
- возможность применения регулировки дозы формовочной смеси и режимов уплотнения индивидуально для каждой модели в цикле работы формовочной установки, что обеспечивает изготовление отливок различных по сложности, характерных для мелкосерийного и серийного производства.

С отделения замены оснастки, модельный комплект на плите, подается на участок заполнения. На модельный комплект устанавливается наполнительная рамка, и при помощи шнекового смесителя полость заполняется смесью. Следующим шагом является перемещение не затвердевшего кома смеси вместе с рамкой на устройство

					<i>22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>28</i>

вибростол. Вибростол позволяет уплотнить формовочную смесь непосредственно около модельного комплекта, что уменьшает шероховатость поверхности формы.

Далее уплотненный ком смеси с наполнительной рамкой передвигается на ветку отверждения, где в течении 40 минут ком должен набрать необходимую прочность. Отверженный ком смеси на конце ветки отверждения попадает в устройство протяжки форм. Из кома смеси извлекается модельный комплект и снимается наполнительная рамка, они отправляются на участок замены оснастки. Полуформа переворачивается на 180°, и передвигается на участок окраски форм с последующей просушкой.

Красят формы противопригарной краской ARKOFIX-1220.

ARKOFIX-1220 представляет собой противопригарное покрытие серого цвета на основе смеси силикатов алюминия с добавлением графита. Растворитель – изопропанол. Покрытие образует особую текстуру с исключительной термической стабильностью, что способствует лёгкой отделимости «корочки» покрытия и песка от поверхности отливки после заливки. Это уменьшает вероятность поверхностных дефектов, поэтому получаемое литьё обладает чистой и ровной поверхностью.

ARKOFIX-1220 используется при изготовлении отливок из чугуна, цветных и алюминиевых сплавов. Покрытие подходит для окраски форм и стержней, изготовленных с использованием всех типов смоляных связующих, особенно для Cold-Box-Amin процесса.

В окрашенные и просушенные полуформы производят простановку стержней ручным или автоматическим способом. Далее полуформы перемещают аппарат сборки форм. Сборка форм производится путем поднятия верхней полуформы, переворотом ее на 180°, и установкой на нижнюю полуформу. Собранные формы движутся по ветке заливки и ветке охлаждения, где производят заполнение форм сплавом, и выдерживают для его кристаллизации.

Связующие и отвердитель для α -SET процесса предложено закупать отечественного производства более дешевые, но не менее качественные аналоги фирмы «Уралхимпласт».

					22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Состав формовочной смеси, %:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 4 %;
- смесь обратная 96 %;
- фенолформальдегидная смола Альфабонд-07 0,9...1,7 % сверх 100 %;
- отвердитель Т-033 (сверх 100 %) 20...25 % от смолы.

Свойства формовочной смеси:

- прочность на сжатие (через 1 час), 1,0 МПа;
- осыпаемость, % <0,13;
- газотворность, см³/г 14;
- живучесть, мин. 20...30;
- время отверждения в оснастке, мин 20...30.

Для изготовления форм выбираем автоматическую безопасную формовочную линию Fast-loop фирмы IMF.

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики:

- цикловая производительность, форм/час 55...65;
- грузоподъемность стола, кг 6000;
- установленная мощность, кВт 400.

В состав линии входят вибростолы, кантователи, механизмы срезки излишков смеси, манипуляторы для кантовки форм, туннели для сушки форм, поворотно-вытяжные машины, перестановщики опок, выбивные устройства.

Формовочная автоматическая линия Fast-loop фирмы IMF предназначена для изготовления отливок из стали в одноразовых формах из холоднотвердеющих смесей.

2.11 Изготовление стержней

Для изготовления стержней в серийном производстве прогрессивным является метод получения стержней из холоднотвердеющей смесей, содержащих в качестве

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

связующего материала синтетические смолы, которые отверждаются при комнатной температуре за счет продувки отвердителем.

Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет продувки метилформиатом.

Данная смесь обеспечивает хорошее качество литых поверхностей, отсутствие азота и серы в связующем, незначительное расширение смеси, более легкая выбиваемость и возможность достижения экологически благоприятных условий труда.

Состав стержневой смеси, %:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 100;
- водорастворимая фенольная смола (сверх 100 %) 1,5...2,0.

Свойства стержневой смеси:

- прочность при растяжении через 1 час 0,3...0,4 МПа;
- прочность при растяжении через 4 часа 0,6...0,8 МПа;
- газопроницаемость более 100 ед.;
- газотворность менее 10 см³/г;
- осыпаемость менее 1 %;
- живучесть 4...6 мин.

После уплотнения стержень продувают смесью воздуха с парами жидкого эфира – метилформиата.

Наиболее подходящей для изготовления стержней в проектируемом цехе является автоматическая стержневая машина модели Practicor HV-25. Линия предназначена для автоматизированного изготовления стержней массой до 250 кг с уплотнением их пескодувным способом из смесей холодного твердения на основе синтетических смол, твердеющих в оснастке.

Технические характеристики стержневой машины Practicor HV-25:

- размеры стержневого ящика, мм:

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		31

- ширина 1200;
- длина 700;
- высота 550;
- ход запираания, мм 600;
- длительность цикла, с 65;
- производительность съёмов/ч 60.

Технологический цикл изготовления стержней включает следующие операции:

- подачу стержневых ящичков на стол;
- приготовление стержневой смеси и заполнение стержневых ящичков;
- продувка стержневого ящичка отвердителем;
- извлечение стержня из ящичка.

2.12 Финишные операции

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно-заливочного участка. Однако высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения ее качества. Вблизи температуры кристаллизации сплавы имеют низкие прочностные и пластические свойства, поэтому опасность разрушения отливки особенно велика.

На воздухе отливки охлаждаются быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений в отливке возрастает. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений.

Отливки, не имеющие явных дефектов, подвергаются дальнейшей очистке от формовочной смеси, пригара.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		32

Для удаления остатков питателей, прибылей, заливов, заусенцев, перекосов и неровностей применяют зачистные полуавтоматы.

Очистка поверхности металла осуществляется в дробеметном барабане.

Далее для улучшения структуры, изменению твердости, прочности и пластичности, отливка подвергается термической обработке, после которой отливки вновь подвергаются дробеметной очистке в дробеметной камере.

Отливки подвергают низкотемпературному графитизирующему отжигу (680...750 °С). Продолжительность отжига зависит от требуемой конечной структуры и составляет 4...8 часа. Целью такого отжига является повышение пластичности и вязкости чугуна, в структуре которого содержится свободный цементит. Время выдержки при отжиге зависит от содержания в чугуне марганца и фосфора: чем больше их количество, тем длительнее должна быть выдержка. В результате такого отжига цементит распадается на феррит и графит, а структура металлической основы чугуна из перлитно-цементитной превращается в перлитно-ферритную или чисто ферритную.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		33

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

3.1 Производственная программа

Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов крупносерийного и массового производства с устойчивой номенклатурой (таблица 3.1). В проектируемом цехе материалом для отливок служит чугун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Таблица 3.1 – Точная производственная программа

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Проставка	СЧ20	9,63	155763	1500,00
2.Труба	СЧ20	2,81	355872	1000,00
3.Кронштейн	СЧ20	3,34	598802	2000,00
4.Барабан	СЧ20	4,15	385542	1600,00
5.Шестерня	СЧ20	3,28	640244	2100,00
6.Коллектор	СЧ20	5,90	254237	1500,00
7.Крестовина	СЧ20	6,77	280650	1900,00
8.Тройник 1	СЧ20	4,15	265060	1100,00
9.Тройник 2	СЧ20	8,13	159902	1300,00
10.Патрубок	СЧ20	6,50	307692	2000,00
Итого			3403765	16000,00

3.2 Структура литейного цеха

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

34

Цех чугунного литья производительностью 16000 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

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

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

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

3.3 Режим работы и фонды времени

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

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

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

Проектируемый цех работает по двухсменному графику работы. Продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

35

Календарный фонд времени для оборудования составляет $\Phi_K=356 \cdot 24 = 8760$ ч/год.

Номинальный фонд времени (Φ_H) – это время, в течении которого по принятому режиму должно работать оборудование без учета потерь времени. При двухсменном режиме работы $\Phi_H=4140$ ч/год.

Действительный фонд времени определяется путем исключения из номинального фонда неизбежных потерь, связанных с возможными ремонтами оборудования и плановым обслуживанием его. Действительный фонд времени: автоматизированных формовочных линий $\Phi_D=3726$ ч/год; стержневых линий $\Phi_D=3850$ ч/год; печей для плавки чугуна $\Phi_D=3974$ ч/год; оборудования для приготовления формовочной смеси $\Phi_D=3892$ ч/год; оборудование термообрубного участка $\Phi_D=3933$, действительный фонд времени термической печи составляет $\Phi_D=4057$ [9].

