

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
стальной отливки «Фланец»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–22.03.02.2020.280 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
проф.д.т.н

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

Автор проекта
студент группы ПЗ-537
_____/ Бордун Е.Я. /
(подпись) (И.О. Ф.)
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер

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

АННОТАЦИЯ

Бордун Е. Я. Литейные технологии производства стальной отливки «Фланец».
– Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ–537, 2020, 68 с., библиогр. список – 16 наим., 5 листов чертежей ф. А1

В выпускной квалификационной работе была разработана литейная технология производства стальной отливки «Фланец».

В части проектирования литейных цехов и участков разработан цех мелкого стального литья с годовым выпуском 20000 тонн отливок.

В соответствии с годовой программой цеха и требованиями на изготавливаемые отливки выбрано и рассчитано количество машин, установок и материалы для основных производственных операций.

В технологической части рассмотрен технологический процесс изготовления отливки «Фланец» из стали 35Л в соответствии с ГОСТ 977-88.

При разработке технологии изготовления отливки были рассмотрены вопросы: выбор способа изготовления и положения отливки в форме при заливке, определение поверхности разъема, обоснован и рассчитаны основные параметры литья в кокиль.

Специальная часть посвящена рассмотрению кокильных покрытий, в последней главе рассмотрены вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Бордун Е.Я</i>			<i>Литейные технологии производства стальной отливки «Фланец»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Дудрагин В.К.</i>				<i>Д</i>	<i>68</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт.</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>Кафедра ЛП</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Кулаков Б.А.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	8
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	
2.1 Характеристика литой детали и условий ее службы.....	15
2.2 Материал отливки и его свойства.....	17
2.3 Анализ технологичности отливки.....	18
2.4 Выбор способа изготовления отливки.....	18
2.5 Выбор положения отливки в форме.....	20
2.6 Определение поверхности разъема формы.....	20
2.7 Определение припусков на механическую обработку.....	21
2.7.1 Определение группы сложности.....	21
2.7.2 Определение точности отливки.....	21
2.7.3 Назначение припусков на обрабатываемые поверхности.....	23
2.8 Определение формовочных уклонов.....	24
2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей.....	25
2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	26
2.11 Технологическое оборудование и оснастка для кокильного литья.....	29
2.12 Определение толщины стенки кокиля.....	31
2.13 Технологический процесс кокильного литья.....	32
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ	
3.1 Производственная программа.....	34
3.2 Структура литейного цеха.....	35
3.3 Режим работы и фонды времени.....	36
3.4 Плавильное отделение.....	38
3.4.1 Составление баланса металла.....	40
3.4.2 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения.....	42
3.5 Технология кокильного литья.....	43

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

4

3.5.1	Выбор кокильных машин.....	46
3.5.2	Определение числа кокильных машин.....	48
3.6	Расчет потребности в ковшах.....	50
4	КОКИЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ.....	52
4.1	Устройства для окраски кокилей.....	55
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1	Безопасность труда.....	57
5.2	Характеристика производства.....	57
5.3	Пожарная безопасность.....	61
5.4	Экологическая безопасность.....	63
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литых заготовок в машиностроительных изделиях составляет 40...90 % и имеет тенденцию к увеличению. Поэтому литейное производство оказывает большое влияние на качественные показатели современных машин, оборудования и различных изделий.

Современные отливки изготавливаются практически из всех известных сплавов при массе от нескольких граммов до сотен тонн и толщинах стенок от долей до сотен миллиметров. К ним предъявляются различные требования по механическим и эксплуатационным свойствам, размерной точности (от 3-го до 16-го класса точности по ГОСТ Р53464-2009), качеству поверхности и коэффициенту использования металла в заготовке.

Технический прогресс и появление новейших видов машин и изделий обуславливают разработку прогрессивных способов литья, обеспечивающих выполнение непрерывно возрастающих требований к отливкам. В настоящее время зафиксировано около 60 различных способов литья, которые применяются на практике. Каждый способ литья обладает своими достоинствами и недостатками и имеет свои наиболее эффективные области применения.

Под традиционными (обычными) способами литья понимают способы изготовления отливок в разовых формах из дисперсных материалов (чаще всего в песчано-глинистых формах) по удаляемым из формы деревянным или металлическим моделям при различных способах уплотнения смеси и упрочнения формы и при гравитационной заливке сплава. В настоящее время этими способами изготавливается подавляющее большинство отливок из любых сплавов, различной массы и размеров, с практически любой конфигурационной сложностью. Однако изготовление отливок данными способами связано с большим расходом формовочных и стержневых смесей (до 6 т смеси на каждую тонну чугуновых и стальных отливок), а также связующих материалов, что не только повышает трудоемкость изготовления отливок, но и оказывает негативное воздействие на атмосферу цеха и окружающую

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

6

среду. Остальные способы литья относят к специальным. Способы литья в специальные формы, отличающиеся от обычных основой материала формы, природой связующих добавок, материалом модели и способом ее удаления из формы, применяемой оснасткой и технологией формообразования. По материалу формы различают керамические, оболочковые песчано-смоляные, углеродные и металлические формы (кокили). Для изготовления форм применяют удаляемые модели (выплавляемые, выжигаемые и растворяемые), постоянные (металлические и деревянные) модели и газифицируемые (пенополистироловые) модели. Чаще всего при рассматриваемых способах литья используется гравитационная заливка форм, хотя возможно применение регулируемого давления, например, вакуумного всасывания.

Литейное производство – одна из древнейших отраслей металлообработки. Основные принципы ряда рассмотренных способов литья (например, литье в обычные песчано-глинистые формы, литье по выплавляемым моделям) известны с древности. Однако большинство способов сформировалось в XX в. Процесс разработки новых способов литья продолжается, и их количество увеличивается.

Основные тенденции развития специальных способов литья сводятся к разработке полностью автоматизированных комплексов технологического оборудования, разработке и внедрению систем автоматизированного проектирования технологии и оснастки, поиску и внедрению новых технологических материалов, обеспечивающих повышение качества отливок, снижение их себестоимости и повышение экологической чистоты технологии.

Значительный вклад в развитие специальных способов литья внесли отечественные ученые и инженеры Г. А. Анисович, Г. Ф. Баландин, В.К. Бедель, А. К. Белопухов, Г. П. Борисов, А. И. Вейник, Б. М. Ксенофонтов, Б. А. Кулаков, Н. Н. Рубцов, А. А. Рыжиков, Ю. А. Степанов, Б. С. Чуркин, В. С. Шуляк, С. Б. Юдин и др.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

7

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

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

Понятие «Качественное литье» объединяет комплекс требований к литой детали, применяемой в машинах и механизмах различных отраслей промышленности. Основными требованиями являются: прочностные и эксплуатационные характеристики, геометрическая и размерная точность, чистота поверхности, товарный вид, минимальные припуски на механическую обработку.

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

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

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

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

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

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

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

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

В настоящее время в России основное количество литейных предприятий (70 %) с мощностью до 5 тыс. тонн в год.

Динамика производства отливок из черных и цветных сплавов в период с 1985 г. по 2016 г. представлены в таблице 1.1.

Распределение литейных цехов и заводов России по мощностям представлено на рисунке 1.1.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

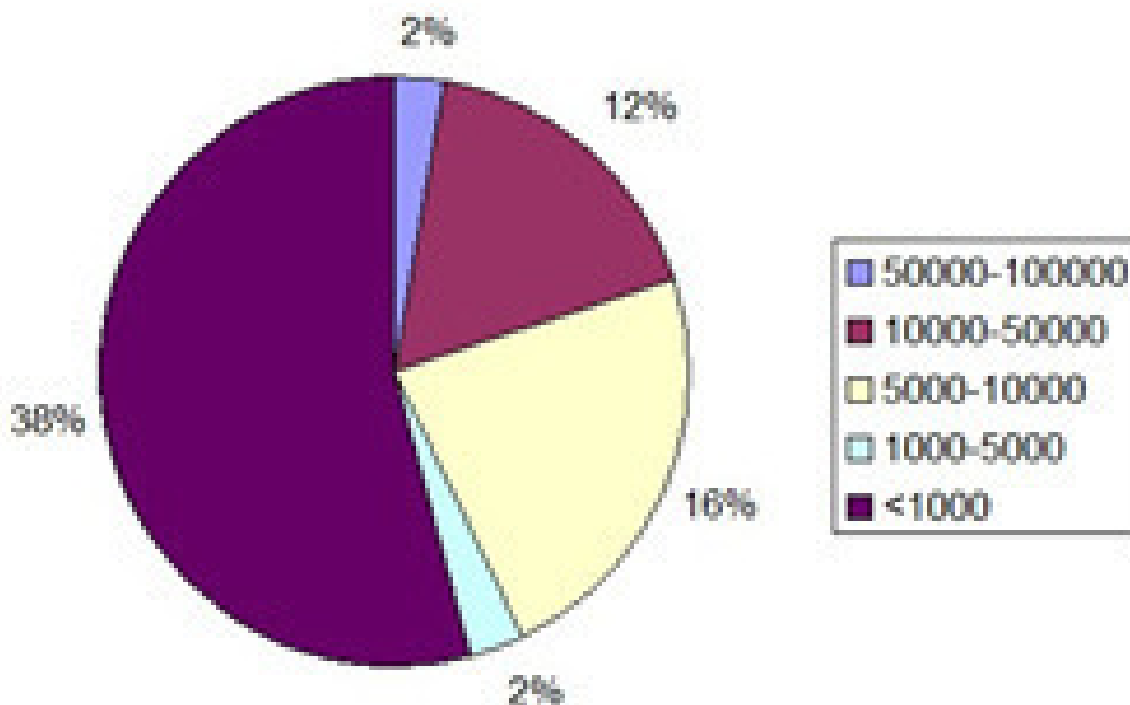


Рисунок 1.1 – Распределение литейных цехов и заводов по мощностям, 1000 т/год и %

Таблица 1.1 – Динамика производства отливок и перспектива развития до 2020 г.

Годы	1985	2000	2005	2010	2015	2016	2020
Выпуск отливок в млн. т, в т.ч. из:	18,50	4,85	7,60	3,90	4,00	3,80	5,00
чугуна	12,90	3,50	5,20	2,90	2,60	2,20	2,60
стали	3,10	0,96	1,30	0,60	0,90	1,00	1,04
цветных сплавов	2,50	0,39	1,10	0,40	0,50	0,60	1,00

За последние 5 лет объемы производства стальных отливок увеличились на 14,2 %, отливок из цветных сплавов – на 15 %, а чугунных уменьшилось на 24 %. В перспективе с 2016 по 2020 гг. предполагается (по экспертной оценке) рост производства отливок до 5 млн. тонн за счет импортозамещения производства отливок из цветных сплавов (алюминиевых, магниевых, титановых, специальных), автокомпонентов, стальных отливок для арматуростроения, нефтегазовой промышлен-

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

ности, железнодорожного транспорта, увеличения объемов производства отечественного оборудования и сопутствующих материалов для различных отраслей промышленности.

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

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

В настоящее время в России не производится следующее оборудование:

- автоматические и механизированные высокопроизводительные линии для изготовления опочных и безопочных форм из сырых песчано-глинистых и холодно-твердеющих смесей;
- машины для изготовления форм из песчано-глинистых смесей с размером опок от 400x500 мм до 1200x1500 мм.
- машина для изготовления литейных стержней по горячей и холодной оснастке;
- оборудование для покраски литейных форм;
- смесители периодического и непрерывного действия для производства ХТС – смесей производительностью более 10 т/час.
- кокильные машины и машины литья под низким давлением;
- машины центробежного литья;
- индукционные печи средней частоты емкостью более 6 тонн для выплавки чугуна и стали:
- оборудование для регенерации ХТС-смесей;
- оборудование для термической обработки отливок.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

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

Распределение объемов производства отливок по технологическим процессам производства на рисунке 1.2.