3.4 Плавильное отделение

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3.2), которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

Таблица 3.2 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Проставка	СЧ20	9,63	155763	1500,00
2.Труба	СЧ20	2,81	355872	1000,00
3.Кронштейн	СЧ20	3,34	598802	2000,00
4.Барабан	СЧ20	4,15	385542	1600,00
5.Шестерня	СЧ20	3,28	640244	2100,00
6.Коллектор	СЧ20	5,90	254237	1500,00
7.Крестовина	СЧ20	6,77	280650	1900,00
8.Тройник 1	СЧ20	4,15	265060	1100,00
9.Тройник 2	СЧ20	8,13	159902	1300,00
10.Патрубок	СЧ20	6,50	307692	2000,00
Итого				16000,00

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

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

36

Продолжение таблицы 3.2

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1.Проставка	2,2	3427	33,00	159190	1533,00
2.Труба	2,2	7829	22,00	363701	1022,00
3.Кронштейн	2,2	13174	44,00	611976	2044,00
4.Барабан	2,2	8482	35,20	394024	1635,20
5.Шестерня	2,2	14085	46,20	654329	2146,20
6.Коллектор	2,2	5593	33,00	259831	1533,00
7.Крестовина	2,2	6174	41,80	286824	1941,80
8.Тройник 1	2,2	5831	24,20	270892	1124,20
9.Тройник 2	2,2	3518	28,60	163419	1328,60
10.Патрубок	2,2	6769	44,00	314462	2044,00
			352,00		16352,00

Продолжение таблицы 3.2

Название отливки	ТВГ	Литниковая система			Всего, т
		литниковая система на одну отливку, кг	отливка с литниками, кг	литников на годовую программу, т	
1	11	12	13	14	15
1.Проставка	78,00	2,72	12,35	423,08	1956,08
2.Труба	78,00	0,79	3,60	282,05	1304,05
3.Кронштейн	78,00	0,94	4,28	564,10	2608,10
4.Барабан	78,00	1,17	5,32	451,28	2086,48
5.Шестерня	78,00	0,93	4,21	592,31	2738,51
6.Коллектор	78,00	1,66	7,56	423,08	1956,08
7.Крестовина	78,00	1,91	8,68	535,90	2477,70
8.Тройник 1	78,00	1,17	5,32	310,26	1434,46
9.Тройник 2	78,00	2,29	10,42	366,67	1695,27
10.Патрубок	78,00	1,83	8,33	564,10	2608,10
				4512,82	20864,82

3.4.1 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит чугун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Химический состав представлен в таблице 2.1.

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 3.3).

Металлозавалка рассчитывается по формуле [10]:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где М – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т;

Г – масса годных отливок, т;

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

Л – масса литников и прибылей, т;

П – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$M = \frac{16000 + 4512,82 + 3520}{100 - 3 - 0,1 - 0,5} \cdot 100 = 24644 \text{ т.}$$

Таблица 3.3 – Баланс металла

Наименование статей	СЧ20	
	%	т
1. Годные отливки	73,92	16000,00
2. Брак отливок	1,63	352,00
3. Литники и прибыли	20,85	4512,82
4. Технические пробы	0,10	21,64
5. Сливы и сплески	0,50	108,22
Итого жидкого металла	97,00	20994,68
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	649,32
Металлозавалка	100,00	21644,00

3.4.2 Расчет шихты и составление ведомости расхода шихтовых материалов

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

38

Расчет шихты проведем на компьютере в программе Excel. Данные расчета представлены в таблице 3.4. Расчет шихты представлен в Приложении А.

Таблица 3.4 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Возврат	23,077	4994,685
Лом чугуна 4А ГОСТ 2787-86	71,708	15520,483
Чугун переделный П1 ГОСТ 805-95	2,840	614,690
Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93	1,924	416,431
Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	0,451	97,614
Итого	100,000	21643,902

3.4.3 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения

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

Для получения чугуна марки СЧ20 предложено к установке в цехе оборудование фирмы «РЭЛТЕК» [11].

Индукционные плавильные установки УИП вместимостью от 1 до 16 тонн предназначены для индукционной плавки черных, цветных металлов токами высокой частоты.

В состав установки входят:

- тиристорный преобразователь частоты ТПЧП;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ

лист

39

- индукционная плавильная печь типа ППИ (одна или две);
- блок компенсирующих конденсаторов (БК);
- двухконтурная станция охлаждения с ионно-обменным фильтром;
- пульт дистанционного управления (ПДУ);
- гидропривод поворота печи с пультом управления;
- комплект соединительных шинопроводов (ТПЧ-БК-ИПП);
- понижающий трансформатор;
- ячейка ввода ШВВ;
- система контроля футеровки тигля;
- узел контроля охлаждающей воды.

Преимущества УИП фирмы «РЭЛТЕК»:

- активное перемешивание металла и высокая гомогенность расплава;
- возможность зонного перемешивания (фокусирования энергии) в печи;
- отсутствие угара легирующих элементов;
- возможность плавки без "болота";
- широкие технологические возможности при большом выборе емкости печи, типы футеровки и рабочей частоте печи;
- точная регулировка температуры расплава;
- возможность плавки и выдержки металла в одном печном агрегате;
- мгновенная готовность к работе;
- высокая скорость плавки;
- малые удельные показатели потребления электроэнергии на тонну выплавленного металла;
- экологичность технологического процесса;
- сохранение качества питающей сети;
- плавка цветных металлов в набивном тигле.

Из ряда установок УИП выбираем УИП-1600.

Технические характеристики УИП-1600:

- мощность, кВт; 1600;

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		40

- частота тока, Гц 250;
- производительность тах, т/ч; 2,5;
- номинальная емкость, т; 3.

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле [10]:

$$P_1' = \frac{B_{\Gamma} \cdot K_H}{\Phi_{\text{Д}} \cdot N'_{\text{расч}}}, \quad (3.2)$$

где B_{Γ} – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$\Phi_{\text{Д}}$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

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

K_H – коэффициент неравномерности потребления и производства.

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

$$P_1' = \frac{20994,68 \cdot 1,2}{3974 \cdot 2,5} = 2,76$$

Число единиц оборудования (P_2'), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [10]:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3}, \quad (3.3)$$

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

$$P_2' = \frac{2,76}{0,8} = 3,31.$$

Принимаем $P_2' = 4$; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [10]:

$$K_{3\text{Ф}} = \frac{P_1'}{P_2'}, \quad (3.4)$$

$$K_{3\text{Ф}} = \frac{2,76}{4} = 0,70.$$

Для выплавки СЧ20 принимаем к установке в цехе четыре индукционные плавильные установки УИП-1600 фирмы «РЭЛТЕК».

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		41

3.4.4 Расчет потребности ковшей

При расчете количества ковшей учитываются:

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

Периоды работы и ремонта ковшей (разливочных и раздаточных):

- непрерывная работа 3...4 ч;
- остывание до ремонта 0,5... 0,7 ч;
- текущий ремонт 0,5...1,0 ч;
- установка под желоб, выпуск металла 0,5 ч;
- капитальный ремонт и подогрев 2... 3 ч;
- сушка и разогрев после капитального ремонта 2... 3 ч.

Емкость раздаточного ковша принимается равной емкости печи. Емкость разливочного ковша принимается исходя из максимальной металлоемкости формы (80,5 кг) и принимается 1 т.

В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей после выхода его из строя. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900 °С.

Расчет раздаточных ковшей проводится по формуле [10]:

$$n = \frac{V_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q} \quad (3.5)$$

где V_r – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч; $t=0,45$;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

42

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного отделения, рассчитывается по формуле [10]:

$$N_1 = n \left(\frac{z_1}{z} + 1 \right) \quad , \quad (3.6)$$

где N_1 – общее количество ковшей, шт;

z_1 – время ремонта ковша, $z_1 = 8$ ч;

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

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле [10]:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (3.7)$$

Расчет раздаточных ковшей емкостью 3 т проводится по формуле (3.5):

$$n = \frac{20994,68 \cdot 0,5}{3974 \cdot 3} = 0,79.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного отделения рассчитывается по формуле (3.6):

$$N_1 = 0,79 \left(\frac{8}{8} + 1 \right) = 1,58.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (3.7):

$$N = 1,58 \cdot 1,1 = 1,74.$$

Полученное значение округляем до целой величины и принимаем $N = 2$.

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество раздаточных ковшей в проектируемом цехе 4 шт.

Расчет разливочных ковшей емкостью 1 т проводится по формуле (3.5):

$$n = \frac{20994,68 \cdot 0,5}{3974 \cdot 1} = 1,32.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного отделения, рассчитывается по формуле (3.6):

$$N_1 = 1,32 \left(\frac{8}{8} + 1 \right) = 2,64.$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

43

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (3.7):

$$N = 2,64 \cdot 1,1 = 2,91.$$

Полученное значение округляем до целой величины и принимаем $N = 3$.

Учитывая, что число резервных ковшей не должно быть меньше двух, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 5 шт.

3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение

Изготовление форм происходит по α -SET процессу.

Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленной в таблице 3.5.

Для изготовления форм выбираем автоматическую безопасную формовочную линию Fast-loop фирмы IMF.

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики:

- цикловая производительность, форм/час 65...75;
- грузоподъемность стола, кг 6000;
- установленная мощность, кВт 400.

В состав линии входят вибростолы, кантователи, механизмы срезки излишков смеси, манипуляторы для кантовки форм, туннели для сушки форм, поворотно-вытяжные машины, перестановщики опок, выбивные устройства.

Формовочная автоматическая линия Fast-loop фирмы IMF предназначена для изготовления отливок из стали в одноразовых формах из холоднотвердеющих смесей.

3.5.1 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно-заливочно-выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [10]:

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		44

Таблица 3.5 – Ведомость изготовления и сборки форм

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Отливка с литниками, кг	Годовой выпуск с учетом брака, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1.Проставка	СЧ20	9,63	12,35	159190,031	1500
2.Труба	СЧ20	2,81	3,60	363701,068	1000
3.Кронштейн	СЧ20	3,34	4,28	611976,000	2000
4.Барабан	СЧ20	4,15	5,32	394024,096	1600
5.Шестерня	СЧ20	3,28	4,21	654329,268	2100
6.Коллектор	СЧ20	5,90	7,56	259830,508	1500
7.Крестовина	СЧ20	6,77	8,68	286824,225	1900
8.Тройник 1	СЧ20	4,15	5,32	270891,566	1100
9.Тройник 2	СЧ20	8,13	10,42	163419,434	1300
10.Патрубок	СЧ20	6,50	8,33	314461,538	2000
Итого				3478647,780	16000

Продолжение таблицы 3.5

Название отливки	Внутренний размер опок, мм			Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
	L	B	H		
1	7	8	9	10	11
1.Проставка	900	700	200	4	39798
2.Труба	800	600	200	6	60617
3.Кронштейн	900	700	200	14	43713
4.Барабан	900	700	200	6	65671
5.Шестерня	800	600	200	10	65433
6.Коллектор	800	600	200	12	21653
7.Крестовина	900	700	200	8	35853
8.Тройник 1	800	600	200	6	45149
9.Тройник 2	800	600	200	6	27237
10.Патрубок	800	600	200	10	31446
					436567

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

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

45

Продолжение таблицы 3.5

Название отливки	Объем смеси для одной формы, м ³				Объем формовочной смеси на годовую программу, м ³
	объем опоки	объем залитого металла	объем стержней	объем уплотненной смеси	
1	12	13	14	15	16
1.Проставка	0,2520	0,0071	0,0044	0,2405	9573,09
2.Труба	0,1920	0,0031	0,0000	0,1889	11451,25
3.Кронштейн	0,2520	0,0086	0,0000	0,2434	10641,21
4.Барабан	0,2520	0,0046	0,0000	0,2474	16249,52
5.Шестерня	0,1920	0,0060	0,0059	0,1801	11783,99
6.Коллектор	0,1920	0,0130	0,0000	0,1790	3876,52
7.Крестовина	0,2520	0,0099	0,0018	0,2403	8616,22
8.Тройник 1	0,1920	0,0046	0,0010	0,1865	8419,29
9.Тройник 2	0,1920	0,0089	0,0030	0,1801	4904,38
10.Патрубок	0,1920	0,0119	0,0060	0,1741	5474,63
					90990,11

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_{д}}, \quad (3.8)$$

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

K_{σ} – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

$N_{п.расч}$ – принятая тактовая (расчетная) производительность автоматического оборудования, шт./ч;

$\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд времени, ч.

Расчетную производительность определим по формуле (3.8):

$$P_1 = \frac{4365675}{0,94 \cdot 70 \cdot 3726} = 1,77.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.3):

$$P'_2 = \frac{1,77}{0,9} = 1,95$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

46

Принимаем две линии Fast-loop фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.4):

$$K_{зф} = \frac{1,77}{2} = 0,89.$$

3.6 Смесеприготовительное отделение

Основой для расчёта смесеприготовительного отделения является ведомость изготовления и сборки форм, представленная в таблице 3.5.

Для самотвердеющих формовочных смесей используются скоростные смесители непрерывного действия.

Для установки в цехе предложены интенсивные смесители (ИСЛ) турбовихревого типа для приготовления формовочных смесей фирмы «Литаформ».

Технические характеристики смесителя ИСЛ-25 [12]:

- производительность, т/час 25;
- объем однократной загрузки, т 0,75;
- время смешения, с 90;
- мощность привода, кВт 30.

После выбивной решетки отработанная смесь попадает на переработку, которая заключается в механической регенерации смеси.

В любом литейном цехе предусматривается система регенерации формовочной и стержневой смесей. Формовочная и стержневая смесь в проектируемом цехе холоднотвердеющая. Способом регенерации, подходящим и для формовочной и для стержневой смеси, является механический, при котором частицы песка соударяются и происходит абразивная зачистка зерен – оттирка связующего с их поверхности. Пленки связующего отделяются от зерен песка, превращаются в пыль и удаляются из смеси интенсивным отсосом воздуха. Таким образом, получается регенерат, который можно повторно использовать в производстве, а значит, сокращать себестоимость продукции.

3.7 Термообрубное отделение

В термообрубном отделении выполняются следующие операции: отделение литников и прибылей, очистка отливок от остатков смеси и стержней, термообработка (если предусмотрена технологически процессом), очистка отливок от окалины, исправление дефектов, зачистка отливок.

Отливки, поступающие из формовочного отделения после отделения литников и прибылей, попадают в дробеметный барабан, затем отливки помещают в термopечь, после термообработки – в очистную дробеметную камеру.

Барабаны предназначены для дробеметной очистки мелких и средних отливок из черных металлов от пригара, формовочной земли и стержней перед механической обработкой, окраской, нанесением других защитных покрытий.

Технические характеристики дробеметного барабана 42203 фирмы АМУРЛИТМАШ:

- наибольшая объемная диагональ детали, мм 450;
- высота, мм 5700;
- ширина, мм 4370;
- длина, мм 5700;
- производительность, т/ч 2,4.

Для термообработки применяются печи электрические камерные с выкатным подом. Они просты по конструкции, универсальны для различных изделий и технологических процессов, позволяют широко варьировать режимы термообработки.

Технические характеристики печи ТермоМастер:

- размеры рабочей камеры, мм 3400x2000 x2500;
- размеры печи, мм 5200x3500 x3500;
- мощность, кВт 200;
- масса садки печи, т 5.

Отливки подвергают низкотемпературному графитизирующему отжигу (680...750 °С). Продолжительность отжига зависит от требуемой конечной структуры и составляет 4...8 часа. Целью такого отжига является повышение пластичности и вязкости чугуна, в структуре которого содержится свободный цементит. Время выдержки при отжиге зависит от содержания в чугуне марганца и фосфора: чем больше их количество, тем длительнее должна быть выдержка. В результате такого отжига цементит распадается на феррит и графит, а структура металлической основы чугуна из перлитно-цементитной превращается в перлитно-ферритную или чисто ферритную.

После термообработки отливки вновь подвергаются дробеметной обработке для удаления окалины.

При дробеметной обработке обрабатываемые детали подвешиваются по одной или гроздьями на вращающиеся крюки, перемещающиеся по замкнутому конвейеру, который проходит через дробеметную камеру. В процессе дробеметной обработки обрабатываемые детали вращаются в струе абразивных материалов и передвигаются вперед или назад, что обеспечивает эффективную обработку.

3.8 Внутрицеховые лаборатории

Ряд исходных материалов, применяемых в цехе, требует перед запуском в работу контрольной проверки, подтверждающей соответствие материалов требованиям. Для выполнения таких анализов, а также анализов в процессе производства, в цехе работают: экспресс-лаборатория и лаборатория формовочных материалов.

3.9 Вспомогательные отделения и участки цеха

В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтно-слесарное отделение. В задачи ремонтно-слесарного отделения входит проведение текущего,

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49

профилактического и среднего ремонтов, технологического ремонта оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

Кроме того, в цехе предусмотрены служба механика, наладчика и электрослужба, которые обеспечивают бесперебойную работу цеха.

3.10 Внутрицеховой транспорт

Литейное производство характеризуется многократным перемещением больших количеств различных грузов. Поэтому транспортные операции являются важной составляющей производственного процесса.

Внутри цеха формовочная смесь транспортируются по ленточным конвейерам. Формовочный песок транспортируется с базисного склада пневматическим транспортом.

Для подъема грузов в цехе используются следующие подъемно-транспортные средства: краны, ручные и электрические тележки, различного типа конвейеры, установки трубопроводного транспорта, вспомогательные устройства: питатели, бункеры, затворы, дозаторы и другие механизмы, предназначенные для совместной работы с подъемно-транспортным оборудованием.

В цехе материалы завозят по железнодорожным путям. Из вагонов сыпучие материалы сгружают в специально отведенные ямы, откуда они пересыпаются в бункера. Шихтовые материалы разгружают с помощью мостового крана с магнитной шайбой. Шихтовые материалы краном с бадьей, где происходит взвешивание (навеска) подают на передвижную тележку. С помощью неё материалы попадают в плавильное отделение. Мостовым краном происходит завалка шихты в печь. После выплавки СЧ20 производят выпуск металла в ковши. Затем с помощью передвижной тележки ковш с металлом передвигается в формовочно-заливочно-выбивное отделение, где металл попадает на линию Fast-loop, куда подвозят стержни электрокарами. После выбивки отливки по средству подвешного конвейера перемещаются в отделение термообработки и обрубки.

Отливки с помощью мостового крана подают в галтовочный барабан.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

50

Затем обрубаются оставшиеся литники и прибыли, и отливки отправляют в термopечь для удаления окалины. После термообработки, отливки отправляют в дробеметную камеру. Затем отливку красят и отправляют на склад готовой продукции с помощью мостового крана [13].