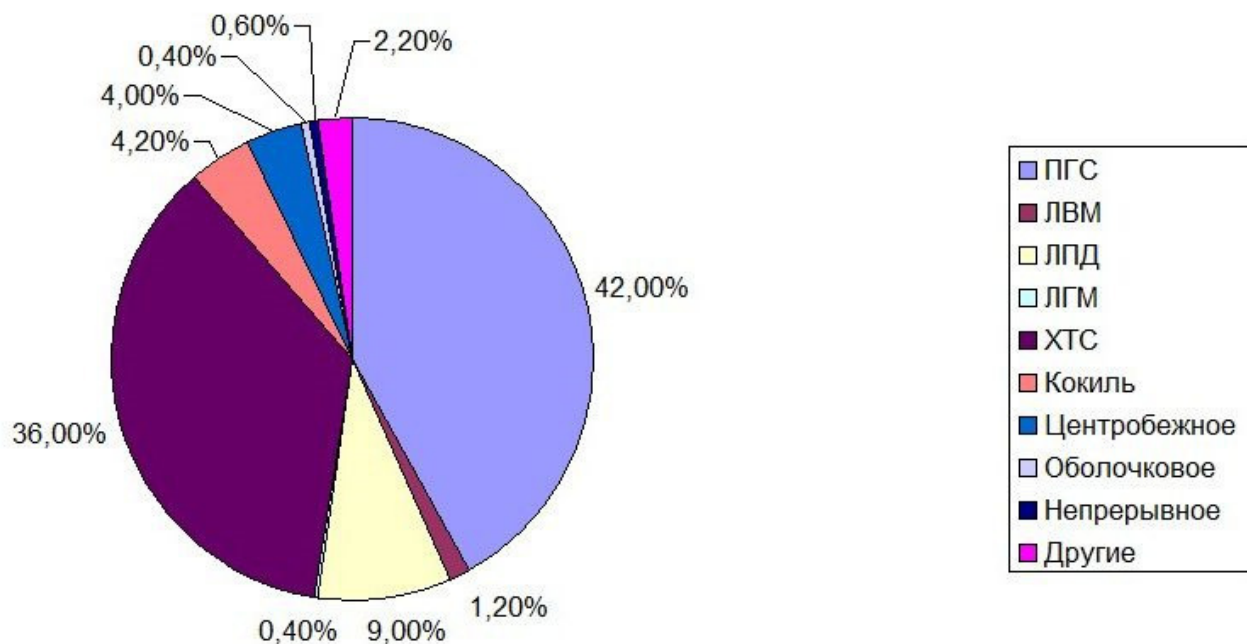


Рисунок 1.2 – Производство отливок из черных и цветных сплавов по технологическим процессам, %

За последние 5 лет реконструировались полностью или частично более 160 литейных производств. Широко осваиваются перспективные технологические процессы: плавка литейных сплавов в индукционных и дуговых электропечах, увлечение доли производства отливок из высокопрочного чугуна, магниевых и алюминиевых и титановых сплавов, изготовление форм и стержней их холодно-твердеющих смесей, моделирование литейных процессов с применением числовых, в том числе 3D-технологий.

Для выплавки черных сплавов перспективными технологиями являются плавка в электродуговых и индукционных печах, обеспечивающих стабильно заданные

химсостав и температуру для проведения внепечной обработки методами рафинирования и модифицированная.

Модернизация литейного производства тесно связана с подготовкой кадров. Без подготовки специалистов новой формации невозможно создание и освоение новых технологий, направленных на повышение качества продукции и повышение производительности труда.

Опыт последних лет показывает, что подготовку кадров (инженеров, техников, рабочих), необходимо начинать со школьной скамьи. Уровень подготовки в школах существенно ниже уровня требований, которые предъявляются к выпускникам школ при поступлении в высшие учебные заведения [1].

Интерес со стороны молодежи к обучению в ВУЗе на литейную специальность заметно снизился, резко снижается престижность технического труда. Необходимо вернуть к методике подготовки в ВУЗах инженеров, распределению специалистов по предприятиям страны с предоставлением социальных льгот.

Вся научная деятельность сосредоточена на литейных кафедрах ВУЗов, которые не обеспечены современной исследовательской техникой, методическими пособиями.

В последние годы количество литейных кафедр резко уменьшилось, идет процесс объединения литейных кафедр с кафедрами сварки, металловедения, материаловедения. Связь науки с производством нарушена, нет тесной связи ВУЗов с предприятиями по вопросам подготовки и использования бакалавров. В результате лишь 30 % выпускников литейных кафедр работает по специальности, а литейные предприятия не имеют специалистов высокой квалификации.

В настоящее время в литейном производстве работает около 350 тыс. человек, в том числе рабочих – 92 %, экономистов и менеджеров – 3 %, инженеров – 4,8 %, научных работников – 0,2 % (рисунок 1.3).

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		13



Рисунок 1.3 – Структура работников литейного производства

2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Характеристика литой детали и условий ее службы

Эскиз проектируемой детали «Фланец» из стали 35Л показан на рисунке 2.1.

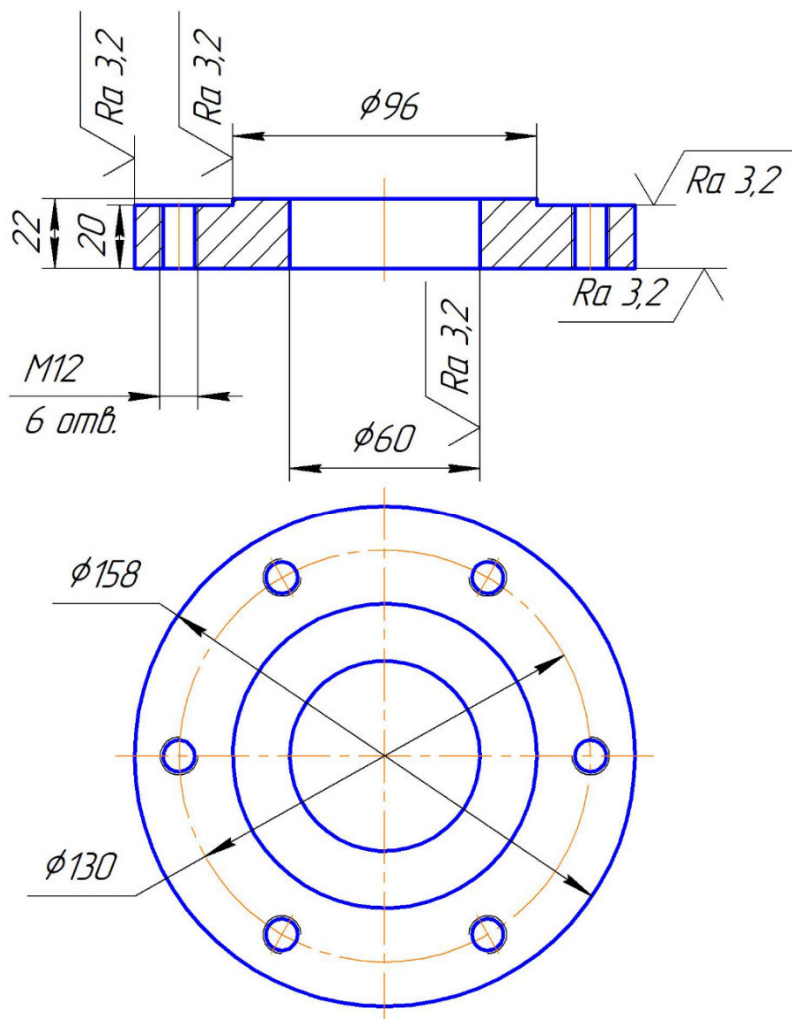


Рисунок 2.1 – Эскиз детали «Фланец» из стали 35Л

Крепежные изделия типа «Фланец» классифицируют по назначению и области применения на четыре группы:

- стальные приварные встык;
- стальные плоские приварные;
- сосудов и аппаратов стальные приварные встык;
- сосудов и аппаратов стальные плоские приварные.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

15

Первые два типа фланцевых соединений предназначены для прокладки, эксплуатации, ремонта, конструирования больших и маленьких трубопроводов. Вторые два типа фланцевых соединений предназначены для применения при монтаже, ремонте, конструировании, и эксплуатации колон перегонки нефти, теплообменного оборудования, резервуарных емкостей.

Проектируемая деталь относится к группе «фланцы стальные плоские приварные»

Крепление фланцев к соединяемым деталям трубопроводов, как правило осуществляется с помощью сварки. После проведения сварочных работ, сварочный шов необходимо термообработать, так как возникшие внутренние напряжения и изменение кристаллитной решетки необходимо привести в нормальное состояние. В противном случае эти неблагоприятные факторы отрицательно скажутся на эксплуатационных свойствах фланцевых соединений.

Трехмерная модель детали «фланец» из стали 35Л показан на рисунке 2.2.

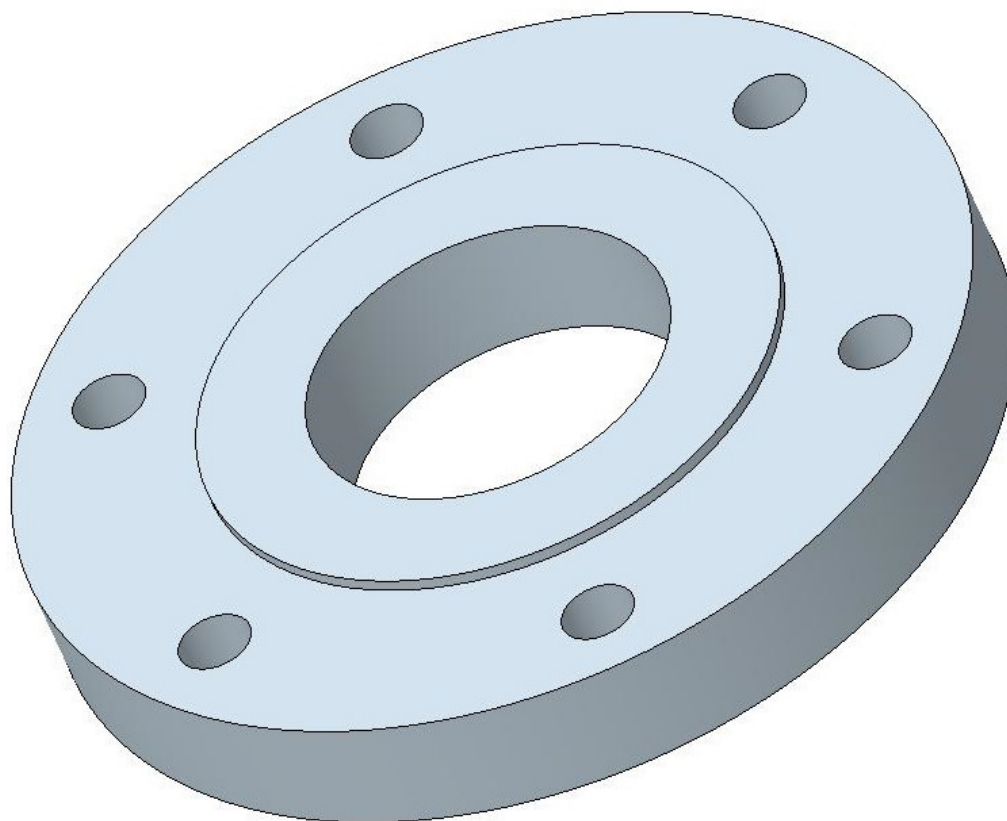


Рисунок 2.2 – Трехмерная модель детали «фланец» из стали 35Л

2.2 Материал отливки и его свойства

Отливка «Фланец» изготавливается из стали марки 35Л.

Использование в промышленности: станины прокатных станков, шкивы, траверсы, поршни, буксы, крышки цилиндров, плиты настольные, рамы рольгангов и тележек, мульды, корпуса подшипников, детали сварно-литых конструкций и другие детали, работающие при температуре от – 40 до 450 °С под давлением.

Химический состав стали 35Л следующий, %:

- С – 0,32...0,4;
- Si – 0,20...0,52;
- Mn – 0,4...0,90;
- Ni – до 0,3;
- S – до 0,045;
- P – до 0,04;
- Cr – до 0,3;
- Cu – до 0,3;
- Fe ~ 99.