Отработанную формовочную смесь ленточным конвейером перемещают в отделение регенерации, где смесь проходит магнитную сепарацию, дробление на крупную затем на более мелкую фракцию. После, смесь отправляют на грохочение, классификацию и охлаждение. После восстановленную смесь возвращают в бункер, куда также подается свежий песок по пневмотранспорту.

3.11 Технический контроль производства

На участок контроля отливки поступают после финишных операций для окончательной проверки на соответствие предъявляемым требованиям.

На участке контроля предусмотрено наличие контрольно-измерительных приборов.

Годные отливки после проверки клеймят и отправляют на склад готовой продукции, бракованные – транспортируют на переплав или на участок исправления дефектов.

Технический контроль качества отливок выполняет отдел технического контроля завода совместно со спектральной экспресс-лабораторией и разметочной секцией ОТК на следующих переделах производства: шихтовки, плавки, заливки и очистки отливок, приготовлении стержневой смеси и изготовлении стержней.

В спектральной экспресс-лаборатории для проверки химического состава предусмотрен специальный прибор – экспресс-анализатор для ускорения процесса определения содержания компонентов сплава.

4 СПОСОБЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

Обязательной технологической операцией производства тонкостенных отливок из чугунов является графитизирующее модифицирование. Основным графитизирующим средством являются кремнийсодержащие лигатуры, эффективность применения которых известна уже около ста лет. Однако причина, вызывающая этот эффект, до сих пор остается дискуссионной. Отсутствие четких однозначных представлений о механизме процесса порождает многочисленные рекомендации по режиму обработки и особенно по оптимизации состава присадок. В настоящее время количество предлагаемых модификаторов для графитизирующей обработки чугунов исчисляется трехзначными цифрами, что безусловно затрудняет как централизованное их производство, так и подбор требуемого состава присадок для практической реализации. Это свидетельствует о важности качественной и количественной оценки процессов, происходящих при обработке жидких чугунов кремнийсодержащими присадками.

Принципиальным отличием модифицирования от других способов воздействия на металл с целью улучшения его качества является относительная кратковременность действия модификаторов.

Многие авторы связывают механизм графитизирующего действия ферросилиция с образованием дополнительных центров кристаллизации за счет воздействия содержащихся в нем примесей, например, Al, Ca с кислородом и серой [14]. В доказательство данного механизма приводятся сведения о том, что присадка в особо чистый железоуглеродистый сплав, синтезированного из материалов высокой степени чистоты ферросилиция, или полупроводникового кремния не оказывает сильного графитизирующего воздействия на сплав. Количественная оценка графитизирующего эффекта с учетом содержания примесей в ферросилиции и величины добавки самого ферросилиция показывает, что тысячные доли вводимых элементов не могут оказывать столь сильного воздействия. Действительно, из практики известно, что результат модифицирования алюминием является ощутимым

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		52

при величине добавки не менее нескольких сотых долей процента. По-видимому, более правильным будет учитывать весь комплекс явлений, происходящих при обработке чугуна кремнийсодержащими присадками. К одному из таких наиболее важных проявлений сложного механизма процесса относится термовременной характер его протекания.

Отличием результатов обработки чугуна кремниевыми лигатурами, по сравнению, например, с добавками алюминия и графита, является экстремальная зависимость эффекта модифицирования. Сразу после обработки расплава наблюдается максимальный графитизирующий эффект, что служит предпосылкой частого использования ферросилиция при "позднем" модифицировании чугунов. Следует предположить, что сильная графитизирующая способность сравнительно небольших добавок кремниевых лигатур, при гораздо более высоком содержании кремния в чугуне, связана непосредственно с процессом растворения присадки.

Исследования проводились на сером чугуне с шаровидным графитом СЧ20. В качестве кремнийсодержащей присадки использовался стандартный 75 %-ный ферросилиций (ФС75 ГОСТ 1415-78). Величина добавки составляла 0,5 % от металлоемкости ковша. Для сравнения в чугун, не подвергаемый модифицированию, кремнийсодержащая присадка вводилась в шихту. Оценка графитизирующего эффекта проводилась по температуре эвтектической реакции, которая наиболее точно характеризует указанное явление.

Результаты экспериментов представлены на рисунок 4.1. Во всех случаях четко проявляется экстремальный характер графитизирующего эффекта. Максимальное воздействие имеет место при кристаллизации чугуна сразу после ввода присадки. В дальнейшем происходит угасание эффекта. Характерно, что по мере повышения температуры модифицирования (опыты 1,2) при постоянном составе чугуна длительность существования эффекта снижается. В качестве критерия "живучести" принималось время полного исчезновения эффекта, определяемое методом экстраполяции (отмечено на рисунках стрелками).

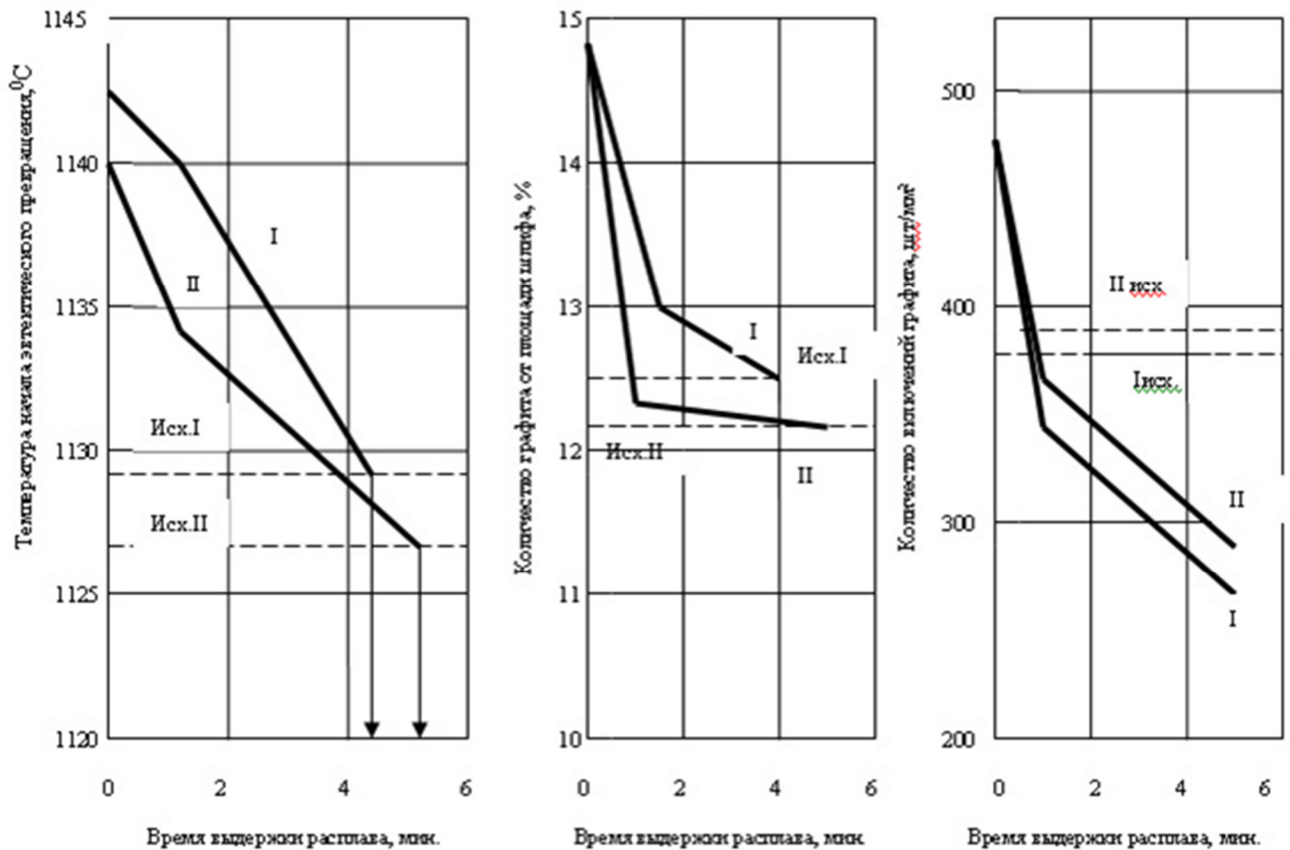


Рисунок 4.1 – Термовременной характер графитизирующего эффекта модифицирования серого чугуна (C = 3,6 %; Si = 2,2 %; Cэ = 4,33 %) 0,5 % ФС-75 при температурах 1420 °С (I) и 1380 °С (II)

В начальный момент сразу после обработки имеет место максимальная графитизация, вследствие "супермодифицированного" состояния кристаллизующего расплава. Незначительное увеличение температуры эвтектического превращения при температуре обработки расплава 1420 °С, по сравнению с обработкой при температуре 1380 °С, связано с более низкой скоростью охлаждения в интервале эвтектического превращения в первом случае. Это определяется большим прогревом литейной формы ввиду различия начальных условий охлаждения.

Сразу после ввода модификатора увеличивается температура эвтектического превращения, содержание свободного углерода и удельное число включений шаровидного графита. Также установлено сокращение "живучести" эффекта модифицирования при повышении температуры.

Установленный термовременной характер графитизирующего эффекта в чугуне естественно связать с кинетикой растворения кремнийсодержащих присадок, а именно с образованием неравновесных высокоуглеродистых фаз (карбид кремния и

графит) в зонах растворения ферросилиция. Термодинамические расчеты и косвенные экспериментальные данные указывают на возможность образования таких фаз [15].

Весь процесс графитизации можно представить происходящим постадийно по следующему механизму. Вначале образуется, либо уже присутствуют в зонах вокруг растворяющихся частиц модификатора тугоплавкие неметаллические включения. Затем на них идет процесс осаждения избыточного углерода и, возможно, карбида кремния. В дальнейшем после полного растворения присадки и исчезновения пересыщенных по кремнию зон, указанные активированные углеродом неметаллические включения становятся термодинамически менее устойчивыми и начинается процесс их растворения. Распад частиц карбида кремния должен сопровождаться образованием графита. Результаты процесса зависят от многих факторов и, прежде всего, от скоростей протекания двух противоположных явлений: с одной стороны - выделения графита и карбида кремния, с другой стороны - растворения, возникших на поверхности неметаллических включений графитных слоев. Для повышения графитизирующей способности кремнийсодержащих присадок, исходя из выше описанного механизма, можно определить следующие основные пути интенсифицирования процесса модифицирования: сокращение времени между вводом присадки и началом процесса кристаллизации отливки, т.е. реализация эффекта "позднего" модифицирования; максимальное стимулирование процессов образования избыточных фаз, что может быть достигнуто "замутнением" расплава тугоплавкими подложками; повышение устойчивости термодинамически нестабильных образований графита в ненасыщенном углеродсодержащем расплаве после завершения во времени процесса растворения модифицирующей присадки, реализация которых будет способствовать снижению склонности чугуна к кристаллизации по диаграмме метастабильного равновесия и максимальной графитизации сплава.

Исходя из выше представленных теоретических и экспериментальных исследований графитизирующего эффекта в серых чугунах, был разработан комплексный технологический процесс обработки СЧ.

В литейном цехе плавку исходного чугуна ведут в индукционной плавильной установке УИП-1600. После расплавления исходных шихтовых материалов и доводки

					<i>22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

расплава по температуре производят подшихтовку жидкого чугуна существующими ферросплавами, при этом достигается максимальное усвоение легирующих элементов при минимальном угаре. После перегрева исходного чугуна и временной выдержки при температуре 1465...1470 °С производят выпуск металла из печи в ковш для проведения операций сфероидизирующего и графитизирующего модифицирования. Однотонный ковш заполняется на 2/3 его емкости. На дно ковша помещается навеска ферроцерия МЦ-40 ТУ 48-4-280-86, расход которой составляет 0,02...0,025 % от веса обрабатываемого расплава. Основной функцией предварительной обработки расплава ферроцерием является частичная десульфурация чугуна и подготовка его к сфероидизирующему модифицированию, которое проводят в автоклаве. В качестве сфероидизирующих присадок в литейном цехе используют магний чушковый марки МГ-90 ГОСТ 304-93 при его расходе 0,1...0,13 % и комплексную лигатуру СК10Мг6 ТУ 14-5-39-82, расход которой составляет 0,8...0,85 % от веса обрабатываемого расплава. Использование комплексной сфероидизирующей обработки обеспечивает достаточно стабильное содержание остаточного магния и несколько уменьшает склонность чугуна к отбелу, по сравнению с чугуном, обработанным только магнием. После завершения технологической операции обработки расплава в автоклаве, скачивают образовавшийся при этом шлак, на поверхность жидкого чугуна вводят добавку ферросилиция ФС75 в количестве 0,40...0,45 % и из печи в ковш заливают оставшийся жидкий чугун (примерно 1/3 емкости). Производят механическое перемешивание, скачивание шлака и разливку металла по литейным формам. Время заливки в зависимости от металлоемкости форм колеблется в пределах 15...17 мин.

Используемый в литейном производстве магниевый процесс сфероидизирующего модифицирования в автоклаве имеет существенные преимущества. Главное из них – минимальная стоимость присадки, особенно при применении монолитного металла (чушек, проката). Использование чистого магния в три раза дешевле, чем использование лигатур. Вместе с тем имеются и существенные недостатки, связанные с низким усвоением магния. Отсутствие графитизирующего воздействия на чугун чистого магния и повышенная склонность обработанного расплава к кристаллизации по метастабильной диаграмме, вызывает необходимость применения дополнительного графитизирующего модифицирования либо

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		56

термической обработки отливок. В последнем случае сплав имеет большую склонность к образованию дефектов усадочного характера.

Очевидно, что с целью снижения склонности серого чугуна, полученного модифицированием магнием в автоклаве, к кристаллизации по метастабильной диаграмме в литейном цехе используется комплексное модифицирование магнием и лигатурой СК10Mг6, а также проводится вторичная графитизирующая обработка. Вместе с тем, следует отметить, что способ ввода ферросилиция марки ФС75, практикуемый на предприятии, а именно ввод ферросилиция после сфероидизирующей обработки на зеркало расплава, заполняющего ковш на 2/3 объема и ручное механическое перемешивание с доливом оставшегося металла, не может обеспечить равномерную графитизирующую обработку всего объема жидкого чугуна.

Большая длительность разливки жидкого чугуна по литейным формам в условиях литейного цеха и связанное с этим существенное снижение температуры расплава, уменьшение эффекта графитизирующего модифицирования также способствует кристаллизации отливок, залитых в последнюю очередь с выделением структурно-свободного цементита. Низкая температура заливки изменяет начальные теплофизические условия охлаждения вследствие меньшего прогрева литейной формы, при этом увеличивается величина переохлаждения расплава на фронте кристаллизации и создаются благоприятные термодинамические условия для зарождения и роста включений цементита.

Существенное влияние на брак по отбелу может оказывать качество шихтовых материалов, используемых при плавке. Под качеством шихтовых материалов подразумевается не только химический состав чушковых передельных чугунов, наличие в них поверхностно-активных примесей (сурьмы, олова, висмута, свинца), резко увеличивающих склонность чугунов к отбелу, но и микроструктура этих материалов, а именно наличие большого количества крупных включений цементита. В этих условиях расплавление и термическая выдержка расплава чугуна при температуре 1465...1470 °С не снижает неблагоприятную структурную наследственность шихты и приводит к повышенному браку отливок по структуре цементита. Вероятно, увеличение времени термической выдержки расплава до

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

15 мин или увеличение температуры выдержки до 1485...1490 °С должно снизить брак отливок по структуре цементита.

Анализ существующего технологического процесса получения отливок из серого чугуна марки СЧ20 показывает, что основными причинами брака по структуре цементита являются:

- высокая склонность серого чугуна данного химического состава к кристаллизации по метастабильной диаграмме с выделением структурно-свободного цементита, обусловленная повышенным содержанием карбидообразующих и карбидостабилизирующих элементов, а также автоклавным методом сфероидизирующего модифицирования;
- нестабильность ковшевой графитизирующей обработки жидкого чугуна, при этом не обеспечивается равномерность модифицирования всего объема расплава;
- большая длительность разливки, что приводит к снижению эффекта графитизирующей обработки по времени;
- неблагоприятная структурная наследственность передельных чушковых чугунов наличие в них большого количества крупных включений цементита.

Исходя из установленных причин повышенного брака отливок по структуре цементита, в качестве мероприятий по его устранению можно рекомендовать ввести в технологический процесс изготовления отливок дополнительную операцию графитизирующего модифицирования жидкого чугуна в литейной форме. Данная операция будет обеспечивать максимально эффективную графитизирующую обработку, при которой процесс модифицирования практически совпадает по времени с началом кристаллизации отливки, что обуславливает исключение условий, при которых в структуре чугуна возможно выделение свободного цементита.

Предлагаемый технологический процесс основывается на использовании комплексного фильтрующе-модифицирующего элемента, состоящего из двух частей:

1. Комплексный быстрорастворимый элемент, оказывающий графитизирующее воздействие на расплав чугуна.
2. Фильтрующий элемент на основе стеклоткани.

Первый элемент имеет целенаправленное высокоэффективное графитизирующее воздействие на расплав чугуна. Для предотвращения

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

58

кинетического торможения процесса растворения вставка изготавливается методом прессования порошковых материалов определенной фракции и химического состава. В качестве связующего используется вещество с невысокой температурой возгонки, которое ускоряет процесс растворения вставки, при этом продукты возгонки связующего оказывают дополнительное графитизирующее воздействие на расплав.

С учетом химического состава серого чугуна марки СЧ20 рекомендуется использовать вставку из кремнийсодержащего материала (содержание кремния 65...75 %) в состав которого входит активный барий (содержание бария 3...5 %), способный повышать модифицирующий эффект обработки серого чугуна. Опытные работы [15] показали, что расходы модифицирующего элемента в пределах 0,05...0,1 % от металлоемкости формы являются достаточными для обеспечения ограниченного содержания цементита в структуре отливки «Проставка» из чугуна СЧ20.