Свойства стали 35Л следующие:

- твердость материала: НВ $10^{-1} = 137...229$ МПа;
- температура критических точек: $A_{c1} = 730$, $A_{c3}(A_{cm}) = 802$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 795$, $A_{r1} = 691$ °С;
- свариваемость материала: ограниченно свариваемая;
- способы сварки: РДС, АДС под газовой защитой, ЭШС. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка;
- флокеночувствительность: не чувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости: не склонна;
- обрабатываемость резанием: в термообработанном состоянии при НВ 160 $K_{0\text{ тв. спл}} = 1,2$ и $K_{0\text{ б.ст}} = 0,9$;
- температура начала затвердевания, °С: 1480...1490;
- показатель трещиностойчивости, $K_{т.у.}$: 0,8;

					22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

- склонность к образованию усадочных раковин, $K_{у.р.}$: 1,2;
- жидкотекучесть, $K_{ж.т.}$: 1,0;
- линейная усадка, %: 2,2...2,3;
- склонность к образованию усадочной пористости, $K_{у.п.}$ 1,0;
- термообработка: нормализация 860...880 °С, отпуск 600...630 °С [2].

2.3 Анализ технологичности отливки

Анализ чертежа детали «фланец» из стали 35Л показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 20 мм, габаритные размеры детали Ø158x22 мм. Шесть отверстий М16 литьем не изготавливаем.

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 многоразовые металлические формы (кокили) [3].

Технические требования:

- неуказанные литейные уклоны не более 3° по ГОСТ Р53465-2009;
- неуказанные литейные радиусы не более 3 мм;
- точность отливки 7-4-8-7 по ГОСТ Р53464-2009;
- допускается остаток питателя до 3 мм;
- допускаются следы от выталкивателей ±0,5 мм;
- литейная усадка 2 %.

2.4 Выбор способа изготовления отливки

Кокильное литье применяют для получения отливок из различных сплавов: алюминиевых, магниевых, медных, а также из чугуна и стали.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

Преимущества кокильного литья перед литьем в разовые песчано-глинистые формы:

- применение многоразовых форм, способных выдержать до 10000 съемов;
- сокращение или полное исключение применения в процессе формовочных и стержневых смесей, а, следовательно, и повышение экологичности процесса производства;
- высокая скорость кристаллизации обеспечивающая повышение на 15...30 % механических свойств сплава, герметичности отливки, снижение пористости;
- согласно ГОСТ Р53464-2009 точность получаемых отливок соответствует классам 5т...10т, а чистота поверхности – уровню шероховатости $Rz = 10...63$ мкм;
- уменьшение припусков на механическую обработку в 2...3 раза;
- повышение коэффициента использования металла;
- высокая скорость процесса позволяет увеличить выпуск в 3...6 раз;
- оборудование для кокильного литья обеспечивает комплексную механизацию процесса получения отливок

Применение кокильного литья сопровождается рядом существенных трудностей:

- высокая стоимость металлических форм и технологического оборудования, число отливок в серии должно быть не менее 1000...2000 шт. для экономической обоснованности применения кокиля;
- ограничения по конфигурации отливки, так как при кокильном литье форма перед извлечением отливки не разрушается, элементы отливки должны беспрепятственно извлекаться из металлической формы при ее разъеме после завершения цикла;
- материал кокиля и металлические стержни неподатливы и непроницаемы для газов, что способствует образованию в отливках трещин и газовых раковин.

Поскольку отливка «фланец» имеет простую форму, достаточную толщину стенки – 20 мм и высокую серийность 5000 штук в год, то ее изготовления литьем в кокиль имеет технологическую и экономическую целесообразность.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>19</i>

2.5 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 (кокиля).

При выборе положения отливки в форме при заливке необходимо обеспечить соблюдение ряда условий, позволяющих получать качественную отливку при минимальных расходах на ее изготовление [4].

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс.

В данном случае отливка должна располагаться в форме горизонтально. В этом случае обеспечивается выполнение следующих условий:

- наиболее простое оформление литниковой системы (система обеспечивает подвод сплава к полости формы по кратчайшему пути);
- получение конфигурации отливки без применения стержней.

2.6 Определение поверхности разъема формы

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

При изготовлении данной отливки кокиль имеет одну плоскую поверхность разъема. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах. Выбранный разъем обеспечивает следующие технологические решения:

- минимальное количество разъемов, обеспечивающих удобство выема отливки из кокиля, сборки кокиля;
- простая конструкция кокиля.

Выбранное положение отливки в кокиле и поверхность разъема показаны на рисунке 2.3.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

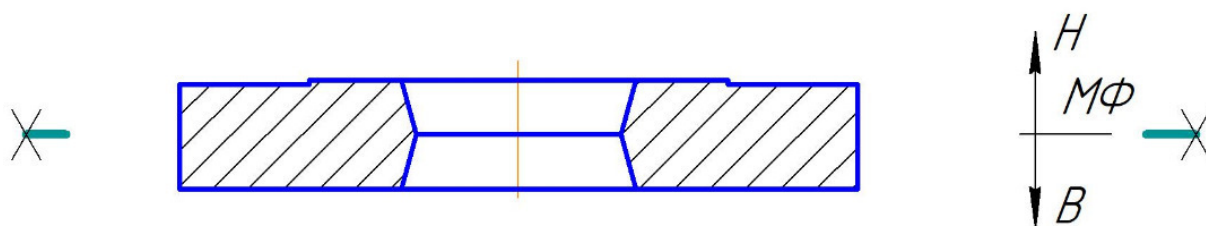


Рисунок 2.3 – Положение отливки в форме

2.7 Определение припусков на механическую обработку

2.7.1 Определение группы сложности

В зависимости от массы, конфигурации поверхностей, габаритного размера, толщины стенок, вида полостей, назначения и прочих специальных требований отливки делят на шесть групп сложности. Проектируемая отливка «Фланец» относится к первой группе сложности.

К первой группе относят отливки с гладкими и прямолинейными наружными поверхностями с наличием невысоких усиливающих ребер, буртов, фланцев, отверстий и внутренними поверхностями простой формы.

2.7.2 Определение точности отливки

Точность отливки назначается в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009.

Класс размерной точности определяется по таблице А1 для литья кокиль без песчаных стержней, для термообрабатываемых стальных сплавов 158 мм (100...250 мм). Класс размерной точности 7...11. Меньшее значение из диапазона выбирается для простых отливок в условиях массового автоматизированного производства. Выбираем 7 класс.

Степень коробления определяется по таблице Б1. Определим отношение наименьшего размера элемента к наибольшему.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

Толщина фланца (наименьший размер) – 20 мм.

Диаметр фланца (наибольший размер) – 158 мм.

$$\frac{20}{158} = 0,13 .$$

Для многократной формы, термообрабатываемого черного сплава и отношения 0,13 (0,10...0,20) степень коробления 3...6. Меньшие значения относятся к отливкам простой формы из легких сплавов, большие к отливкам сложной конфигурации из черных сплавов. Поскольку у нас простая отливка из черного сплава выбираем значение из середины диапазона. Выбираем степень коробления 4.

Степень точности поверхности определяем по таблице В1 для в кокиль без песчаных стержней, для термообрабатываемых стальных сплавов 158 мм (100...250 мм). Степень точности поверхности 8...13.

Меньшее значение из диапазона выбирается для простых отливок в условиях массового автоматизированного производства. Выбираем 8 класс.

Шероховатость литой поверхности определяется по таблице Г1 и при степени точности поверхности 8 составляет Ra 10.

Класс точности массы отливки определяем по таблице Д1 для литья в кокиль без песчаных стержней, для термообрабатываемых стальных сплавов 3 кг (1...10 кг). Класс точности массы отливки 6...13 т.

Из диапазона класса точности по массе меньшие значения относятся к простым отливкам компактной формы в условиях массового автоматизированного производства. Выбираем 7 класс.

Определение ряда припусков

Ряд припусков определяется в зависимости от степени точности поверхности, для 8 класса составляет 2...5. Большие значения в диапазоне относятся к стальным отливкам, поэтому выбираем 5.

Допуск смещения по плоскости разъема в диаметральном выражении определяется на уровне класса размерной точности отливки по размеру самой тонкой стенки отливки.

Класс размерной точности – 7;

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

Наименьшая толщина стенки отливки – 20 мм;

Допуск смещения – 0,8 мм, следовательно $\pm 0,4$ мм.

Условное обозначение точности отливки

Точность отливки 7-4-8-7, см 0,4 ГОСТ Р 53464 – 2009.

2.7.3 Назначение припусков на обрабатываемые поверхности

Чистовая обработка (Rz 3,2) указана на всех поверхностях детали, следовательно, на них нужно заложить припуск на механическую обработку. Допуск литейных размеров определяется по таблице 1 в зависимости от размера класса размерной точности. Допуск формы поверхности отливки определяется по таблице 2 в зависимости от размера и степени коробления. Допуск неровности поверхности отливки определяется по таблице 3 в зависимости от степени точности поверхности. Допуск массы отливки определим по таблице 4 в зависимости от массы отливки и класса точности массы. Все полученные данные сведем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Назначение припусков отливки

Размер	Допуск литейных размеров	Допуск формы поверхности отливки	Допуск неровности поверхности отливки	Допуск массы отливки	Общий допуск элементов отливки	Обработка	Припуск
Ø158	1,2	0,32	0,24	6,4 % = 0,2 кг	1,2	Чистовая	2,0
Ø96	1,1	0,24			1,2	Чистовая	2,0
Ø60	1,0	0,24			1,0	Чистовая	1,7
20	0,8	0,24			0,9	Чистовая	1,6
22	0,8	0,24			0,9	Чистовая	1,6

На все обрабатываемые поверхности назначаем припуск 2 мм.

2.8 Определение формовочных уклонов

Для легкого извлечения отливки из кокиля, на его рабочей поверхности задаются формовочные уклоны, величины уклонов назначаются по ГОСТ Р53465-2009.

Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения и составляют 1° , для облегчения извлечения частей формы, оформляющих центральную часть отливки, формовочный уклон увеличен до 10° .

Основным показателем использования металла является КИМ, равный отношению массы детали к массе отливки.

Определим коэффициент использования металла по формуле (2.1):

$$\text{КИМ} = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{отл}}}, \quad (2.1)$$

где $G_{\text{дет}}$ – масса детали, кг;

$G_{\text{отл}}$ – масса отливки, кг.

$$\text{КИМ} = \frac{2,6}{3,5} = 0,74 .$$

Трехмерная модель отливки «Фланец» из стали 35Л показан на рисунке 2.4.

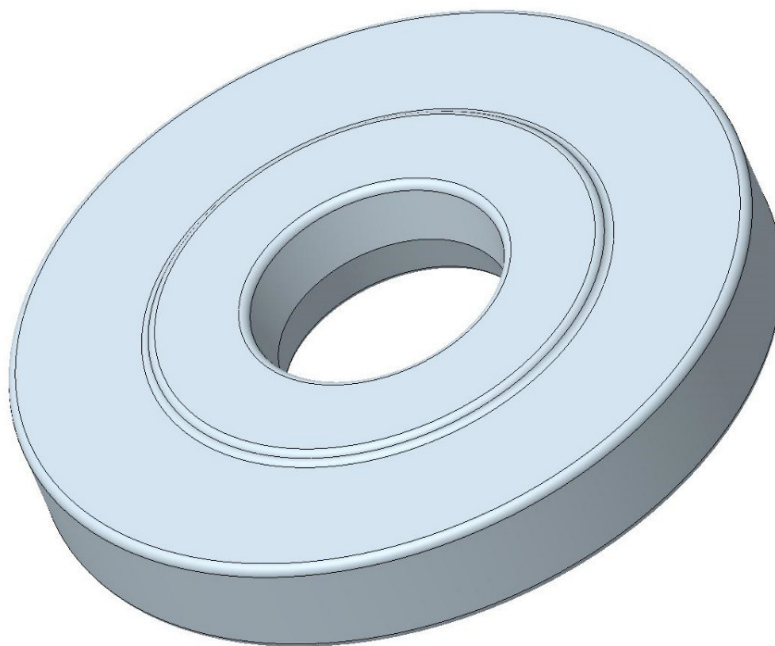


Рисунок 2.4 – Трехмерная модель отливки «фланец» из стали 35Л

2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей

Важной задачей при проектировании технологии является обеспечение непрерывного питания отливки в процессе ее затвердевания. Принципы организации питания отливок при кокильном литье такие же, как и при литье в песчаные формы. Конструкция отливки «фланец» из стали 35Л удовлетворяла принципу направленного к прибыли затвердевания, в соответствии с которым продолжительность затвердевания монотонно возрастает по направлению к прибыли. Размеры и конфигурация прибыли должны удовлетворять следующим требованиям:

- сплав в прибыли должен затвердевать позднее, чем в термическом узле;
- в прибыли должен быть обеспечен запас жидкого сплава, необходимый для компенсации объемной усадки;
- прибыль должна иметь высоту, достаточную для полного выведения усадочной раковины в прибыль;
- расход сплава на прибыль должен быть минимальным.