Фильтрующий элемент рафинирует модифицированный расплав от неметаллических включений как шлаковых, так и возможных продуктов взаимодействия расплава чугуна и модифицирующего элемента. Кроме того, он предотвращает размыв литейной формы, снижая брак литья по засорам.

Предложенный технологический процесс характеризуется простотой и легко вписывается в действующее производство. При сборке литейной формы по разьему в специальный элемент литниковой системы – реакцию камеру, укладывается модифицирующая вставка и перекрывается фильтровальной сеткой.

Выводы: Принято решение о внедрении результатов настоящей работы в производство отливки «Проставка». Широкие промышленные испытания показали принципиальную возможность исключения брака отливок «Проставка» из серого чугуна по причине отбела, при условии колебания качества исходных шихтовых материалов.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В соответствии с трудовым кодексом РФ на всех предприятиях, в учреждениях, организациях должны быть созданы безопасные условия труда.

Конституция Российской Федерации в качестве одного из основных прав граждан закрепила право на охрану здоровья. Естественным следствием этого является и право работника на здоровье и безопасные условия труда, которые также в качестве отдельного принципа и в форме субъективного права закреплены в ст. 37 Конституции

Согласно трудовому кодексу государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации и законах и иных нормативных правовых актах субъектов Российской Федерации, устанавливаются правила, процедуры, критерии и нормативы, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. А так же требования охраны труда обязательны для исполнения юридическими и физическими лицами при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов, конструировании машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов, организации производства и труда. Устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

В ТК РФ перечислены обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, которые возлагаются на работодателя.

5.1 Общая характеристика литейного цеха

Проектируемый цех чугунного литья представляет собой одноэтажное здание, общей площадью 8064 м². Здание литейного цеха каркасного типа. Несущий каркас состоит из колонн, установленных на фундаменте и связанных балками и фермами.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

Каркасы и колонны – железобетонные. Для въезда и выезда транспортных средств имеются ворота, оборудованные воздушно-тепловой завесой.

Конструкция здания проектируемого литейного цеха выполнена в соответствии с СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Требования к предприятиям металлургической промышленности».

Для эффективного проветривания, размещаем проектируемый цех в здании сплошной застройки пролетного типа, конфигурация плана цеха в виде прямоугольника. Цех состоит из 4 пролетов: пролет складирования и приготовления шихтовых и формовочных материалов, 2 пролета основного производственного процесса, пролет термо и механообработки отливок и склада готовой продукции.

Полы цеха выполнены из материалов с высокой прочностью, износостойкостью, стойкостью к воздействию агрессивных средств, раскаленных деталей и т.д.

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции, отоплению помещения выполнены по СанПиН 2.04.05-07 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Отопление цеха осуществляется местными нагревательными приборами регистрами из гладких труб. Все трубопроводы систем отопления и теплоснабжения калориферов выполняются из стальных водогазопроводных труб. Проектируемый литейный цех имеют эффективную вентиляцию, обеспечивающую многократный обмен воздуха в цехе, систему местной вентиляции, предотвращающую выброс вредных выделений в атмосферу цеха; устройство воздушных душей или тепловых завес на рабочих местах. У ворот имеются воздушные тепловые завесы, пуск которых сблокирован с механизмом открывания ворот. В помещениях объем наружного воздуха составляет не менее 30 м³/ч на одного работающего. В зимнее время приточная вентиляция работает в сочетании с калориферными установками. Температура в цехе в холодный период 15...21 °С, в теплый период 16...27 °С. Предприятие относится к 1-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.11.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии (1000 м). По

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

61

СанПиН 21-01-07 огнестойкость здания – 2 степени. Расчетные нагрузки на полы и перекрытия представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчетные нагрузки на полы и перекрытия (кПа), материалы полов

Отделения и участки	Максимальная масса отливки, менее 1000 кг	Рекомендуемые типы материалов для полов
Плавильное отделение	30...60	IV, V, VI
Машинная формовка	30...60	I, II, VI
Участок заливки на конвейере	30...60	IV
Выбивное отделение	30...60	I, II, VI
Стержневое отделение	20...60	I, II, VI
Смесеприготовительное отделение	30...60	I, II, III, VI
Отделение обрубки	30...60	I, VI
Склады шихты и формовочных материалов	60	I, V
Закрома формовочных материалов	100...150	I, VI
Железнодорожный путь	60	VII

Примечания: Типы материалов полов: I – бетонные плиты с железобетонным покрытием; II – плиты из высокопрочного бетона, изготавливаемые методом прессования; III – сборные железобетонные плиты; IV – плиты из жаростойкого бетона; V – стальные рифленые плиты толщиной 8 мм с анкерами; VI – стальные перфорированные плиты толщиной 1,5...3,0 мм; VII – брусчатка.

При установке оборудования в цехе необходимо учитывать, чтобы агрегаты, являющиеся источником тепловых потоков размещались вдоль продольной оси пролета. Расстояние между агрегатами устанавливается такое, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались.

На территории завода, литейный цех располагаем в зоне группы горячих цехов и энергетических сооружений, так же выбираем площадку, расположенную на возвышенном месте. Глубина залегания грунтовых вод на месте сооружения литейного цеха, должна быть не менее 4...5 метров от планировочной поверхности.

5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В проектируемом цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», при проведении технологического процесса на всех стадиях обработки металлов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделение паров и газов; избыточное выделение теплоты; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; наличие движущихся машин и механизмов и т.д. Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм людей, работающих в цехе, приводят к различным заболеваниям и быстрой утомляемости, опасные же факторы влекут за собой травматизм и летальный исход.

К опасным производственным фактором также относятся: опасность возникновения пожара и опасность поражения электрическим током, наличие движущихся машин и механизмов.

5.2.1 Вредные вещества

Пыль литейных цехов по дисперсному составу относится к мелкой и мельчайшей фракциям, которые длительное время находятся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны. Значительные выделения пыли наблюдаются при выбивки отливок, в процессе приготовления формовочных и стержневых смесей. К газам и парам, которые загрязняют воздух рабочей зоны литейного цеха, относятся ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, двуокись серы, углекислый газ, фенол, окись углерода, формальдегид, хлор, этиловый спирт и др.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-97 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным факторам относится пыль, выделяющиеся газы и пары источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсичных газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Разновидность вредных веществ в воздухе производственного помещения является пыль. Она может быть во взвешенном состоянии – аэрозоль и осевшем – аэрогель.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест не должно превышать установленных ПДК. В таблице 5.2 приведен ПДК вредных веществ, сопутствующих литейному производству.

Таблица 5.2 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Оксид углерода	20,0	4
Оксид азота	5,0	3
Оксид железа	6,0	3
Оксид алюминия	6,0	3
Диоксид серы	10,0	4
Двуокись кремния	1,0	1
Известняк	6,0	3
Спирт этиловый	6,0	3
Спирт метиловый	5,0	3
Ацетон	200,0	5
Ацетилен	1,5	1
Бензол	20,0	4
Диоксид углерода	6500,0	5
Фенол	1,0	1
Формальдегид	0,5	1
Керосин	300,0	5

Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция. В общем случае цеховая приточная установка включает в себя: воздухоприемное

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

64

устройство, пористый фильтр для очистки поступающего воздуха, систему кондиционирования для подогрева и охлаждения воздуха, вентилятор.

Кроме общецеховой, предусматривается приточная местная вентиляция – воздушные завесы для защиты производственных помещений от проникновения холодного воздуха при открытии ворот, дверей.

В качестве индивидуальных средств защиты от пыли, при концентрациях, превышающих ПДК, применяют респираторы типа «лепесток».

5.2.2 Вибрация

В литейном цехе источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, центробежных и других машин.

Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». Гигиенические нормы вибрации, допустимые к воздействию на работника в течение рабочей смены приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Гигиенические нормы вибрационного воздействия

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

Для снижения вибрации рекомендуется: установка машин, при работе которых возникают незначительные вибрации, увеличение массы фундаментов вибрирующего оборудования, устройство акустических разрывов и акустических швов вокруг фундаментов вибрирующего оборудования, укладка

виброизоляционных материалов под станины машин, виброизоляция – снижение колебаний источника с помощью дополнительных устройств виброизоляторов.

5.2.3 Шум

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

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-98 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85 дБ, предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 дБ.

Основные источники шума и вибрации в литейном цехе представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Источники шума и вибрации

Источник шума	Меры борьбы с шумом
Трансформаторы плавильных печей	звукопоглощающий кожух
Формовочные машины	увеличение массы фундамента, наушники
Решетки выбивные	увеличение массы фундамента, наушники
Конвейер формовочный	упругие вставки между подвижными частями
Дробеметные барабаны и камеры	звукопоглощающий кожух, увеличение массы фундамента, наушники
Смесители формовочные	звукопоглощающий кожух
Выбивная решетка	акустические разрывы и швы вокруг фундамента
Формовочные машины	укладка виброизоляционных материалов под станину
Дробеметные барабаны и камеры	акустические разрывы и швы вокруг фундамента, укладка виброизоляционных материалов под станину

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

66

5.2.4 Электромагнитные излучения

Электромагнитные поля в литейном цехе генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней и др. Допустимые параметры электромагнитных полей регламентируются ГОСТ 12.1.006-04 «Электромагнитные излучения. Общие требования».