Для снижения теплотерь стенки формы окрашивают толстым слоем (до 1 мм и более) специальной теплоизоляционной краски.

Для данной отливки принимаем открытые прибыли прямого действия.

Определим объем прибыли по формуле [5]:

$$V_{\text{п}} = E_v V_0 / (\beta - E_v), \quad (2.2)$$

где V_0 – объем термического питаемого узла, м^3 ;

β – коэффициент экономичности прибыли, зависящий от вида сплава, конфигурации прибыли и тепловых условий ее работы, $\beta = 0,09 \dots 0,10$ для отливок из стали и закрытых прибылей;

E_v – суммарная относительная объемная усадка сплава.

$$E_v = 0,03 + 0,00016 \cdot \Delta T, \quad (2.3)$$

где ΔT – перегрев сплава над температурой ликвидуса;

$$E_v = 0,03 + 0,00016 \cdot (1590 - 1500) = 0,044.$$

Объем прибыли определим по формуле (3.2):

$$V_{\text{п}} = 0,044 \times 0,00045 / (0,1 - 0,044) = 0,00035 \text{ м}^3.$$

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Трехмерная модель отливки с прибылями показана на рисунке 2.5.

Масса прибылей составляет $0,00035 \cdot 7850 = 2,7$ кг.

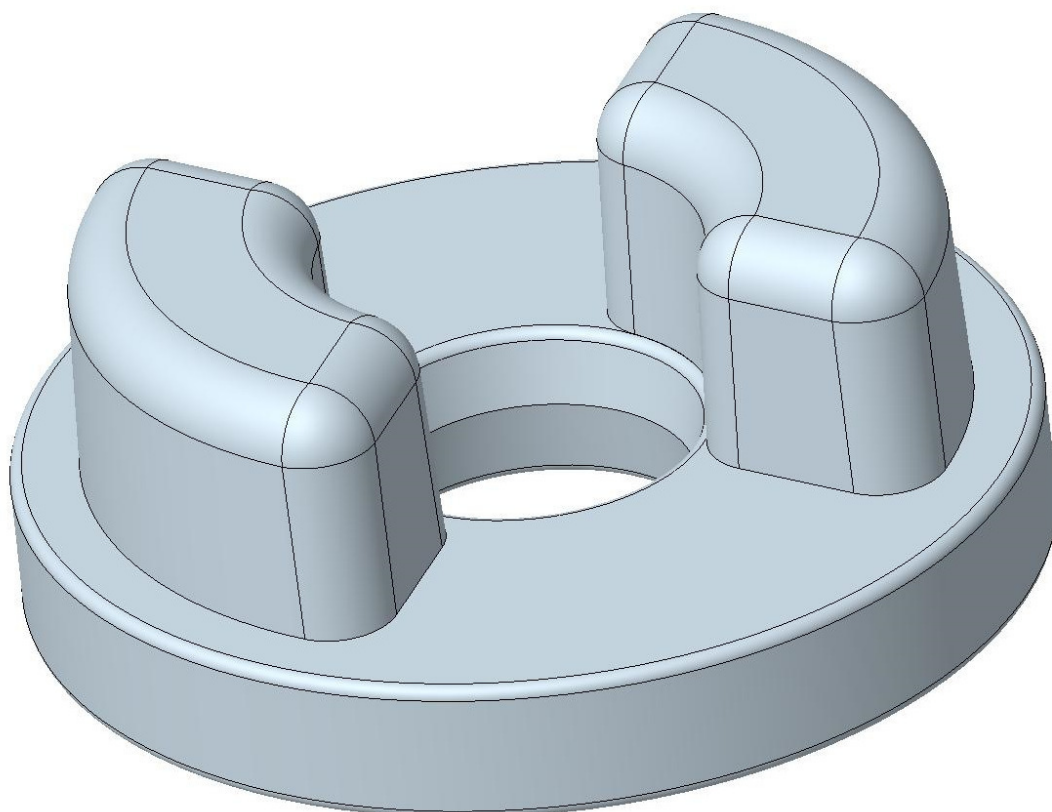


Рисунок 2.5 – Отливка с прибылями

2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Сначала необходимо определить место и уровень подвода става. При литье в металлические формы применяются те же типы литниковых систем, что и при литье в песчаные формы. В зависимости от вида сплава, размеров и конфигурации отливки, конструкции кокиля применяется подвод сплава сверху, снизу, на некотором уровне, на нескольких уровнях и через вертикально-щелевую систему. Для проектируемой отливки наиболее целесообразным типом литниковой системы является подвод металла по разъему кокиля посередине высоты отливки.

В качестве узкого места литниковой системы при литье чугуна и стали принимают суммарное сечение питателей.

Определение оптимальной продолжительности заливки формы ведется по формуле:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m}, \quad (2.3)$$

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

S – коэффициент продолжительности заливки;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

$$m = m_{\text{отл}} + m_{\text{лп}} + m_{\text{лс}},$$

$$m = 3,5 + 2,7 + 0,6 = 6,8 \text{ кг.}$$

Подставляя в формулу (2.3) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=24$ мм, $m=6,8$ кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{24 \cdot 6,8} = 7,65 \text{ с.}$$

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

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.4)$$

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

C – высота отливки по положению в форме (с учетом открытых выпоров составляет 200 мм), мм;

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

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

Подставляя в формулу (2.4) значения высоты отливки $C=66$ мм, $\tau_{\text{опт}}=7,65$ с, получим:

$$V_{\text{ср}} = 66 / 7,65 = 8,6 \text{ мм/с.}$$

Допустимая скорость подъема металла в форме для отливок из стали с толщиной стенки более 10...40 мм составляет 10...20 мм/с. Полученное значение не со-

ответствует допустимому, поэтому необходимо пересчитать время заполнения формы.

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{C}{V_{\text{ср}}},$$

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ с.}$$

Расчет площади сечения узкого места системы, обеспечивающей заданную оптимальную продолжительность заливки формы, выполняют по формуле:

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (2.5)$$

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

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

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

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

ρ – плотность заливаемого расплава, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (2.6)$$

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

P – высота отливки над питателем, мм.

$$H_{\text{ср}} = 80 - 530^2 / 2 \times 66 = 58,7 \text{ мм} = 0,059 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (2.5) значения $m = 6,8$ кг; $\mu_{\text{ф}} = 0,8$; $\tau_{\text{опт}} = 6,6$ с; $\rho = 7200$ $\text{кг}/\text{м}^3$; $g = 9,81$ $\text{м}/\text{с}^2$; $H_{\text{ср}} = 0,059$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{y3} = \frac{6,8}{0,8 \cdot 7200 \cdot 6,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,059}} = 0,00015 \text{ м}^2 = 1,5 \text{ см}^2.$$

$$\Sigma F_{y3} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ см}^2.$$

Расчет площадей сечений остальных элементов выполняется с использованием практических рекомендаций. Для кокильного литья стали рекомендуется следующее соотношение площадей:

$$\Sigma F_{\text{п}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1 : 1,15 : 1,25, \quad (2.7)$$

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

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

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

Металл в форме подводится к одной отливке через один стояк и один шлакоуловитель, одну отливку питают два питателя, в кокиле одновременно располагаются две отливки.

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 1,15 \Sigma F_{\text{п}} = 2 \times 1,15 \times 1,5 = 3,45 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{\text{ст}} = 1,25 \Sigma F_{\text{п}} = 2 \times 1,25 \times 1,5 = 3,75 \text{ см}^2.$$

Эскизы сечений литниковой системы представлен на рисунке 2.6.

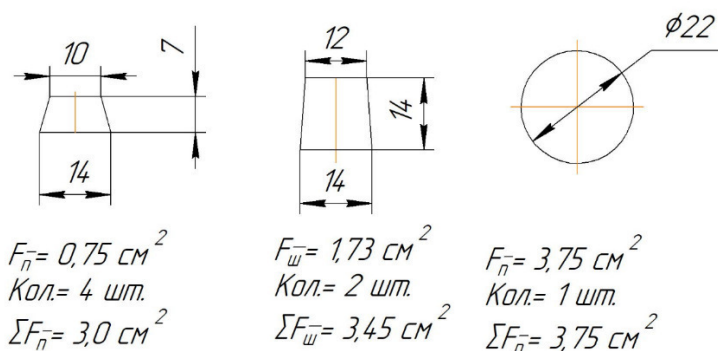


Рисунок 2.6 – Эскизы сечений литниковой системы

2.11 Технологическое оборудование и оснастка для кокильного литья

Основной технологической оснасткой при литье в металлические формы является кокиль. Экономическая и технологическая целесообразность получения каче-

ственной отливки зависит от конструкции кокиля. Конструкции кокилей весьма разнообразны, что обусловлено разнообразием отливок и сплавов, серийностью производства, уровнем механизации технологического процесса, материалами, используемыми при изготовлении кокилей, и др.

Прежде всего, кокили можно классифицировать в зависимости от плоскости разъема. Различают кокили неразъемные, или вытряхные, кокили с горизонтальной плоскостью разъема, кокили с вертикальной плоскостью разъема и кокили с комбинированной плоскостью разъема, имеющие несколько по-разному ориентированных плоскостей разъема.

По уровню механизации обслуживания процесса различают кокили с ручным обслуживанием и кокили с механизированным обслуживанием на кокильных машинах.

При проектировании кокиля нужно решить следующие взаимосвязанные задачи:

- определить положение отливки в кокиле и необходимые плоскости разъема с учетом размещения отливки, литниковой системы и прибылей;
- определить оптимальные толщины стенок кокиля и металлических стержней;
- предусмотреть меры по предупреждению коробления кокиля;
- предусмотреть оптимальную конструкцию и вид стержней, способы их установки и фиксации в кокиле;
- определить уровень и места подвода сплава к отливке, выбрать тип литниковой системы и выполнить ее расчет;
- выбрать типы прибылей и выполнить расчет их размеров;
- разработать меры по предупреждению прорыва жидкого металла из кокиля в процессе его заливки;
- спроектировать систему вентиляции кокиля;
- предусмотреть, если это необходимо, устройство для запираения кокиля;
- предложить конструкцию центрирования частей кокиля;
- разработать, если это необходимо, конструкцию устройства для выталкивания

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

30

отливок из формы и удаления металлических стержней;

- создать конструкцию крепления кокиля на кокильной машине;
- выбрать материалы для изготовления формообразующих и вспомогательных деталей кокиля.

Материал, из которого изготовлен кокиль, при прочих равных условиях определяет его стойкость и в конечном итоге технические и экономические показатели применения кокильного литья.

Кокили для мелких и средних отливок с воздушным и водовоздушным охлаждением рекомендуется изготавливать из серого или высокопрочного чугуна, для отливки фланец выбираем кокиль из чугуна марки ВЧ40.

Материал металлической формы газонепроницаем. Поэтому для обеспечения отвода газов из полости формы в процессе ее заливки сплавом должна быть предусмотрена эффективная искусственная вентиляционная система, т. е. система газоотводящих каналов. Удаление газов из полости формы непосредственно связано с суммарной площадью вентиляционных каналов и скоростью заполнения рабочих полостей формы сплавом. Площадь вентиляционных каналов должна удовлетворять условию [6]:

$$F_{\text{ВК}} \geq 1,25 \cdot F_{\text{уз}}, \quad (2.8)$$

$$F_{\text{ВК}} \geq 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ см}^2.$$

Вентиляционные каналы выполняют в виде рисок-насечек или тонких щелей. Они наносятся по плоскостям разъема кокиля, а также в знаках стержней и отверстиях толкателей.

2.12 Определение толщины стенки кокиля

Толщину рабочей стенки кокиля определим по методу, предложенному В.С. Серебро, который разработан на основании теоретического анализа напряженно-деформированного состояния рабочих стенок кокилей. В этом методе толщина стенки кокиля определяется по соответствующим графикам в зависимости от

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

параметров отливки. Для сложных отливок цилиндрического типа имеющих внутреннюю полость параметром, определяющим толщину рабочей стенки кокиля, является критерий X_1/R_1 , где X_1 – половина толщины стеки полой отливки, R_1 – наружный радиус отливки. $X_1 = 10$ мм; $R_1 = 81$ мм.

Определим критерий X_1/R_1 для отливки «Фланец»:

$$X_1/R_1 = 10/81=0,12.$$

Таким образом, по графику представленному на рисунке 2.7, критерий толщины рабочей стенки кокиля $X_2/2R_1$ равен 0,3.

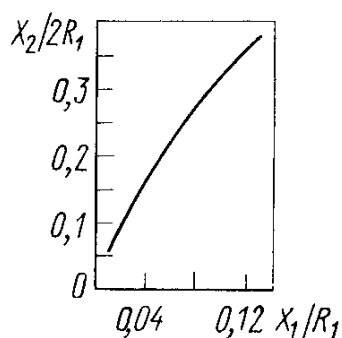


Рисунок 2.7 – График критерия толщины рабочей стенки кокиля $X_2/2R_1$

Толщина стенки кокиля равна:

$$X_2 = 81 \cdot 0,3 = 24,3 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину рабочей стенки кокиля 25 мм.

2.13 Технологический процесс кокильного литья

Технологический цикл изготовления отливок при кокильном литье состоит из следующих операций:

- подготовка формы к заливке металла;
- заливка формы металлом и охлаждение отливки в форме;
- разъем формы и удаление металлических стержней;
- удаление отливки из формы;
- удаление песчаных стержней из отливки, если они есть;
- отделка отливки.

Подготовка кокилей к заливке металла включает в себя очистку рабочей полости и контроль формы, нанесение кокильного покрытия (периодически), подогрев или охлаждение формы по результатам замера ее температуры и сборку формы с установкой песчаных стержней. С поверхностей формы удаляют загрязнения, остатки отработанного покрытия и ржавчины. Периодически (примерно через 50 заливок) проводят контрольные измерения размеров полости формы. Если не предусмотрена система стабилизации температуры кокиля, осуществляется ее измерение и нагрев или охлаждение кокиля до заданной согласно технологии температуры.

Температура кокиля перед заливкой сплава зависит от рода сплава, конфигурации и преобладающей толщины стенки отливки. С увеличением начальной температуры кокиля уменьшаются остаточные напряжения и повышается заполняемость форм сплавом. Однако при сильном перегреве кокиля интенсифицируются процессы обезуглероживания, коррозии и роста зерна, что снижает стойкость кокиля. При этом происходит также укрупнение кристаллического зерна и снижение механических свойств отливок. Рекомендуемые значения температуры кокилей перед заливкой приведены в таблице 2.2 (для отливки фланец она составит 300 °С, см. таблице 2.2).

Нагрев кокилей перед первой заливкой осуществляют с помощью электрических нагревателей или газовых горелок. В современных литейных машинах предусматривают системы термостабилизации: через полости в стенках формы и стержней пропускается специальная силиконовая жидкость, температура которой поддерживается постоянной с помощью термостата [7].

Таблица 2.2 – Температура кокилей перед их заливкой сплавом

Сплав	Толщина стенки отливки	Температура кокиля преред заливкой, °С
Сталь углеродистая	до 40 мм	300
	более 40 мм	150

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАВИЛЬНОГО И ФОРМОВОЧНОГО УЧАСТКОВ

3.1 Производственная программа

Основой для составления условно-точной программы является номенклатура из 13 отливок-представителей, охватывающих все группы технологической сложности, характерные для цеха-аналога и соответственно для проектируемого цеха (таблица 3.1). В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь 35Л ГОСТ 977-88 [8].

Отливки в программе характеризуют несколькими основными свойствами:

- маркой сплава;
- классом точности (по ГОСТ Р 53464-2009);
- группой технологической сложности;
- толщиной стенок и количеством стержней;
- номинальным весом (берется по НТД на отливки).

Под номинальным весом понимается вес отливки, установленный с учетом припусков на механическую обработку и припусков, связанных с технологией её производства

Проектируемый цех относится к группе цехов стального литья крупносерийного производства, который специализируется на литье отливок первой, второй и третьей группы сложности.

Вторая группа – несложные отливки коробчатой или цилиндрической формы: мульты завалочных и разливочных машин, плиты разметочные, кронштейны простой конфигурации, маховики со спицами, шкивы, подшипники, револьверные головки, фигурные фланцы, шестерни без литых зубьев, бандажы вращающихся барабанов, маслоты, муфты, колеса для вагонеток

Третья группа - средней сложности отливки, открытой коробчатой или цилиндрической формы: блоки, шпиндели, матрицы, цилиндры ребристые, шестерни с ли-

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Изм Лист № докум. Подп. Дата

34

тым зубом, чаши шлаковые, тройники фланцевые, корпуса и крышки редукторов, кронштейны фигурные, колпаки, футляры, задние бабки, люнеты.

Таблица 3.1 – Условно-точная производственная программа

Весовая группа	Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Масса литников, кг	Годовой выпуск отливок в проектируемом цехе	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6	7
0...1 кг	1. Наконечник	35Л	0,6	0,120	2166667	1300
	2. Втулка	35Л	0,3	0,060	5000000	1500
	3. Муфта	35Л	0,7	0,140	1428571	1000
1...5 кг	4. Кронштейн	35Л	1,6	0,320	937500	1500
	5. Крышка	35Л	4,3	0,860	232558	1000
	6. Вилка	35Л	3,5	0,700	857143	3000
	7. Патрубок	35Л	1,3	0,260	769231	1000
	8. Фланец	35Л	3,5	0,700	285714	1000
	9. Стойка	35Л	4,0	0,800	425000	1700
5...10 кг	10. Банка	35Л	6,0	1,200	166667	1000
	11. Опора	35Л	5,0	1,000	240000	1200
	12. Корпус	35Л	5,3	1,060	339623	1800
	13. Фланец	35Л	5,6	1,120	535714	3000
	Итого					20000

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. Цех стального литья производительностью 20000 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

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

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

К производственным помещениям относятся:

- плавильное отделение;
- отделение подготовки шихты;
- отделение производства отливок литьем в кокиль;
- отделение изготовления стержней;
- отделение финишных операций.

К вспомогательным участкам относятся:

- участок ремонта ковшей и тиглей;
- ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое отделения;
- подстанции;
- вентиляционные;
- лаборатории.

Складские помещения включают склады для хранения шихтовых материалов, склады кокилей, 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 [9].

3.3 Режим работы и фонды времени

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

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

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

Режим работы литейного цеха или его отделений определяется очередностью выполнения операций технологического процесса изготовления отливок и выбирается с учетом общих положений проекта.

В соответствии с принятым режимом работы для каждого отделения цеха устанавливаются фонды времени работы рабочих, оборудования и рабочих мест. Продолжительность рабочей недели может составлять 40 часов и 36 часов (при сокращенной продолжительности рабочего дня, связанной с вредными условиями труда). Для дальнейших расчетов примем, что продолжительность рабочей недели составляет 40 часов.

Различают:

- календарный фонд времени Φ_k равный количеству календарных дней (часов) в году составляет $\Phi_k = 365 \times 24 = 8760$ ч/год;
- номинальный фонд времени Φ_n , равный календарному фонду за вычетом выходных и праздничных дней, т.е. время без учета его неизбежных (плановых) потерь.
- эффективный годовой фонд времени $\Phi_{\text{э}}$, который равен номинальному за вычетом неизбежных (плановых) потерь.

Эффективный (расчетный) годовой фонд времени работы рабочих - это номинальный фонд времени за вычетом разрешенного законом времени, неиспользуемого для работы. К такому времени относятся ежегодные отпуска (основные и дополнительные), отпуска по учебе, по болезни, беременности и родам, прочие неявки, разрешенные законом и администрацией.

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования - это номинальный фонд времени за вычетом простоев оборудования в плановых и неплановых ремонтах и техническом обслуживании. Эти потери регламентированы для каждой группы оборудования. Соответственно $\Phi_{\text{э}}$ определяется и количество оборудования. Значения эффективного годового фонда времени работы оборудования приведены в таблице 3.2 [4].

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		37

Таблица 3.2 – Эффективный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Эффективный фонд времени, ч
Оборудование плавильного отделения	2	3800
Кокильные машины	2	3900

3.4 Плавильное отделение

Формирование отливки начинается с процесса заливки форм жидким металлом, получаемым в плавильных агрегатах (печах). Выбор технологического процесса выплавки жидкого металла и соответствующих плавильных агрегатов является важной задачей проектировщика.

Плавильно-заливочный цикл охватывает следующие основные операции:

1. Подготовку и подвод к плавильному агрегату исходных материалов (металлических, шлакообразующих);
2. Подвод энергии к плавильному агрегату для нагрева металла;
3. Плавление, металлургическую обработку жидкого металла (рафинирование, модифицирование, раскисление и др.) и его перегрев до температуры, обеспечивающей нормальную заливку форм;
4. Отбор металла из плавильной печи и передачу его к местам заливки. В ряде случаев производится внепечная металлургическая обработка сплава в миксере или ковше перед его разливкой по формам (иногда осуществляется металлургическая обработка сплава непосредственно в формах во время их заливки).
5. Заливку форм жидким металлом.

В плавильном отделении выполняются вспомогательные операции: ремонт и центральным звеном плавильно-заливочного процесса является комплекс плавильных средств, состоящий из одного или нескольких плавильных агрегатов и обслу-

живающего их оборудования (энергетического, транспортного, управления агрегатами и др.).

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3.3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха.

Таблица 3.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	2	3	4	5	6
1.Наконечник	2,4	52000	31,20	2218667	1331,20
2.Втулка	2,4	120000	36,00	5120000	1536,00
3. Муфта	2,6	37143	26,00	1465714	1026,00
4. Кронштейн	2,2	20625	33,00	958125	1533,00
5. Крышка	2,3	5349	23,00	237907	1023,00
6.Вилка	1,9	16286	57,00	873429	3057,00
7.Патрубок	2,3	17692	23,00	786923	1023,00
8.Фланец	2,2	6286	22,00	292000	1022,00
9. Стойка	2,6	11050	44,20	436050	1744,20
10.Банка	2,4	4000	24,00	170667	1024,00
11.Опора	2,0	4800	24,00	244800	1224,00
12. Корпус	2,1	7132	37,80	346755	1837,80
13.Фланец	2,7	14464	81,00	550179	3081,00
Итого		316827	462,20	13701215	20462,20

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 3.3

Название отливки	Литниково-питающая система			Всего, т
	масса литников, кг	отливка с литниками, кг	масса литников на годовую программу, т	
1	7	8	9	10
1. Наконечник	0,12	0,72	260,00	1591,20
2. Втулка	0,06	0,36	300,00	1836,00
3. Муфта	0,14	0,84	200,00	1226,00
4. Кронштейн	0,32	1,92	300,00	1833,00
5. Крышка	0,86	5,16	200,00	1223,00
6. Вилка	0,70	4,20	600,00	3657,00
7. Патрубок	0,26	1,56	200,00	1223,00
8. Фланец	0,70	4,20	200,00	1222,00
9. Стойка	0,80	4,80	340,00	2084,20
10. Банка	1,20	7,20	200,00	1224,00
11. Опора	1,00	6,00	240,00	1464,00
12. Корпус	1,06	6,36	360,00	2197,80
13. Фланец	1,12	6,72	600,00	3681,00
Итого		50,04	4000,00	24462,20

3.4.1 Составление баланса металла

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 3.4).

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

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

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.