В таблице 5.5 представлены предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля.

Таблица 5.5 – ПДУ электромагнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0...10	24	30	40	50
11...60	16	20	24	30
61...480	8	10	12	15

5.2.5 Освещение

Освещение в производственной деятельности имеет большое значение. Недостаточное или неправильно устроенное освещение ухудшает зрение работников, вызывает общее утомление, ведет к снижению производительности труда, к увеличению брака в работе и может явиться одной из основных причин травматизма. Естественное и искусственное освещение производственных и санитарно-бытовых помещений литейного цеха должно соответствовать нормам СанПиН 2.2.11.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению».

Кроме естественного освещения через окна и аэрационные фонари в цехе применяется искусственное освещение. Для общего освещения используются газоразрядные источники света типа ДРИ, ДРЛ и ДРКс.

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

Аварийное освещение предусматривается для безопасного продолжения работы или при внезапном повреждении освещения. Аварийное и охранное освещение литейного цеха должно предусматриваться в соответствии со СанПин 2.1.1.1278-03. Рекомендуемые значения освещенности приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Освещенность участков при использовании газоразрядных ламп

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, лк	КЕО, %
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, закром	горизонталь	IV _a	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	IV _г	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	горизонталь	VIII _б	200	0,7
Изготовление стопок	0,8 м от пола	горизонталь	VI	300	1,8

5.3 Электробезопасность

Электробезопасность в проектируемом литейном цехе должна обеспечиваться конструкцией электроустановок; техническими требованиями и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по

ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». Повышение электробезопасности также достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения и других средств и методов защиты, в том числе знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей. Применением в системах местного освещения, в ручном электрифицированном инструменте пониженного напряжения.

Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители, рубильники располагаются в заземленных контурах. Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта.

Повышение электробезопасности достигается также путем применения изолирующих, ограждающих, предохранительных и сигнализирующих средств.

Для индивидуальной защиты работников цеха должны применяться монтерские инструменты, резиновые перчатки, сапоги, резиновые коврики и другие вспомогательные приспособления ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Основными источниками опасности поражения электрическим током являются электропечи, машины и механизмы с электроприводом (конвейеры, подъемно-транспортные устройства и т.д.).

Литейный цех относится к 3 классу помещения по электроопасности «Помещения особо опасные».

5.4 Пожаровзрывобезопасность

Проектируемый цех относится по пожарной опасности к категории «Г». Регламентирующие условия пожарной безопасности определяются по ППР 2012 «Правила пожарной безопасности в РФ». Общие требования» и согласно федеральному закону № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Пожаро-взрывоопасные вещества и материалы для их тушения приведены в таблице 5.7.

					<i>22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

В целях пожарной безопасности в цехе предусмотрены: места для порошковых и углекислотных огнетушителей в каждом отделении цеха, пожарные щиты, пожарные краны, ящики с песком, средства связи с пожарной охраной завода, звуковая сигнализация.

Таблица 5.7 – Пожаро-взрывоопасные вещества и материалы для их тушения

Вещество	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С
Спирт этиловый	11	445
Ацетон	-18	465
Спирт метиловый	-1	475
Ацетилен	28	335
Бензол	-11	562
Диоксид углерода	15	630
Фенол	79	595
Формальдегид	4	435
Керосин	28	216

В таблице 5.8 приведены рекомендации по применению средств пожаротушения в литейном цехе.

Таблица 5.8 – Рекомендации по применению средств пожаротушения в цехе

Средство пожаротушения	Материалы и область тушения	Отделения, участки
Распыленная вода	горючие жидкости с температурой вспышки более 45 °С (смазочные масла, олифы и др.)	формовочное, стержневое
Углекислый газ	легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, твердые сгораемые материалы	сушки стоек и стержней
Порошковые сухие огнетушители, сухой песок, флюсы	твердые горючие материалы, в том числе металлы	плавильное
Войлочные кошмы и покрывала	небольшие очаги пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	стержневое

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

70

5.5 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность производственного процесса обеспечивается выбором техпроцессов и производственного оборудования, помещений и исходных материалов, способ хранения и транспортирования, правильным размещением оборудования. Распределением функций между рабочими и их обучением, использованием средств индивидуальной защиты.

Общие требования безопасности производственного оборудования определены ГОСТ 122003-91. Безопасность производственных процессов регламентируются ГОСТом 123002-75.

Для обеспечения операций по переработке исходных материалов, шихтовые материалы хранятся в закромах с обеспечением угла естественного откоса, а формовочные в бункерах. Бункера для металла должны иметь для безопасного их обслуживания площадку шириной не менее 1 метра, огражденную перилами. Углы наклона плоскостей бункеров должны обеспечивать легкий сход материалов. Выдача в производство лома с закрытыми полостями без специальной проверки и их вскрытия запрещается. Хранение сыпучих материалов должно осуществляться в ларях, верхняя часть которых должна быть оборудована местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей скорость движения воздуха при открытых загрузочных отверстиях не менее 0,7 м/с, также приточно-вытяжная вентиляция устанавливается и на участке подготовки шихты. На все поступающие в цех шихтовые и формовочные материалы должны быть токсикологические характеристики, а на участках устанавливается сигнализация и средства пожаротушения.

В плавильном отделении цеха используются индукционные плавильные установки УИП-1600. Работы на индукционных установках производятся с соблюдением правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Безопасность труда обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей, разливочных ковшей, подъемно-транспортного оборудования, точным соблюдением шихтовки, подготовки печей и ковшей к плавке шихты.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71

Учитывая вышеизложенное, в литейном цехе проводится следующий комплекс мероприятий: индукционные тигельные печи должны быть оборудованы эффективными устройствами для удаления отходящих дымовых газов и очистки их от пыли; во избежание взрывов, все литейное оборудование, контактирующее с жидким металлом просушивается на специальных стендах; завалка шихты в индукционные тигельные печи должна быть механизирована; после каждого ремонта печи или ковша контролируется качество его выполнения; для оповещения работников о предстоящем наклоне печи для скачивания шлака или выпуска плавки должна быть устроена световая и звуковая сигнализация, сигнал должен подаваться не позднее, чем за одну минуту до начала наклона печи; грузовые крюки, траверсы, сварные цепи мостового крана перед пуском в работу подвергаются освидетельствованию; заполнять ковш расплавленным металлом допускается не более $7/8$ его высоты; управление индукционной тигельной печью должно осуществляться с пульта управления, который должен быть оснащен выключателями аварийного напряжения; металлоконструкции индукционных тигельных печей должны быть заземлены; по предупреждению травматизма работники цеха обеспечены спецодеждой для защиты от повышенных температур и средствами индивидуальной защиты.

5.6 Очистка выбросов в атмосферу

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

Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" С изменениями и дополнениями от 23 июля 2013 г регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду

					22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

На атмосферный воздух приходится более 70 % всех вредных воздействий литейного производства.

При производстве 1 т отливок из чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, 1,5...2 кг оксидов серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ. Через систему очистки проходит до 40000 м³/ч загрязненного воздуха.

Основными способами защиты атмосферного воздуха является: вывод токсичных веществ из помещений общеобменной вентиляцией, локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах и его возврат в производственное или бытовое помещение, если воздух после очистки в аппарате соответствует нормативным требованиям к приточному воздуху, очистка технологических газовых выбросов в специальных аппаратах, выброс и рассеивание в атмосфере.

Чтобы выполнить требования экологических организаций, многим промышленным предприятиям требуется установка целого ряда оборудования одним из них является СКРУББЕР 600. Современный скруббер выполняет мокрую очистку дымовых и промышленных газов.

Очищаемый дым проходит три вертикальные ступени, поступая через патрубок в средней части скруббера. Проходя кольцевой зазор первой ступени, дым попадает в зону распыления воды, где происходит очистка газа от загрязняющих его частиц. На третьей ступени, куда уже очищенный газ попадает через систему тарелок, происходит отделение влаги от газа. Очищенный газ выходит через патрубок верхней части скруббера. Количество жидкости, подаваемое на 1 м² сечения в секунду (плотность орошения) зависит от типа насадки и составляет 5...20 м³/ч. Обезвреживание газов основано на химическом связывании вредных веществ, их адсорбции и абсорбции и т.п. в контактных аппаратах на специальных катализаторах при температуре 200...500 °С.

					22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

Использование газа осуществляется в соответствии с «техническим регламентом о безопасности сетей газораспределения и газопотребления» утвержденным Постановлением Правительства РФ № 870 от 29.10.2010 г и опубликованным от 8.11.2010 г № 45.

5.7 Очистка производственных сточных вод

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении" в целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду для объектов абонентов, категории которых определены Правительством Российской Федерации, устанавливаются нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов, а также лимиты на сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов.

Источниками загрязнения сточных вод являются производственные, бытовые и поверхностные стоки. Основными источниками загрязнения сточных вод литейного цеха являются: мелкодисперсная пыль, песок, частицы шлака, зольные остатки от выгоревшей части формовочной смеси, окалина и др. Сточные воды поступают главным образом от мокрых пылеуловителей. Как правило, сточные воды литейного производства одновременно загрязнены не одним, а рядом вредных веществ. Также вредным фактором является нагрев воды, применяемой при плавке и заливке (водоохлаждаемые формы при кокильном литье, литье под давлением, непрерывное литье профильных заготовок, охлаждении катушек индукционных тигельных печей).

Попадание теплой воды в открытые водоемы вызывает снижение уровня кислорода в воде, что неблагоприятно влияет на флору и фауну, а также снижает самоочищающуюся способность водоемов. Расчет температуры сточных вод производится с учетом санитарных требований, чтобы летняя температура речной воды в результате спуска сточных вод не поднималась более чем на 3 °С.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		74

Через гидроциклон в час проходит примерно 100 м³ воды, загрязненной механическими примесями (формовочными и стержневыми смесями).

Очистка сточных вод литейного цеха производится механическим способом, для этого используют процеживание, отстаивание, обработку в поле действия центробежных сил и фильтрование.

Для очистки сточных вод применяется флотатор-отстойник НТ-05М [16].

Он обеспечивает высокую эффективность очистки до 99 % при исходном содержании взвешенных веществ – 2000 мг/л. Установка проста и надежна в эксплуатации, работает без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Технические характеристики НТ-05М:

- установленная мощность, кВт 3;
- производительность, м³/час 100;
- габаритные размеры, мм, не более
- длина 4600;
- ширина 1550;
- высота 2250;
- масса нетто, кг, не более 1700;
- масса брутто с водой, кг, не более 8400.

5.8 Обезвреживание и утилизация отходов

Обезвреживание и утилизация отходов регламентируется Федеральным законом № 89-ФЗ от 24.06.98 г "Об отходах производства и потребления".

Одним из рациональных способов защиты литосферы от производственных отходов является освоение технологий по сбору и переработки отходов.

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные формовочные и стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистой аппаратуры 80...85 %, литейные шлаки 10...15 %, абразивную и галтовочную пыль, огнеупорные материалы 2...3 %. При производстве 1 т отливок из стали выделяется

около 40 кг пыли, 200 кг оксидов углерода, 1,5...2 кг оксидов серы и азота и до 0,5 кг других вредных веществ.

Поэтому с целью экономии ресурсов и снижения расхода исходных материалов, 80% отходов литейного цеха (из расчета на одну тонну залитого металла) идет на дальнейшую переработку, для введения их в производственный цикл (регенерация отработанных смесей, переплав возврата и т.д.), остальные же 20 % увозится на заводские отвалы.

Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. При условии соответствующего складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде.

По своему составу образующиеся в данном цехе отходы относятся к двум первым категориям опасностей из трех:

Наиболее радикальными мерами по снижению экологической опасности отходов литейного производства являются:

- широкое использование регенерации отработанных смесей с последующим возвратом песка в технологический процесс;
- утилизация твердых отходов, например путем их использования в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт;
- практически инертные; это смеси, содержащие в качестве связующего глину, бентонит, цемент. Данная категория отходов безвредна для окружающей среды и может быть использована для проведения планировочных работ, устройства насыпей;
- отработанные формовочные и стержневые смеси на основе смол отверждаемые органическими катализаторами. Основным требованием при захоронении отходов второго класса опасности является отсутствие контакта с грунтовыми и поверхностными водами, имеющие выход в открытые воды.

Поскольку проектируемый цех относится к категории средних и мелких и его расположение не позволяет иметь свой полигон для захоронения, то для утилизации отходов будем отправлять их – шлаки 80 % (15 кг на 1 тонну годного литья) на ближайжайшие цементные, кирпичные, бетонные и асфальтные заводы за оплату,

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

76

которая ниже налога на захоронение после предварительной очистки от металла и других особо вредных составляющих.

5.9 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации

Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 года № 28 (в ред. Федеральных законов от 09.10.2002 N 123-ФЗ, от 19.06.2004 N 51-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ) определяет задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны (преамбула в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ).

При различного рода чрезвычайных ситуациях, авариях, катастрофах, пожарах, техногенных катастрофах необходимо определить места эвакуации людей, меры и средства по их защите, а также места эвакуации документации и оборудования цеха.

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

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

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

77

Из числа сменного персонала сформированы две аварийные бригады (5 человек в каждой), и две пожарные бригады (4 человека в каждой).

К основным видам техники, предназначенной для защиты литейного цеха от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения. По периметру литейного цеха проложен водопровод и предусмотрены пожарные краны, а также установлены и оборудованы пожарные щиты, в помещениях цеха имеется пожарная сигнализация. На случай возгорания цеха, определены места эвакуации людей, документации и оборудования, назначены ответственные лица за проведение данных мероприятий [17].

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		78

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были разработаны оптимальные литейные технологии производства чугунной отливки «Проставка».

Определены, разработаны и рассчитаны следующие элементы литейной формы:

- положение отливки в форме в процессе заливки и затвердевания сплава;
- поверхности разъема формы;
- припуски на механическую обработку;
- формовочные уклоны;
- количество и конструкция стержней;
- литниково-питающая система.

В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование плавильного и формовочно-заливочно-выбивного, а также дано описание остальных отделений литейного цеха.

Для получения чугуна марки СЧ20 предложено к установке в цехе оборудование фирмы «РЭЛТЕК». Изготовление форм происходит по α -SET процессу. Для изготовления форм выбрана автоматическая безопасная формовочная линия Fast-loop фирмы IMF.

В специальной части рассмотрены способы модифицирования чугуна.

Разработан раздел безопасности жизнедеятельности.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.140.00.00 ПЗ

лист

79

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт «Союза литейщиков Санкт-Петербурга». – <http://souzlit.ru/194.html>.
2. Второй Всероссийский форум «Умное производство-2011»: «Высокотехнологичная промышленность в России. Задачи и перспективы». Журнал для собственников и топ-менеджеров высокотехнологичных компаний «Умное производство». – 2011. – №4(16) – С. 4 – 42.
3. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: учебное пособие / В.И. Швабауэр. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68 с.
4. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку (с Изменениями N 1, 2). – М.: Стандартиформ, 2010. – 38 с.
5. Литейное производство: учебник для металлургических специальностей вузов / А.Н Михайлов, Б.В. Бауман и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение», 1987. – 412 с.
6. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л. Г. Знаменский, В.К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. – 163 с.
7. Официальный сайт фирмы «РЭЛТЕК». – <http://reltec.biz/catalog/item/1>.
8. Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси / А. Н. Болдина, А. И. Яковлева, А. Н. Поддубного и др.; под ред. С.С. Жуковского. – Брянск изд. БГТУ, 2002. – 470 с.
9. Фанталов, Л.И. Основы проектирования литейных цехов и заводов: учебник / Л.И. Фанталов, Б.В. Кнорре, С.И. Четверухин – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
10. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.
11. Официальный сайт фирмы «Уралхимпласт»: продукция для литейного производства. – <http://ucp-ha.ru/products/no-bake-sistemy/fenolno-efirnye-alfaset/>

					22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

12. Производство чугунных отливок: учебник / В.Д. Белов, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев и др.; под ред. В.М. Колокольцева. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 521 с.

13. Оборудование фирмы «Литаформ». – <http://www.ruscastings.ru/work/168/170/7912/7924>.

14. Комаров, О.С. Термокинетические основы кристаллизации чугуна / О.С. Комаров. – Минск: Наука и техника, 1982. – 262 с.

15. Капустина, Л.С. Повышение эффективности процесса графитизирующего модифицирования чугуна с целью улучшения его качества: автореф. дисс. канд. тех. наук / Л.С. Капустина. – М.: Наука. – 1984. – 24 с.

16. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая. – М.: Высшая школа, 2009. – 616 с.

17. Иванов, Б. С. Охрана труда в литейном и термическом производстве / Б. С. Иванов – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.

					<i>22.03.02.2020.14.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		81

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Расчет шихты на ЭВМ

Компоненты шихты для СЧ20

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
22,984	72,801	2,840	0,924	0,451	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Стоимость, руб/т

9500,00	6500,00	23000,00	82000,00	63000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
---------	---------	----------	----------	----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество
компонентов

100,000 %

Стоимость

8610,58

руб

Химический состав шихтовых материалов

	X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
C	3,500	3,400	3,400	0,100	7,000							
Si	1,900	0,55	0,700	65,000	6,000							
Mn	0,850	0,600	0,500	0,400	65,000							
S	0,100	0,050	0,030	0,020	0,020							
P	0,100	0,050	0,200	0,040	0,300							

Расчет шихты в Microsoft Excel

**Компоненты оптимизированной шихты для выплавки
чугуна**

X1,%	X2,%	X3,%	X4,%	X5,%	X6,%	X7,%	X8,%	X9,%	X10,%	X11,%	X12,%
26,323	69,447	2,840	0,940	0,450	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Минимальная стоимость 1 т шихты руб

Ограничения по хим. составу

	min	normal	max
C	3,300	3,396	3,500
Si	1,400	1,540	2,400
Mn	0,700	0,951	1,000
S	0,000	0,062	0,150
P	0,000	0,068	0,200
O	0,000	0,000	0,000
O	0,000	0,000	0,000

X1	Возврат
X2	Лом чугунный ГОСТ 2787-86
X3	Чугун перedельный П1 ГОСТ 805-95
X4	Ферросилиций ФС65 ГОСТ 1415-93
X5	Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91