Металлозавалка для АК7Ч:

$$M = \frac{20000 + 462.2 + 4000}{100 - 0,2 - 3} \cdot 100 = 25270,87 \text{ т.}$$

Таблица 3.4 – Баланс металла

№ п/п	Статьи баланса металла	АК7Ч	
		%	т
1	Годные отливки	79,14	20000,00
2	Брак отливок	1,83	462,20
3	Литники и промывники	15,83	4000,00
4	Возвратные потери	0,20	50,54
5	Итого жидкого металла	97,00	24512,74
6	Безвозвратные потери	3,00	758,13
7	Всего шихты	100,00	25270,87
8	Выход годного от металлозавалки	0,97	0,97

В балансе металла установлено необходимое общее количество шихтовых материалов. Составляется сводная ведомость потребности в шихтовых материалах.

Сводная ведомость потребности в шихтовых материалах представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Сводная ведомость потребности в шихтовых материалах

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Свежие материалы		
Возврат собственного производства(35Л)	42	10613,764
Чугун передельный (П2)	1,5	379,063
Стальной лом (2А)	56,5	14278,040
Всего шихты	100	25270,868
Лигатуры:		
1. Ферромарганец ФМн 78	2	505,417
2. Ферросилиций ФС75	3	758,126
Раскислители и модификаторы		
1. Алюминий	0,1	25,271

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Изм / Лист № докум. Подп. Дата

41

3.4.2 Выбор и расчет оборудования плавильного отделения

Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства.

Для получения жидкого сплава применяется индукционная тигельная печь средней частоты MFTSt3000.

Техническая характеристика MFTSt3000:

- мощность по трансформатору, кВА; 3000;
- производительность, т/ч; 3;
- рабочая температура, °С; 1700;
- емкость печи, т 3;
- расход воды, л/ч 2915.

Электropечи работают по принципу трансформатора, у которого первичной обмоткой является водоохлаждаемый индуктор, а вторичной обмоткой и одновременно нагрузкой – находящийся в тигле металл. Индуктор печи представляет собой многовитковую водоохлаждаемую катушку, выполненную из прямоугольной медной трубки. Замену тиглей проводят при износе стенок в любом месте на 30% во избежание выхода из строя индуктора и выброса металла из печи.

Расчетное количество плавильных агрегатов P'_1 определяется по формуле [11]:

$$P'_1 = \frac{B_{\Gamma} \cdot K_{\text{H}}}{\Phi_{\text{Э}} \cdot N'_{\text{расч}}}, \quad (3.2)$$

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

$\Phi_{\text{Э}}$ – годовой эффективный 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 $K_{\text{H}} = 1,0 \dots 1,2$.

$$P'_1 = \frac{24512.74 \cdot 1,2}{3800 \cdot 3} = 2.8 \text{ шт.}$$

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

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

где K_3 – коэффициент загрузки ($K_3=0,7\dots0,85$).

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.3):

$$P'_2 = \frac{2.8}{0,8} = 3.49 \text{ шт.}$$

Принимаем $P'_2=4$ шт.

3.5 Технология кокильного литья

Это технологический процесс изготовления отливок, связанный с заливкой под действием гравитационных сил жидкого сплава в форму, изготовленную из металла.

Высокая прочность материала кокиля позволяет выполнять рабочие полости формы с более точными стабильными размерами и соответственно получать отливки из черных и цветных металлов массой до 5000 кг по классам точности 4...6 с минимальной толщиной стенки 3 мм и шероховатостью поверхности $R_z = 20\dots160$ мкм.

Литье в кокиль повышает механические свойства, плотность и герметичность отливок, снижает расход металла на прибыли, улучшает санитарно-гигиенические условия труда [12].

Необходимое количество заливок на годовую программу представлено в таблице 3.6. Ведомость годовой потребности в кокилях представлена в таблице 3.7.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

Таблица 3.6 – Ведомость заливок

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Отливка с литниками, кг	Годовой выпуск с учетом брака по вине литейного цеха, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1. Наконечник	35Л	0,6	0,72	2218666,67	1597,44
2. Втулка	35Л	0,3	0,36	5120000,00	1843,20
3. Муфта	35Л	0,7	0,84	1465714,29	1231,20
				8804380,95	
4. Кронштейн	35Л	1,6	1,92	958125,00	1839,60
5. Крышка	35Л	4,3	5,16	237906,98	1227,60
6. Вилка	35Л	3,5	4,20	873428,57	3668,40
7. Патрубок	35Л	1,3	1,56	786923,08	1227,60
8. Фланец	35Л	3,5	4,20	292000,00	1226,40
9. Стойка	35Л	4,0	4,80	436050,00	2093,04
				3584433,63	
10. Банка	35Л	6,0	7,20	170666,67	1228,80
11. Опора	35Л	5	6,00	244800,00	1468,80
12. Корпус	35Л	5,3	6,36	346754,72	2205,36
13. Фланец	35Л	5,6	6,72	550178,57	3697,20
Итого				1312399,96	24554,64

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Изм / Лист № докум. Подп. Дата

44

Продолжение таблицы 3.6

Название отливки	Количество отливок в кокиле, шт.	Требуемое колич. заливок, шт	Брак при заливке		Количество заливок на годовую программу
			%	шт.	
1	7	8	9	10	11
1.Наконечник	8	277333	2	5547	282880
2.Втулка	8	640000	1	6400	646400
3. Муфта	8	183214	1	1832	185046
					1114326
4. Кронштейн	8	119766	2	2395	122161
5. Крышка	4	59477	2	1190	60666
6.Вилка	4	218357	2	4367	222724
7.Патрубок	4	196731	1	1967	198698
8.Фланец	2	146000	1	1460	147460
9. Стойка	2	218025	1	2180	220205
					971915
10.Банка	2	85333	2	1707	87040
11.Опора	2	122400	1	1224	123624
12. Корпус	2	173377	1	1734	175111
13.Фланец	2	275089	2	5502	280591
					666366

Таблица 3.7 – Ведомость годовой потребности в кокилях

Название отливки	Количество заливок на годовую программу	Количество заливок, которое выдерживает кокиль, шт	Потребность в кокилях	
			расчетное	округленное
1	2	3	4	5
1.Наконечник	282880	50000	5,66	6
2.Втулка	646400	50000	12,93	13
3. Муфта	185046	50000	3,70	4
4. Кронштейн	122161	50000	2,44	3
5. Крышка	60666	50000	1,21	2
6.Вилка	222724	50000	4,45	5
7.Патрубок	198698	50000	3,97	4
8.Фланец	147460	50000	2,95	3

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 3.7

Название отливки	Количество заливок на годовую программу	Количество заливок, которое выдерживает кокиль, шт	Потребность в кокилях	
			расчетное	округленное
1	2	3	4	5
9. Стойка	220205	50000	4,40	5
10. Банка	87040	50000	1,74	2
11. Опора	123624	50000	2,47	3
12. Корпус	175111	50000	3,50	4
13. Фланец	280591	50000	5,61	6
Итого				60

3.5.1 Выбор кокильных машин

К установке в цехе выбраны кокильные машины фирмы «KURTZ». Гибкая концепция машин приспособлена для необходимых требований максимальной универсальности или узкоспециализированного производства.

Для автоматизации производства отливок на кокильных машинах применяют автоматические дозаторы металла, автоматические смазчики рабочих поверхностей кокилей, манипуляторы для простановки стержней и удаления отливок.

Роботы и машины программируются как одно целое: синхронность их работы является основой получения высококачественного литья.

Схема кокильной машины приведена на рисунке 3.1.

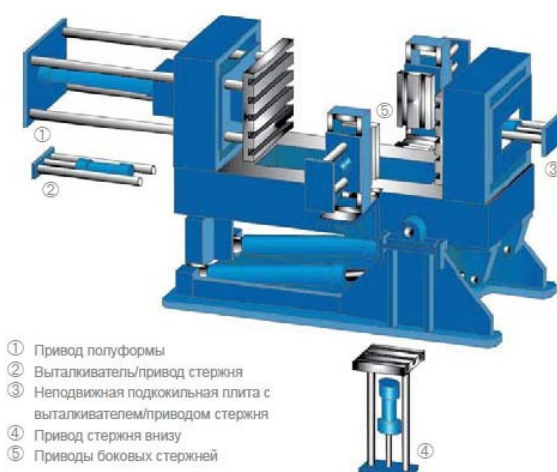


Рисунок 3.1 – Схема кокильной машины

Вся номенклатура разделяется на три группы: мелкое, среднее и крупное литье.

Техническая характеристика кокильной машины 10SR фирмы «KURTZ» для мелкого литья:

- размеры подкокильных плит, мм 500x400;
- масса заливаемой порции сплава тах, кг 10;
- усилие раскрытия кокиля, кН 40;
- габаритные размеры, мм:
 - длина 3000;
 - ширина 1500;
 - высота 2000;
- производительность, заливок/час 30.

Технические характеристики пневматического дозатора М63:

- масса сплава в дозаторе, кг 180;
- масса дозы, кг:
 - наименьшая 1;
 - наибольшая 10,0;
- время выдачи дозы, с 4...8;
- погрешность дозирования, %, не более 5.

Техническая характеристика кокильной машины 20SR фирмы «KURTZ» для среднего литья:

- размеры подкокильных плит, мм 800x600;
- масса заливаемой порции сплава тах, кг 20;
- усилие раскрытия кокиля, кН 60;
- габаритные размеры, мм:
 - длина 3400;
 - ширина 2200;
 - высота 2500;
- производительность, заливок/час 25.

Технические характеристики пневматического дозатора М150:

- масса сплава в дозаторе, кг 450;
- масса дозы, кг:
 - наименьшая 10,0;
 - наибольшая 20,0;
- время выдачи дозы, с 7...15;
- погрешность дозирования, %, не более 4.

Техническая характеристика кокильной машины 30SR фирмы «KURTZ» для крупного литья:

- размеры подкокильных плит, мм 1000x800;
- масса заливаемой порции сплава max, кг 80;
- усилие раскрытия кокиля, кН 80;
- габаритные размеры, мм:
 - длина 4000;
 - ширина 2500;
 - высота 2500;
- производительность, заливок/час 20.

Технические характеристики пневматического дозатора M250:

- масса сплава в дозаторе, кг 750;
- масса дозы, кг:
 - наименьшая 20;
 - наибольшая 80;
- время выдачи дозы, с 10...20;
- погрешность дозирования, %, не более 4.

3.5.2 Определение числа кокильных машин

Расчетное количество кокильных машин для мелкого литья по формуле [13]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{\text{п.расч}} \Phi_{\varepsilon}}, \quad (3.4)$$

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

$K_{\sigma} = 0,94 \dots 0,96$ – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

$\Phi_{\text{Э}}$ – эффективный годовой фонд времени, ч;

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

Расчетную производительность определим по формуле (3.4):

$$P_1 = \frac{1114326}{0,9 \times 30 \times 3900} = 9,91 \text{ шт.}$$

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

$$P'_2 = \frac{9,91}{0,9} = 10,9 \text{ шт.}$$

Принимаем 12 кокильных машин для мелкого литья.

Расчетное количество кокильных машин для среднего литья определяется по формуле (3.4):

$$P_1 = \frac{971915}{0,9 \times 25 \times 3900} = 10,37 \text{ шт.}$$

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

$$P'_2 = \frac{10,37}{0,9} = 11,4 \text{ шт.}$$

Принимаем 12 кокильных машин для среднего литья.

Расчетное количество кокильных машин для крупного литья определяется по формуле (3.4):

$$P_1 = \frac{666366}{0,9 \times 20 \times 3900} = 8,88 \text{ шт.}$$

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

$$P'_2 = \frac{8,88}{0,9} = 9,77 \text{ шт.}$$

Принимаем 10 кокильных машины для крупного литья.

3.6 Расчет потребности в ковшах

Таблица 3.8 – Такт работы ковша

№	Процедура	Время, мин
1	время ожидания ковша у печи, наполнение металлом	5
2	продолжительность доводки металла в ковше	5
3	время доставки ковша на участок разливки	5
4	время раздачи металла из ковша	10
5	время возврата пустого ковша	5
6	время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры	5
	Всего	35

Выбираем разливочный ковш емкостью 3 тонны. В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900 °С.

Расчет разливочных 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; $t=0,25$;

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{24512,74 \cdot 0,58}{3800 \cdot 3} = 1,2.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте [10]:

$$n_{\text{кр}} = \frac{n \cdot \tau_p \cdot n_p \cdot K_H}{\Phi_d}, \quad (3.6)$$

где $n_{\text{кр}}$ – число ковшей находящихся в ремонте, шт;

n – число ковшей находящихся в работе, шт;

τ_p – общая длительность ремонтного цикла, $\tau_p = 16$ ч.

n_p – число ремонтов в год, $n_p = 250$ шт.

$$n_{\text{кр}} = \frac{1,2 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{3974} = 1,4.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 4 штукам (два ковша находятся в ремонте, два в работе). Необходимо также иметь два запасных ковша.

Таблица 3.9 – Расчет парка ковшей

Вместимость, т	Оборот ковша, ч	Число работающих ковшей в смену, шт	Длительность работы ковша до ремонта, ч	Длительность ремонтного цикла, ч	Число ковшей, шт		
					в ремонте	в резерве	общее
3	0,58	2	8	16	2	2	6

4 КОКИЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Кокильные покрытия в процессе формирования отливки выполняют следующие функции:

- управление условиями затвердевания и охлаждения отливки;
- предохранение рабочей стенки кокиля от термического и эрозионного воздействия жидкого сплава;
- повышение смачиваемости поверхности кокиля жидким сплавом;
- создание в полости формы определенной газовой атмосферы;
- при необходимости осуществление модифицирования и поверхностного легирования сплава;
- снижение силы трения между отливкой и элементами формы.

Основное назначение кокильных покрытий сводится к управлению теплообменом между отливкой и формой. К краскам, используемым для покрытия металлических форм, предъявляются следующие требования:

- краска не должна взаимодействовать с расплавом;
- должно обеспечиваться плотное сцепление краски с поверхностью формы или стержня; не должно происходить расслоение краски;
- дисперсность краски должна обеспечивать возможность ее нанесения пульверизатором;
- краска должна быть жаростойкой и термостойкой;
- краска должна быть малотеплопроводной.

К краскам, используемым при литье различных сплавов, предъявляются специфические требования, обусловленные свойствами сплавов. Применяют покрытия различной долговечности: разовые, многоразовые и постоянные. Долговечность постоянных покрытий соизмерима с межремонтным сроком службы кокилей. Эти покрытия получают пламенным или плазменным напылением, методами электрохимической и химикотермической обработки и др. В качестве покрытий временно-

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		52

го действия, т. е. периодически возобновляемых в процессе эксплуатации, применяют огнеупорные облицовки и краски.

В состав кокильных красок входят наполнители (шамот, пылевидный кварц, тальк, мел, окись цинка, асбест и др.), связующие (жидкое стекло, бура, борная кислота и др.) и добавки для повышения сцепления краски с поверхностью формы (марганцево-кислый калий).

К важнейшим свойствам красок относятся теплопроводность, термомеханические и термохимические свойства, прочность покрытия, газотворность, технологические свойства.

Теплопередача через слой краски осуществляется путем теплопроводности, конвекции и теплового излучения. Теплофизические свойства покрытия характеризуются эффективным коэффициентом теплопроводности. Значения эффективного коэффициента теплопроводности в зависимости от состава колеблются в пределах 0,05...0,5 Вт/(м·К). Наибольшим коэффициентом теплопроводности обладает анодная пленка на кокиле из сплава АК7ч, а наименьшим - асбестовая краска.

При чугунном и стальном литье к числу наиболее распространенных относятся краски, содержащие углеродистые компоненты – сажу, графит, молотый кокс и ацетиленовую копоть. Теплоизолирующее действие указанных красок обусловлено двумя факторами. Во-первых, между отливкой и кокилем образуется газовая прослойка, обладающая малой теплопроводностью. Во-вторых, при нанесении углеродсодержащих красок и ацетиленовой копоти на поверхности кокиля образуется слой с высокой пористостью, достигающей до 40 %. В результате этого снижается интенсивность теплообмена между отливкой и формой. Составы данных красок приведены в таблице 4.1.

Покрытия 2 и 4 предназначены для многоразового использования. Они наносятся в качестве подслоя 1...2 раза в сутки. Остальные покрытия являются разовыми. Они могут наноситься на многоразовый подслей или непосредственно на рабочую поверхность формы.

Таблица 4.1 – Составы и характеристики кокильных красок, % (масс, доля)* [3]

№ п/п	Сажа ТМ-15	Глина огнеупорная	Тальк молотый	Шамот молотый	Копоть ацетиленовая	КМnO ₄ , сверх 100 %	Бура, сверх 100 %	Жидкое стекло	Смачиватель ОП-7 или ОП-10	Цирконий
1	–	2	23	–	–	–	1,2	4	–	
2	–	–	–	40	–	0,05	–		–	
3	4	–	–	–		9,05	–	6	–	
4	15	4	–	–	–	–	–	8	0,5	
5	10	15**	–	–	–	–	–	5...7	0,4...0,6	
6***	–	–	–	–	100	–	–		–	
Циркониевая										20

Продолжение таблицы 4.1

№ п/п	Плотность при (20 ±0,5) °С, г/см ³	Стойкость, съёмов	Цена, руб/кг
1	1,65	1	180
2	1,80	200	250
3	1,60	1	190
4	1,85	200	280
5	1,65	1	150
6***	1,95	1	250
Циркониевая	1,65	1	350

* Остальное – вода.

** Огнеупорная глинистая суспензия плотностью 1300...1400 кг/м³.

*** Безводное покрытие.

Покрyтия 2 и 4 не могут быть использованы как финишные краски, а только как прослойка. Для производства нашей отливки выбираем одноразовое покрытие № 5. Краски наносят пульверизатором или кистью при температуре кокиля 180...220 °С. Толщина покрытия 0,4...0,6 мм, но не более 1,5 мм.

4.1 Устройства для окраски кокилей

Нанесение покрытия на сажистой основе, в отличие от шамотной, легко поддается механизации. Механизация копчения кокиля ацетиленовым пламенем не вызывает трудностей. Однако применение ацетилена взрывоопасно.

Перед нанесением покрытия рабочую поверхность кокиля обдувают сжатым воздухом. Операция обдувки может быть совмещена с операцией нанесения покрытия. Ниже приводится описание устройств для механизации нанесения разовых покрытий на кокили. Устройства предназначены для нанесения краски состава 5 (см. табл. 4.1). Плотность краски 1,015...1,054 г/см³. Применяют устройства двух типов: с неподвижными и с перемещаемыми форсунками.

По методу распыления форсунки классифицируют на форсунки с распылением сжатым воздухом и без применения сжатого воздуха (механическое распыление), по методу подачи краски – под избыточным давлением и инъекцией.

На рисунке 4.1 дана схема автоматического устройства для окраски кокилей. Краска от дозатора 15 подается по трубкам 16 непосредственно к емкости 5 и через полый шток цилиндра – к емкости 4. Крышка 3 кокиля и чаша 7 окрашиваются стационарными форсунками, а корпус 6 – подвижными, во время хода штока цилиндра вниз. Дозу краски регулируют настройкой дозатора. При необходимости во время ремонта и съема кокиля устройство поворачивают на консоли 14 вокруг стойки 11 [14].

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

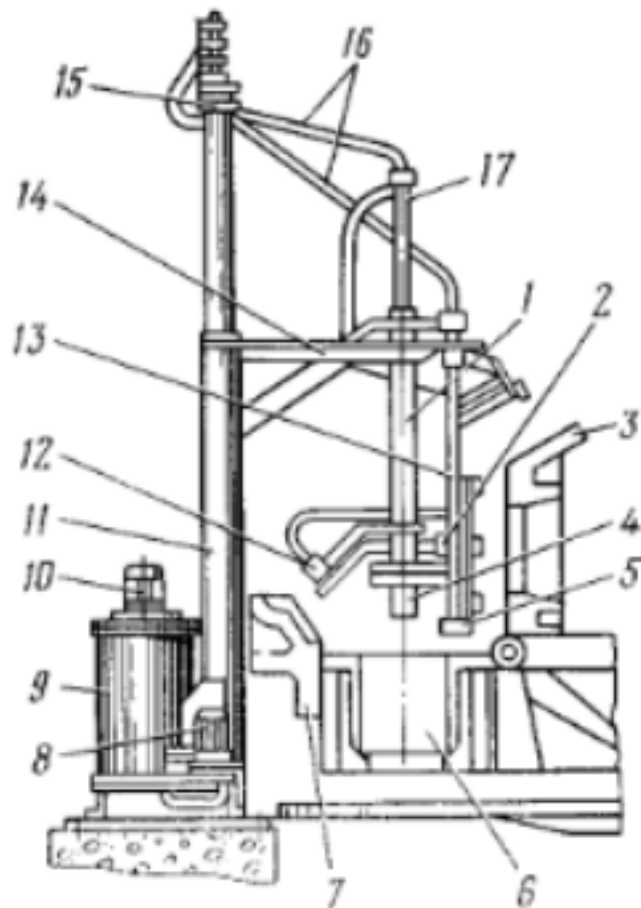


Рисунок 4.1 – Устройство для окраски кокилей:

1 – пневмоцилиндр; 2 и 12 – форсунки; 3 – крышка кокиля; 4, 5 – емкость для краски; 6 – корпус кокиля; 7 – литниковая чаша; 8 – насос; 9 – бак; 10 – мешалка с приводом; 11 – стойка; 13 – кронштейн; 14 – консоль; 15 – дозатор для краски; 16 – трубки; 17 – полый шток

В специальной части были рассмотрены кокильные покрытия, применяемые при литье различных сплавов. Проанализировав существующие покрытия, был выбран состав для изготовления отливки «фланец».

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Безопасность труда

Создание здоровых и безопасных условий труда основано на учете опасных и вредных факторов данного производства и проведении мероприятий, предотвращающих их воздействие на работающих.

Согласно ГОСТ 12.0.003 – 2015 опасные и вредные производственные факторы по природе действия подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К физическим вредным и опасным факторам относятся следующие подгруппы: движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся или перемещаемые изделия, заготовки и материалы, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов, повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и др.

Каждое производство характеризуется своим комплексом опасных и вредных производственных факторов. Основными вредными и опасными производственными факторами в литейных цехах являются пыль, выделяющиеся пары и газы, избыточная теплота, повышенный уровень шума и вибрации, электромагнитное излучение, повышенное напряжение в электрических цепях, движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования.

5.2 Характеристика производства

В литейном цехе находятся опасные и вредные производственные факторы, такие как:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- электрический ток;
- шум;

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

- вибрация;
- тепловое излучение.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-01 «СББТ. 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 изготовления стержней, кокильные машины, оборудование для выбивки и очистки отливок.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе жилой зоны не должно превышать установленных ПДК. В таблице 5.1 приведен ПДК вредных веществ, сопутствующих литейному производству.

Таблица 5.1 – 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 алюминия	6,0	3
Фенол	1,0	1
Формальдегид	0,5	1
Пары спирта этилового	6,0	3
Пары спирта метилового	5,0	3

При проектировании технологии необходимо учесть данные факторы и предпринять меры по улучшению условий труда и защитить рабочих от травматизма. Это возможно за счет следующих изменений:

- установления заграждений кокильных машин;
- ограждение механизмов и рабочих площадок;
- повышения уровня пожарной безопасности производства путем разработки методов оценки пожарной безопасности оборудования, материалов, технологии и комплексных мер по усилению пожарной профилактики;
- звукоизоляции вытяжных и приточных вентиляционных установок и другого оборудования, создающего шум.

Работа вентиляционных систем в комплексе с выбором технологических процессов и производственного оборудования, отвечающего требованиям, должна

создавать на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствующие действующим санитарным нормам.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха соответствует требованиям СНиП 2.04.05-91.

Воздух, удаленный из здания цеха системами местной и общей вытяжной вентиляции, содержащий вредные вещества подвергается очистке, с помощью мокрых пылеуловителей и рукавных фильтров.

Производственная пыль также оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека, раздражая слизистые оболочки, дыхательных путей и оседает в легких, а также отрицательно влияет на органы зрения, слуха и кожные покровы человека. Для предотвращения отрицательного влияния установлены вытяжные аппараты.

В цехе проводятся следующие мероприятия для установления необходимого микроклимата:

- автоматизация и дистанционные управления процессами;
- теплоизоляция нагретых поверхностей оборудования, установка экранов у печей;
- для рабочих предусмотрены комнаты отдыха и обеспечение средствами защиты в соответствии с ГОСТ 30494-2011;
- в цехе предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция и воздушное отопление, совмещенное с ней.

Освещение в производственных условиях является одним из важнейших факторов. Через зрение человек получает около 90 % информации. От освещения зависит утомление работающего, производительность труда, его безопасность.

В проектируемом цехе предусматривается естественное и искусственное освещение в соответствии с СНиП 23-05-95, необходимое для создания благоприятных условий выполнения работы, прохода людей и движения транспорта. От условий освещения зависят сохранность зрения человека, состояние его нервной системы и безопасность на производстве.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

59

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Фактическая освещенность в производственном помещении должна быть больше или равна установленной санитарными нормами освещенности. В противном случае осветительную установку следует ремонтировать.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает физические и психические нарушения, которые снижают работоспособность и создают предпосылки для профессиональных заболеваний, а также производственного травматизма.

Допустимая величина шума в цехе согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 – 80дБА.

Для снижения уровня шума в цехе предусматриваем следующие мероприятия:

- применение автоматизированного оборудования с низким уровнем шума;
- системы вентиляций и местных отсосов снабжены шумопоглощающими устройствами;
- применение средств индивидуальной защиты от шума (противошумные заглушки «беруши», наушники противошумные).

В проектируемом цехе источником общей вибрации является сотрясение пола и других конструкторских элементов здания вследствие ударного действия вибрационных столов в формовочном и стерневом отделениях. Предельно допустимая величина общей вибрации в цехе согласно СН 22-74 – 80...92 дБ.

Предпринимаем следующие меры по устранению вибрации и уменьшению ее вредного явления:

- исключением ручного пневмотранспорта;
- с целью снижения вредного воздействия общей вибрации используется специальная виброзащитная обувь.

Источником электромагнитного излучения являются трансформаторы, электродвигатели и генераторы. Средствам защиты от неблагоприятного влияния электромагнитного поля:

- обязательно заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, включая машины и механизмы и др.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

- средства защиты работающих от воздействия МП частотой 50 Гц могут быть выполнены в виде пассивных или активных экранов;
- защитная одежда включает в себя: комбинезон, куртку с капюшоном, средство защиты для лица, рукавицы (или перчатки), обувь.

В цехе приняты следующие мероприятия по обеспечению электробезопасности труда:

- все токоведущие части электрических устройств и оборудования имеют специальные ограждения;
- все корпуса электродвигателей, а также металлические части, которые могут оказаться под воздействием тока, заземлены;
- проведение периодического контроля состояния электрооборудования и изоляции;
- электроустановки снабжаем блокировкой, которая исключает включение оборудования при открытых его частях, которые находятся под напряжением; а также сигнализацией о его включении;
- оборудование снабжается предохранительными устройствами, которые обесточивают его при коротком замыкании.

Защита персонала цеха от воздействия электрического тока предусматривается согласно ГОСТ 12.1.019-2009 [15].

5.3 Пожарная безопасность

Весь персонал работающий в цехе должен быть проинструктирован о мерах пожарной безопасности, знать основные требования «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации», настоящей инструкции, порядок действий при обнаружении пожара и эвакуации людей, расположения средств пожаротушения, сообщения о пожаре и уметь ими пользоваться.

Каждый работающий (независимо от занимаемой должности) обязан знать, строго соблюдать и поддерживать установленный противопожарный режим, не до-

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>61</i>

пускать действий, которые могут привести к пожару, докладывать обо всех нарушениях требований пожарной безопасности своему руководителю.

Противопожарные системы и установки (средства пожарной автоматики, системы противопожарного водоснабжения, противопожарные двери, другие защитные устройства в противопожарных стенах, перекрытиях и т.п.) помещений должны постоянно содержаться в исправном рабочем состоянии. Использование данных систем не по прямому назначению запрещено [16].

Мероприятия противопожарной защиты:

- ограничение распространения пожара за пределы очага возгорания;
- наличие путей эвакуации людей при пожаре;
- обеспечение людей средствами индивидуальной и коллективной защиты;
- установка систем противодымной защиты.

Обеспечение пожарной безопасности промышленных предприятий достигается строгим соблюдением пожарных требований, регламентированных СНиП 2.01.02-85 типовыми правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий. Правилами устройства электроустановок.

Требования безопасности к машинам для литья в металлические формы (кокили):

1. Конструкция разъемных металлических прессформ должна обеспечивать совершенно плотные соединения двух полуформ, их точную фиксацию и достаточную прочность. Запорные устройства должны гарантировать надежность их соединения (запирания с нажимом) в период заливки и затвердевания жидкого металла;
2. Операции по заливке металла в кокили, нанесению защитных покрытий на их рабочие поверхности на многопозиционных машинах следует механизировать. Позиции, на которых производятся эти операции, должны быть снабжены вытяжной вентиляцией;
3. Для «оператора, осуществляющего заливку металла, рекомендуется предусматривать пульт управления, снабженный кабиной с приточной и вытяжной вентиляцией;

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

62

4. При ручной установке стержней необходимо предусматривать блокировку, предотвращающую возможность смыкания кокилей в момент их останковки;
5. Столы кокильных станков должны обеспечивать надежное укрепление кокилей. Кокильные столы с наклоном должны иметь ограничители поворота;
6. Металлические формы оснащаются толкателями для выталкивания отливок, исключая необходимость введения руками лома или крючка в опасную зону;
7. Машины для литья в металлические формы следует оборудовать устройствами для нагрева кокилей перед первой заливкой во избежание выброса металла;
8. Нагревательные сопротивления для электроподогрева кокилей, которые располагаются внутри корпуса кокиля или в плите, должны иметь напряжение не выше 12 В и закрываться сплошными укрытиями для защиты от случайного прикосновения и брызг металла;
9. Кокили, охлаждаемые водой, должны герметично соединяться с водяными трубопроводами, не допускающими просачивания воды в полость формы;
10. Машины для литья в металлические формы должны быть оборудованы вытяжными зонтами (на позициях заливки и копчения).

5.4 Экологическая безопасность

Сегодня экологическую ситуацию в мире можно охарактеризовать как близкую к критической.

Стало совершенно очевидной пагубность потребительского отношения человека к природе лишь как к объекту получения определенных богатств и благ. Среди глобальных экологических проблем можно отметить следующие:

- уничтожены и продолжают уничтожаться тысячи видов растений и животных;
- в значительной мере истреблен лесной покров;
- стремительно сокращается имеющийся запас полезных ископаемых;
- мировой океан не только истощается в результате уничтожения живых организмов, но и перестает быть регулятором природных процессов;

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

63

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

- атмосфера во многих местах загрязнена до предельно допустимых размеров, а чистый воздух становится дефицитом;
- частично нарушен озоновый слой, защищающий от губительного для всего живого космического излучения;
- загрязнение поверхности и обезображивание природных ландшафтов: на Земле невозможно обнаружить ни одного квадратного метра поверхности, где бы не находилось искусственно созданных человеком элементов.
- кислотные дожди заметно повышают кислотность озер, прудов, водохранилищ, в результате чего там постепенно вымирает их естественная флора и фауна.
- накопление углекислого газа в атмосфере – одна из основных причин парникового эффекта. Углекислый газ действует в атмосфере, как стекло в оранжерее: он пропускает солнечную радиацию и не пропускает обратно в космос инфракрасное (тепловое) излучение Земли. Содержание парниковых газов – CO₂, метана и др. – неуклонно увеличивается.

Известно, что загрязнение атмосферы происходит в основном в результате работы промышленности, транспорта и т. п., которые в совокупности ежегодно выбрасывают «на ветер» более миллиарда твердых и газообразных частиц.

С позиции экологии охраны труда литейное производство является одним из самых опасных. Отходы литейного производства, выбросы в атмосферу пагубно влияют на экологическое равновесие. При производстве 1 т отливок из стали 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. В водный бассейн поступает до 3000 м³ сточных вод и вывозится в отвалы до 6 т отработанных формовочных смесей. В то же время без литейного производства невозможно представить себе современную промышленность.

Снижение запыленности воздуха рабочей зоны достигается герметизацией основного оборудования, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции в местах образования пыли.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		64

Отсасываемый с участков литейного цеха воздух перед выпуском в атмосферу очищается пылеочистными устройствами.

Понижение температуры воздушной среды до установленных санитарных норм обеспечивается применением водяного или воздушного охлаждения нагретых поверхностей и ограждений, с тем чтобы их температура не превышала 45 °С, а также устройством общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Для облегчения условий работы используют также воздушное душирование, т. е. обдувку рабочего направленным потоком воздуха со скоростью 2...3 м/с.

					<i>22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологический процесс изготовления заданной отливки разработанный в выпускной квалификационной работе подтверждает возможность получения ее литьем. Для хорошего заполнения формы и качественного питания отливки были рассчитаны оптимальные размеры элементов литниково-питающей системы.

Для изготовления литейной формы было принято решение литье в кокиль. Поскольку отливка «Фланец» из стали 35Л имеет простую форму, достаточную толщину стенки – 20 мм и высокую серийность 285714 штук в год, то ее изготовления литьем в кокиль имеет технологическую и экономическую целесообразность.

Данный способ литья позволяет изготовить заданную деталь требуемого качества. Процесс отвечает определенным технологическим требованиям к детали и литым заготовкам, которые регламентируются чертежом детали, техническими условиями и другими стандартами.

Также в работе разработан проект цеха мелкого стального литья с годовым выпуском 20000 тонн отливок.

В целях повышения производительности цеха, качества выпускаемой продукции, улучшения условий труда и наименьшего загрязнения окружающей среды разработан технологический процесс, основанный на применении современного автоматизированного оборудования и прогрессивных технологий. Для осуществления всех операций технологического процесса выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

66

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Состояние и перспективы литейного производства России. – <http://otlivka.info/articles/sostoyanie-i-perspektivy-litejnogo-proizvodstva-rossii/>
2. Сайт «Марочник стали и сплавов». – http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=215.
3. Технология литейного производства: учебник / под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.- пед. университета, 2000. – 662 с.
4. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: учебное пособие / В.И. Швабауэр. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68 с.
5. Дубровин, В.К. Технологические процессы литья: учебное пособие для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлению 150400 "Металлургия" / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 193 с.
6. Чуркин Б.С. Специальные способы литья: учебно-методическое пособие / Б. С. Чуркин, А. Б. Чуркин, Ю. И. Категоренко; под ред. Б. С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2012. – 189 с.
7. Литье в кокиль / С.Л. Бураков, А.И. Вейник, Н.П. Дубинин и др.; под ред. А.И. Вейника. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с., ил.
8. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия.
9. Проектирование литейных цехов: учебное пособие / Л.С. Кипнис, А.З. Исагулов и др. – Караганда: КарГТУ, 2003. – 83 с.
10. Основы проектирования литейных цехов и заводов: учебник для вузов по специальностям «Машины и технология литейного производства» и «Литейное производство черных и цветных металлов» / Л.И. Фанталов, Б.В. Кнорре, С.И. Четверухин и др.; под ред. Б.В. Кнорре. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с., ил.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

67

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

11. 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.

12. Литье в кокиль / Бураков С.Л., Вейник А.И., Дубинин Н.П. и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.

13. Миляев, А.Ф. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов: учебное пособие / А.Ф. Миляев. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2001. – 410 с.

14. Святкин, Б. К. Производство отливок в кокили / Б. К. Святкин, М. В. Егорова. – Москва: Высшая школа, 1989. – 233 с.

15. Экология литейного производства / под ред. А.Н. Болдина. – Брянск: Издательство БГТУ, 2001. – 315 с.

16. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

22.03.02.2020.280.00.00 ПЗ

лист

68

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата