

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д. т. н. профессор
/Б. А. Кулаков
«__»_____2019г.

Литейные технологии производства отливки "Рычаг двуплечий"
из стали 35Л

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.03.02.2019.437.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
доцент, к.т.н.
А.В. Карпинский
«__»_____2019г.

Руководитель проекта
доцент, к.т.н.
А.В. Карпинский
«__»_____2019г.

Автор проекта
студент группы
П-437
М.Ф. Хакимов
«__»_____2019г.

АННОТАЦИЯ

Хахимов М. Ф. Литейные технологии производства отливки «Рычаг двуплечий» из стали 35Л. – Челябинск: ЮУрГУ, П-437, 2019, 74 с. Библиогр. список – 13 наименований, 3 листа чертежей ф. А1, 2 плакат.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование цеха стального литья годовой производительностью 16000 тонн отливок в год.

Необходимо выбрать и рассчитать требуемое количество оборудования, материалов для выполнения годовой программы, дать описание технологических процессов плавильного отделения литейного цеха, выполнить планировку плавильного отделения.

В технологической части работы требуется разработать технологию изготовления отливки «Рычаг двуплечий».

Специальная часть посвящена сравнительному анализу ХТС для стального литья. Участок спроектирован с учетом норм и правил в области безопасности жизнедеятельности.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хахимов М.Ф.</i>			<i>Литейные технологии производства отливки «Рычаг двуплечий» из стали 35Л</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>Д</i>	<i>74</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт.</i>						<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Н.конт.</i>						<i>Кафедра ЛП</i>		
<i>Утв.</i>								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ.....	13
2.1 Анализ технологичности отливки.....	13
2.2 Выбор способа изготовления отливки.....	13
2.3 Выбор положения отливки в форме.....	15
2.4 Определение поверхности разъема формы.....	16
2.5 Определение припусков на механическую обработку.....	17
2.6 Определение формовочных уклонов.....	18
2.7 Определение литейной усадки.....	19
2.8 Определение количества и конструкции стержней.....	19
2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей.....	22
2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	24
2.11 Определение габаритов опок.....	27
2.12 Выбор модельного комплекта.....	28
2.13 Выбор состава формовочных смесей.....	29
2.14 Выбор состава стержневых смесей.....	30
2.15 Выбор состава противопригарных красок.....	31
2.16 Технология плавки сплава.....	32
2.17 Разработка технологии сборки и заливки форм.....	34
2.18 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок.....	36
3 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ.....	38
3.1 Производственная программа.....	38
3.2 Структура литейного цеха.....	38
3.3 Режим работы и фонды времени.....	40
3.4 Плавильное отделение.....	42
3.4.1 Составление ведомости расхода металла.....	42
3.4.2 Составление баланса металла.....	43
3.4.3 Выбор оборудования плавильного отделения.....	45
3.4.4 Ведомость расхода шихтовых материалов.....	47
3.4.5 Расчет оборудования плавильного отделения.....	47
3.4.6 Расчет потребности ковше.....	48
3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение.....	50

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

3.5.1	Технология изготовления форм.....	51
3.5.2	Выбор оборудования для участка формовки.....	52
3.5.3	Определение числа автоматических линий.....	54
3.6	Внутрицеховые лаборатории.....	55
3.7	Вспомогательные отделения и участки цеха.....	55
3.8	Внутрицеховой транспорт.....	56
4	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХТС ДЛЯ СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ.....	57
4.1	Вакуум-процесс (V-процесс).....	57
4.2	Сейатцу-процесс.....	59
4.3	Литье по газифицируемым моделям.....	60
4.4	Безопасная формовка (ХТС-процесс).....	61
4.5	Смеси холодного отверждения.....	63
4.6	Свойства и необходимые количества Alpha-Set смолы и отвердителей	66
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	67
5.1	Безопасность труда.....	67
5.2	Производственная пыль.....	67
5.3	Производственный шум.....	68
5.4	Освещение.....	69
5.5	Электробезопасность.....	70
5.6	Пожарная безопасность.....	70
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – сравнительно простой и недорогой процесс. Этим объясняется его широкое распространение в настоящее время. Литьем получают изделия практически любой массы, габаритов и сложности, и из любых металлов и сплавов, которые при современном развитии техники можно перевести в жидкое состояние. В современных машинах и механизмах доля литых деталей составляет 40...50 %, а их стоимость 10...15 %.

В последнее время намечается тенденция развития производств деталей из композитных материалов (армированные пластмассы, компаунд-материалы) и методом порошковой металлургии, которые удовлетворяют требованиям производства и способны принимать сложную форму. Производство из материалов-заменителей составляет конкуренцию литейному производству по многим направлениям отраслей промышленности. По этой причине необходимо переходить на литейные технологии, которые способны обеспечить высокую точность отливок, уменьшить трудоемкость операций, ограничить вредное влияние на окружающую среду. Совершенствование литейного производства за счет разработки новых технологий позволит получать отливки повышенной точности, с улучшенными механическими и эксплуатационными свойствами, с меньшими затратами трудовых ресурсов, при этом увеличится выход годного продукта и уменьшится стоимость производимых деталей.

В выпускной квалификационной работе спроектирован цех стального литья годовой производительностью 16000 тонн отливок в год.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Литейное производство России является основной базой машиностроительного комплекса и его развитие зависит от темпов развития машиностроения в целом. Перспективы развития литейного производства определяются потребностью в литых заготовках, их динамикой производства, авторитетом литейных технологий и конкурентной способностью среди развитых зарубежных стран.

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

Выпуск отливок по странам приведен на рисунок 1.1, из которого видно, что лидирующее место в производстве отливок занимает Китай, который сегодня производит около половины мирового выпуска литых заготовок. Россия занимает 6-е место после Китая, США, Индии, Германии и Японии.

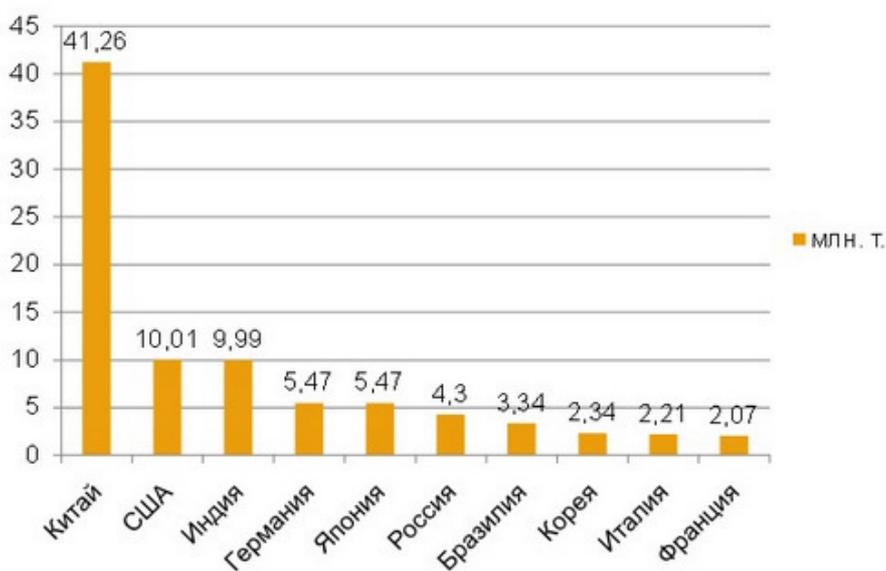


Рисунок 1.1 – Выпуск отливок по странам в 2011 г

Литейное производство в России занимает лидирующее положение среди таких заготовительных баз машиностроения, как сварка и кузница. Коэффициент использования металла (от 75 до 95 %). С другой стороны, литейное производство является наиболее наукоемким, энергоемким и материалоемким производством.

Для производства 1 тонны отливок требуется переплавка 1,2...1,7 тонн металлических шихтовых материалов, ферросплавов и флюсов, переработка и подготовка 3...5 тонн формовочных песков (при литье в песчано-глинистые формы), 3...4 кг связующих материалов (при литье в формы из ХТС) и красок. В себестоимости литья энергетические затраты и топливо составляют 50...60 %, стоимость материалов 30...35 % [1].

Динамика производства отливок в России с 1990 по 2012 гг. приведена на рисунк 1.2. Наиболее высокие объемы производства отливок были в 1985 г. и составляли 18,5 млн. тонн. После этого начался резкий спад производства, связанный с нарушением общих принципов кооперации машиностроительной продукции между республиками СССР, приватизацией и ликвидацией предприятий. В последние годы производство отливок из черных и цветных сплавов стабилизировалось на уровне 4,2...4,4 млн. тонн.



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

Рисунок 1.2 – Объемы производства отливок в России с 1990 по 2012 гг

Общее число литейных предприятий в России составляет около 1250, которые производят отливки, оборудование, сопутствующие материалы.

Выпуск отливок на одного работающего в 2012 г. составил около 14,3 тонн в год.

В литейном производстве машиностроения и металлургии (по экспертной оценке) занято около 300 тыс. человек, в том числе 90 % рабочих, 9,8 % инженерных и 0,2 % научных работников.

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

В настоящее время экспорт отливок составляет 30 тыс. тонн в год в такие страны, как Германия, Англия, Франция, Израиль, Швеция, Норвегия, Финляндия, импорт составляет около 70 тыс. тонн.

Объемы производства отливок существенно зависят от объемов производства отечественного литейного оборудования для собственных нужд и поставки на экспорт.

Ряд основных производителей литейного оборудования в России сохранили и расширили свою специализацию, однако они не удовлетворяют потребность литейных цехов и заводов. В России не производится следующее оборудование:

- автоматические и механизированные линии для изготовления безопочных форм из песчано-глинистых и холоднотвердеющих смесей;
- машины для изготовления форм из песчано-глинистых смесей с размером опок от 400x500 мм до 1200x1500 мм;
- машины для изготовления литейных стержней по горячей и холодной оснастке;
- оборудование для покраски литейных форм;
- кокильные машины;
- машины для литья под низким давлением;
- машины для центробежного литья;
- индукционные печи средней частоты емкостью более 10 тонн для выплавки чугуна и стали;
- смесители периодического и непрерывного действия для приготовления холоднотвердеющих смесей производительностью более 10 тонн/час;
- оборудование для регенерации холоднотвердеющих смесей производительностью более 10 тонн/час.

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

В 2012 г. импорт оборудования, запасных частей и приспособлений для литейного и смежных производств из всех стран мира составил около 705 млн. дол. США [2].

Динамика импорта литейного оборудования со всех стран мира с 2007 по 2012 гг. (млн. дол. США) представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Динамика импорта литейного оборудования с 2007 по 2014 гг

2007	2008	2009	2010	2011	2014
833,1	948,1	632,2	499,15	676,24	1081,5

Наиболее высокие объемы поставок литейного оборудования в Россию из всех стран мира до 2012 г. были в 2008 г., но в 2012 г. объем поставок оборудования вырос и составил более 1 млрд. дол. США. Поставки только литейного оборудования составляют 720 млн. долларов США, на остальные 259,5 млн. дол. США в Россию поставлены отливки, изложницы, поддоны, различные приспособления и приборы, в том числе для литейных цехов металлургического производства. Литейное оборудование в основном поставляется из Германии и Италии. В целом, из зарубежных стран закупается 72 % литейного оборудования. Поэтому производство отливок для изготовления отечественного оборудования сокращается.

Несмотря на низкий уровень объемов производства отливок в последние годы многие заводы проводят реконструкцию литейного производства на базе новых технологических процессов и материалов, перспективного оборудования.

Основной целью реконструкции является расширение объемов производства, повышение качества продукции, отвечающего современным требованиям заказчика, улучшение экологической ситуации и условий труда. При проведении реконструкции требуется глубокое изучение рынка сбыта продукции, анализ современных технологических процессов, оборудования и материалов, разработка оптимальной технологической планировки и расстановки оборудования, разработка рабочего проекта. Для технологического и рабочего проектирования нужны квалифицированные специалисты. К сожалению, сегодня в России

ограниченное количество организаций, способных полностью взять на себя технологическое и рабочее проектирование цеха или участка. Поэтому создаются творческие группы специалистов и организаций, выполняющих данного рода работы.

За последние 3 года реконструировалось полностью или частично более 90 литейных цехов и участков.

Реконструкция цехов и заводов осуществляется на базе механизированных линиях, заменяя ручной труд. Только за последние 4 года (2008...2012 гг.) в литейных цехах установлено 25 автоматизированных и механизированных линий для изготовления литейных форм.

Для получения чугуна и стали перспективными являются технологические процессы плавки в индукционных и дуговых электропечах, обеспечивающих стабильно заданный химсостав и температуру нагрева расплава для проведения эффективной внепечной обработки.

Для плавки чугуна перспективными являются:

- индукционные тигельные печи средней частоты емкостью до 10...15 тонн. Такие печи производят отечественные фирмы: ООО „РЭЛТЕК“, Екатеринбург, ОАО „Электротерм-93“, г. Саратов, ОАО „Новозыбковский завод электротермического оборудования“, ООО „Курай“, г. Уфа, ЗАО НПП „Институт Электротехнологий“, Екатеринбург, ООО „СОДРУЖЕСТВО“ и другие, а также иностранные фирмы АВР, Юнкер (Германия), „Индуктотерм“, „Аякс“ (США), „ЭГЕС“, Турция, которые нашли наиболее широкое распространение в России;
- дуговые печи постоянного тока производства ОАО „Сибэлектротерм“, г. Новосибирск, ООО „НТФ „ЭКТА“, Москва, ООО „НТФ „Комтерм“, Москва.

Для выплавки чугуна более технологически гибкими являются индукционные тигельные печи средней частоты.

К сожалению, в последние годы не проводятся работы по совершенствованию технологии ваграночной плавки чугуна. Нет, и ранее не было, в России серийного производства вагранок. В связи с этим все работающие

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

вагранки изготовлены кустарным способом без подогрева дутья и качественной очистки отходящих газов от пыли и вредных составляющих. Газовые вагранки не нашли должного распространения в нашей стране вследствие отсутствия ее надежной конструкции и применяются лишь для получения низких марок чугуна.

Увеличение объемов выплавки в индукционных печах чугуна с низким содержанием серы позволило повысить производство отливок из высокопрочного чугуна с шаровидной и вермикулярной формой графита. В период с 2006 по 2012 гг. выпуск отливок из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита вырос на 12 % за счет снижения производства отливок из серого и специального чугунов и стали.

Для плавки стали перспективными являются:

- дуговые электропечи переменного и постоянного тока, индукционные печи средней и повышенной частоты.

Для плавки цветных сплавов:

- электрические индукционные, дуговые и печи сопротивления, газовые и мазутные печи.

В последние годы наблюдался рост производства отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, которые в ряде случаев заменяют

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

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		12

2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Анализ технологичности отливки

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

Анализ чертежа детали «Рычаг двуплечий» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем (рисунок 2.1). Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 10 мм, габаритные размеры детали 290x112,5x50 мм. Отверстия диаметром 25 мм и меньше литьем не изготавливаем, минимальные литейные радиусы 5 мм. На рисунке 2.2 приведена 3D модель детали «Рычаг двуплечий».

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

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

Технические требования:

- неуказанные радиусы R5 мм;
- формовочные уклоны по ГОСТ 3212-85;
- точность отливки 8 – 10 – 6 – 7 по ГОСТ P53464-2009;
- литейная усадка – 2%.

2.2 Выбор способа изготовления отливки

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

Показателями, характеризующими прогрессивность технологического процесса, являются: коэффициент выхода годного; производительность

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

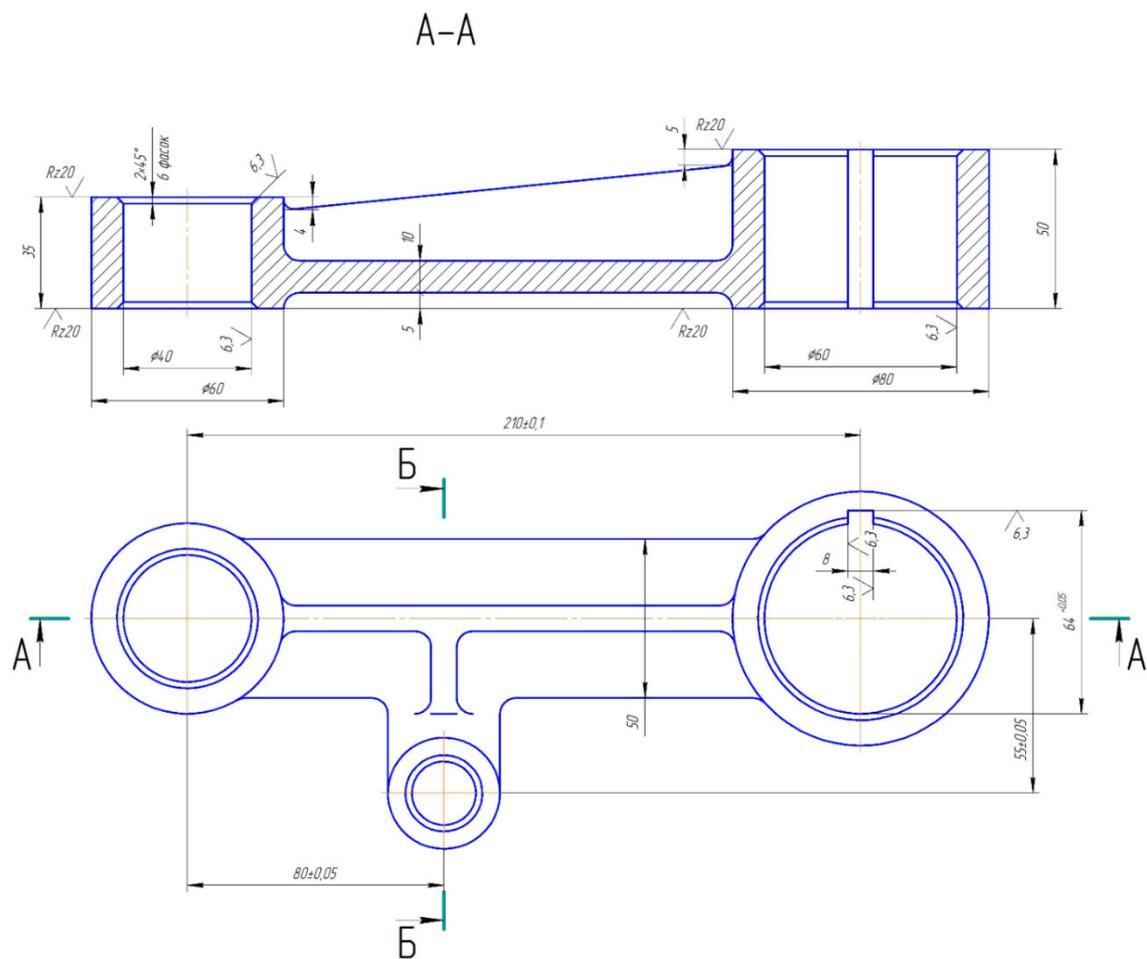


Рисунок 2.1 – Эскиз детали «Рычаг двуплечий»

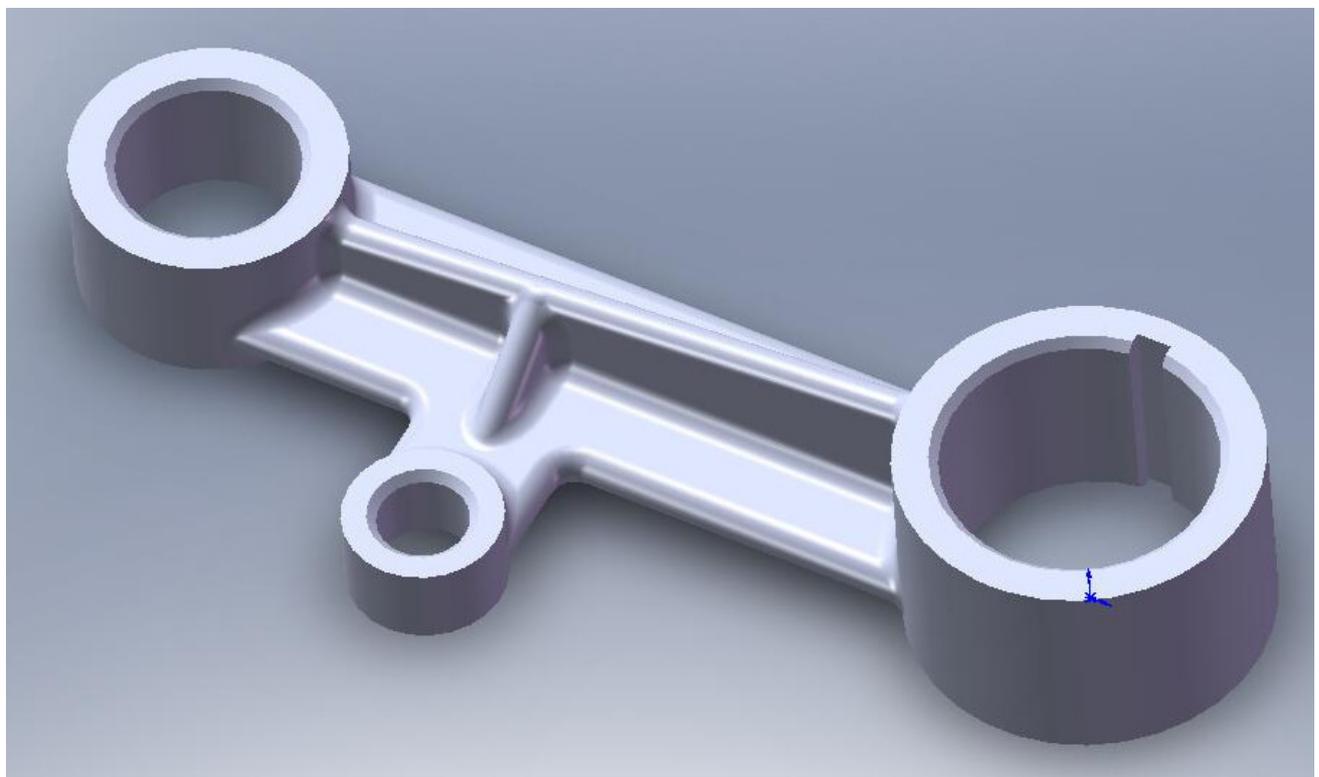


Рисунок 2.2 – 3D модель детали «Рычаг двуплечий»

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

14

оборудования и труда рабочих; стоимость и срок службы оснастки; капитальные затраты на внедрение техпроцесса; себестоимость отливок и деталей; срок окупаемости капитальных вложений.

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

Для производства данной отливки применяется одноразовая песчаная форма и стержни на основе ХТС (Alpha-set процесс)

В производстве отливок использование холоднотвердеющих смесей позволяет резко сократить технологический цикл за счет объемной или поверхностной сушки форм, повысить производительность труда, снизить стоимость оборудования путем замены комбинированных способов уплотнения (встряхивания или вибрации с прессованием) виброуплотнением. Изготовление форм из ХТС упрощает применение современных методов управления процессом формирования свойств отливок, которые при использовании обычных формовочных смесей вызывают большие затруднения.

Технология изготовления стержней из холоднотвердеющих смесей обладает рядом преимуществ: позволяет изготавливать стержни большой сложности, повышается точность стержней и отливок, прочность стержней при хранении не снижается, они имеют хорошую податливость и выбиваемость, процесс изготовления стержней и простановки их в форму может быть полностью автоматизирован. При этом достигается значительный экономический эффект данной технологии, который выражается в существенной экономии затрат в литейном производстве за счет снижения расхода энергоносителей, брака форм и стержней, повышения производительности оборудования.

2.3 Выбор положения отливки в форме

Конструирование литейной формы начинается с выбора положения отливки в форме при заливке и с определения плоскости разъема формы. Оно включает в себя также обоснование конструкции и размеров всех элементов формы,

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		15

рассмотрение вопросов конструирования литейной оснастки (моделей, стержневых ящиков, опок и др.), которые решаются после выбора технологии изготовления форм и стержней.

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

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:

- направленное затвердевание и питание всех элементов отливки;
- наиболее простое оформление литниковой системы (система обеспечивает подвод сплава к полости формы по кратчайшему пути);
- верхний отвод газов из стержней (через верхние знаковые части);
- получение формы с минимальным количеством стержней;
- надежное крепление стержней.

2.4 Определение поверхности разъема формы

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

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

- минимальное количество разъемов, обеспечивающих удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- свободное извлечение модели из формы;
- простая конструкция модели без отъемных частей;

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

- поверхность разъема является плоскостью;
- фиксирование стержней в нижней полуформе.

Выбранное положение отливки в форме и поверхность разъема показаны на чертеже «Отливка с элементами литейной формы»

2.5 Определение припусков на механическую обработку

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

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

Точность отливки 8 – 10 – 6 – 7 по ГОСТ Р53464-2009.

8 – класс размерной точности;

7 – класс точности массы.

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

Припуски на механическую обработку представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Припуски на механическую обработку

Параметр	Размер					
	20	35	50	ø20	ø40	ø60
Номинальный размер, мм	20	35	50	ø20	ø40	ø60
Допуск на размер, мм	1,00	1,10	1,20	1,00	1,10	1,20
Класс размерной точности	8	8	8	8	8	8
Шероховатость (Rz)	Rz20	Rz20	Rz20	Ra6,3	Ra6,3	Ra6,3
Припуск на сторону	2	2	2	2	2	2

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы и отливки.

2.6 Определение формовочных уклонов

Для легкого извлечения модели из формы, на ее рабочей поверхности задаются формовочные уклоны.

Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92.

Формовочные уклоны для данной назначаются в сторону увеличения и составляют $0^{\circ}35'$ [3].

Основным показателем использования металла является КИМ (коэффициент использования металла)

Определим коэффициент использования металла по формуле:

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

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

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

$$\text{КИМ} = \frac{2,06}{2,46} = 0,84.$$

На рисунке 2.3 представлена 3D модель отливки «Рычаг двухплечий».

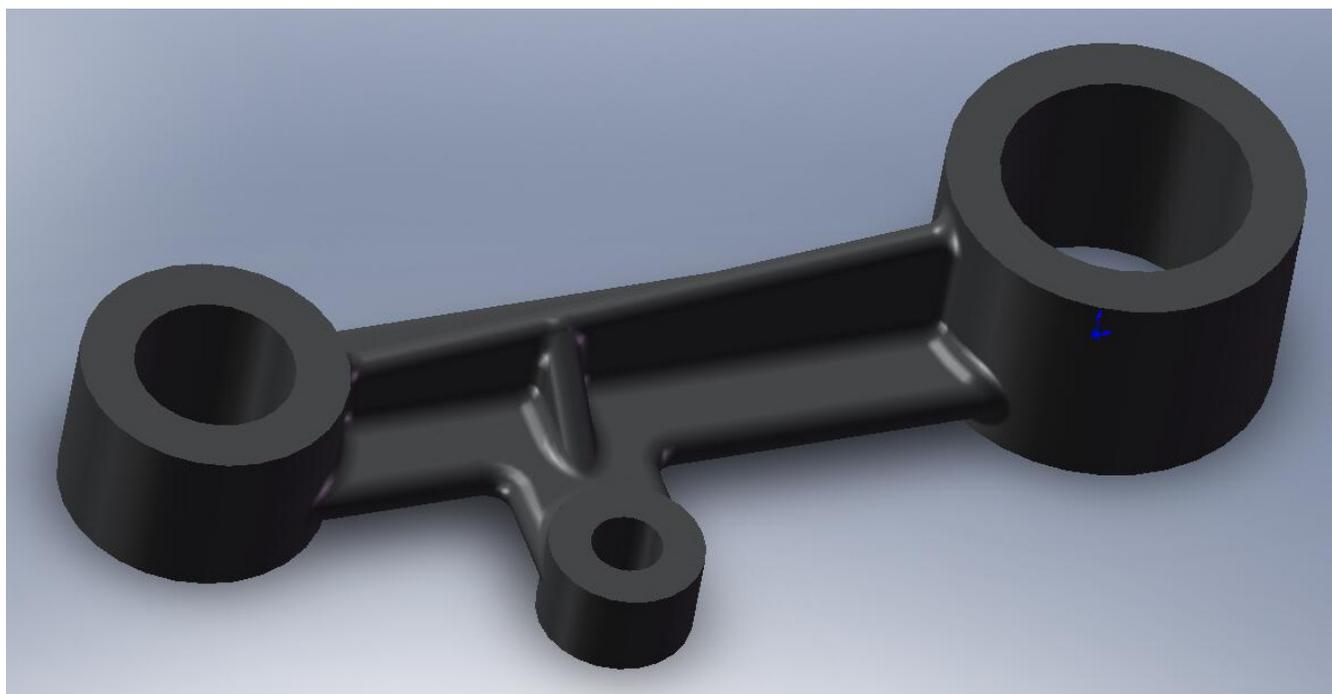


Рисунок 2.3 – 3D модель отливки «Рычаг двухплечий»

2.7 Определение литейной усадки

Процесс формирования структуры в реальных отливках зависит от многих факторов, которые определяются свойствами каждого конкретного сплава, формы и конструкции отливки. На затвердевание влияют теплофизические свойства сплава и формы, температура заливки сплава и формы перед заливкой, металлоемкость формы и средняя толщина стенки отливки и другие факторы.

Под усадочными процессами понимают совокупность явлений сокращения размеров и объема металла, залитого в форму, при его затвердевании и охлаждении.

Усадочные процессы в отливках вызваны изменением объема жидкого, затвердевающего и твердого металла, обуславливающим образование усадочных пустот, изменение наружных размеров, развитие деформаций и остаточных напряжений, появление трещин.

Литейная усадка для данной отливки составляет 2 %.

2.8 Определение количества и конструкции стержней

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

Конструкции стержней определяются чертежом отливки, конструкция и размеры знаков стержней, величины зазоров между знаками форм и стержней, конструктивное оформление и размеры фиксаторов на знаках выполняются в соответствии с ГОСТ 3212-92. Для изготовления данной отливки необходимы три центральных стержня четвертого класса точности.

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

Стержень №1 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 51xø35 мм.

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=0,5$ мм для нижней полуформы. Высота нижнего знака составляет 15 мм, высота верхнего знака 10 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №1 представлен на рисунке 2.4.

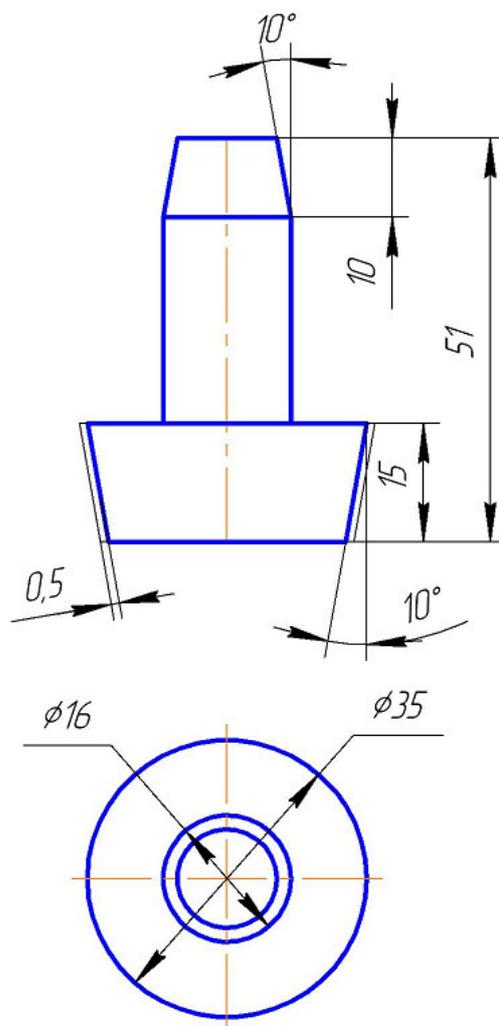


Рисунок 2.4 – Эскиз стержня №1

Стержень №2 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 81xø60 мм.

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=0,5$ мм для нижней полуформы. Высота нижнего знака составляет 25 мм, высота верхнего знака 15 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №2 представлен на рисунке 2.5.

Стержень №3 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 96xø80 мм.

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=0,5$ мм для нижней полуформы. Высота нижнего знака составляет 25 мм, высота верхнего знака 15 мм, уклон на знаке стержня 10° . Эскиз стержня №2 представлен на рисунке 2.6.

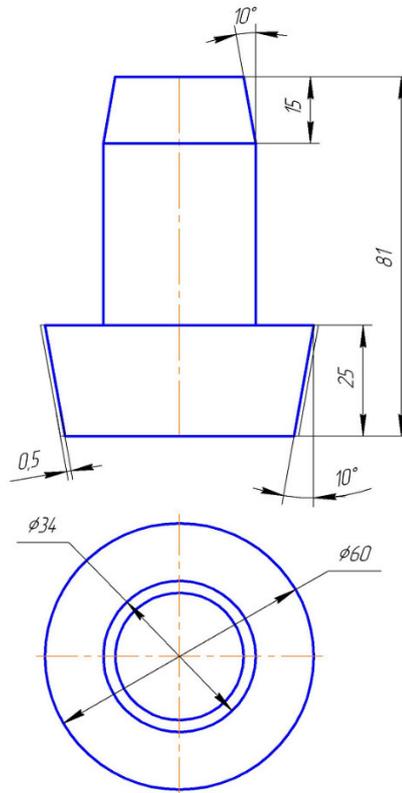


Рисунок 2.5 – Эскиз стержня №2

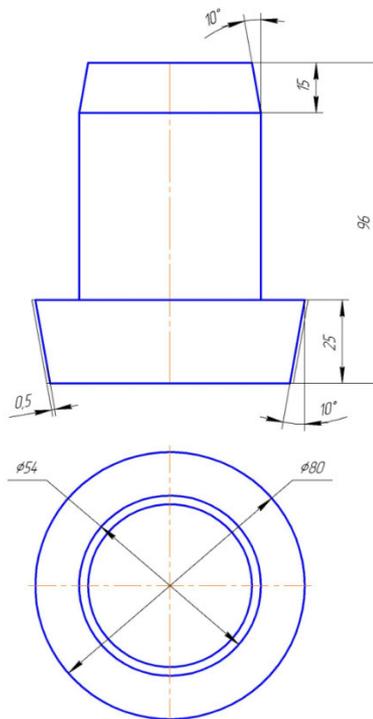


Рисунок 2.6 – Эскиз стержня №3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

21

2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей

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

Для данной отливки принимаем закрытые прибыли полусферической формы прямого действия. Выбранная геометрия и тип прибылей является наиболее экономичной.

Определим объем прибыли по формуле [4]:

$$V_{\pi} = \beta E_v V_0 / (1 - \beta E_v), \quad (2.2)$$

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

E_v – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины, при изготовлении отливок из стали, $E_v = 0,045$;

V_0 – объем питаемого узла, м^3 ;

Объем прибыли №1 определим по формуле 2.2:

$$V_{\pi} = 0,045 \times 10 \times 0,000143 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,000117 \text{ м}^3.$$

Так как прибыль №1 представляет собой полусферу, ее геометрические размеры найдем из формулы:

$$V_c = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (2.3)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 V_c}{2 \pi}} \quad (2.4)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,000117}{2 \cdot 3,14}} = 38 \text{ мм.}$$

Эскиз прибыли №1 представлен на рисунке 2.7.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		22

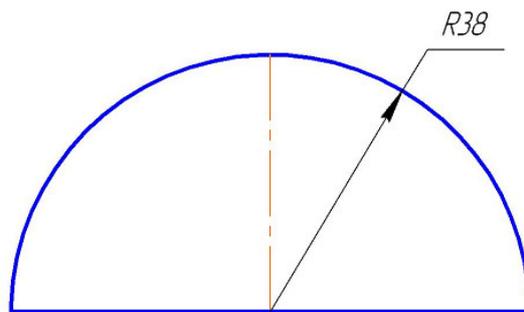


Рисунок 2.7 – Эскиз прибыли №1

Объем прибыли №2 определим по формуле 2.2:

$$V_{\text{п}} = 0,045 \times 10 \times 0,000074 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,000061 \text{ м}^3$$

Так как прибыль №2 представляет собой полусферу, ее геометрические размеры найдем из формулы (2.4):

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,000061}{2 \cdot 3,14}} = 30 \text{ мм.}$$

Эскиз прибыли №2 представлен на рисунке 2.8.

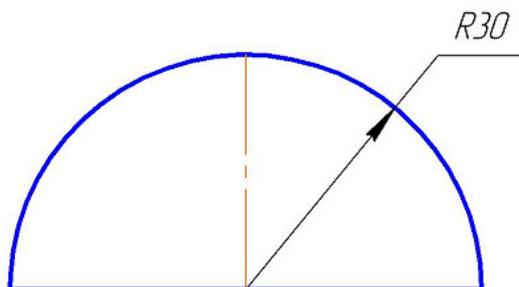


Рисунок 2.8 – Эскиз прибыли №2

Объем прибыли №3 определим по формуле 2.2:

$$V_{\text{п}} = 0,045 \times 10 \times 0,000021 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,000017 \text{ м}^3$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,000017}{2 \cdot 3,14}} = 17 \text{ мм.}$$

Эскиз прибыли №3 представлен на рисунке 2.9.

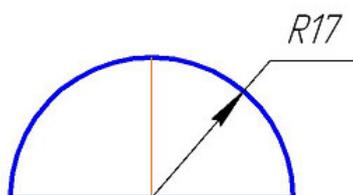


Рисунок 2.9 – Эскиз прибыли №3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

23

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле:

$$\text{ТВГ} = \frac{V_o}{(1 - \varepsilon_v)(V_o + V_{\text{п}})} \cdot 100, \quad (2.5)$$

где V_o – объем отливки, м³;

$V_{\text{п}}$ – объем прибыли, м³.

$$\text{ТВГ} = \frac{0,000321}{(1 - 0,045)(0,000321 + 0,000195)} \cdot 100 = 65,1\%.$$

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье стали в песчаные формы эта величина составляет 57...80 %.

2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Литниковая система состоит из литниковой воронки, стояка, шлакоуловителя и питателей. Питатели непосредственно примыкают к полости формы, они выполнены так, чтобы литниковую систему можно было легче отделить, не повредив отливку. Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша.

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле:

$$\tau_{\text{опт}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (2.6)$$

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

S – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от и ряда других факторов;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

Расчет массы жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями [4]:

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{лс}}, \quad (7)$$

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

$G_{\text{приб}}$ – масса прибыли, кг;

$G_{\text{лс}}$ – масса литниковой системы (5-10% от массы отливки с прибылями), кг.

$$G = 2,45 + 1,45 + 0,35 = 4,25$$

Подставляя в формулу (2.6) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=10$ мм, $G=4,25$ кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 4,25} = 4,9.$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке [4]:

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.8)$$

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

C – высота отливки по положению в форме, мм;

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

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

Подставляя в формулу (2.8) значения высоты отливки $C=94$ мм, $\tau_{\text{опт}}=4,9$ с, получим:

$$V_{\text{ср}} = 94/4,9 = 19,23.$$

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

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле [4]:

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (2.9)$$

где $F_{\text{уз}}$ – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, м²;

G – 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, кг/м³;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле [4]:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (2.10)$$

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

P – высота отливки над питателем, мм.

C – высота отливки по положению в форме, мм;

$$H_{\text{ср}} = 150 - 52^2/2 \times 94 = 135,6 \text{ мм} = 0,136 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (2.9) значения $G=4,25$ кг; $\mu_{\text{ф}}=0,41$; $\tau_{\text{опт}}=4,9$ с; $\rho=7800$ кг/м³; $g=9,81$ м/с²; $H_{\text{ср}}=0,136$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{\text{уз}} = \frac{4,25}{0,41 \cdot 7800 \cdot 4,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,136}} = 0,00016 \text{ м}^2 = 1,6 \text{ см}^2.$$

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

$$F_{\text{уз}} = \Sigma F_{\text{п.}}$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{\text{опт}}$ [4]:

$$\Sigma F_{\text{п.}} : \Sigma F_{\text{шл.}} : \Sigma F_{\text{ст.}} = 1:1,1:1,2, \quad (2.11)$$

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 к отливке будем подводить через один стояк и один шлакоуловитель.

$$\Sigma F_{\text{шл.}} = 2 \times F_{\text{шл.}} = 1,1 \times F_{\text{п.}} \times 4 = 1,1 \times 1,6 \times 4 = 3,6 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{\text{ст.}} = F_{\text{ст.}} = 1,2 \times F_{\text{п.}} \times 4 = 1,2 \times 1,6 \times 4 = 7,8 \text{ см}^2;$$

Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_b=80$ мм).

Так как сечения питателей и шлакоуловителей имеют форму трапеции, то размеры определяются из формулы:

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{2}(a + b) \times c, \quad (2.12)$$

где a – нижнее основание трапеции, мм;

b – верхнее основание трапеции, мм;

c – высота трапеции, мм;

Так как сечение стояка имеет форму круга, то размеры определяются из формулы:

$$F_{\text{ст}} = \pi R^2, \quad (2.13)$$

где R – радиус стояка, мм.

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунке 2.10.

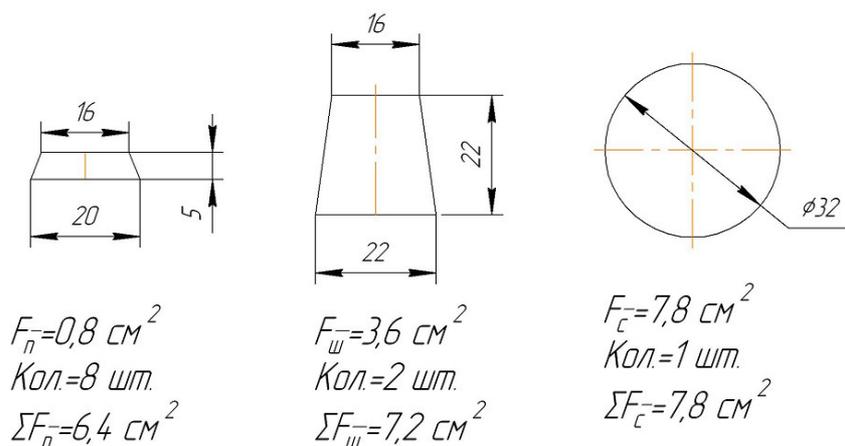


Рисунок 2.10 – Эскиз сечений литниковой системы

2.11 Определение габаритов опок

Габариты опоки определяются габаритами формуемых отливок, числом отливок в форме, расположением и размерами прибылей и литниковой системы, размерами стержневых знаков.

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличения затрат труда на уплотнение

формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.п.

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 4 отливки в форме. После выбора опок в свету подбирают размер по высоте. Желательно применять верхнюю и нижнюю опоки равными по высоте. Высота опок определяется высотой отливки, выбором места разъема, наличием прибылей и литейной воронки.

Рекомендуемые толщины формовочной смеси на различных участках формы приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Рекомендуемые толщины формовочной смеси на различных участках формы

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки	от модели до стенки опоки	между моделями	между моделью и шлакоуловителем
До 5	40	50	20	30	30

Окончательно получаем размеры опок: 700x400x150/150 мм.

2.12 Выбор модельного комплекта

Литейная оснастка должна обеспечивать получение отливок с требуемой точностью и шероховатостью поверхности. Литейная оснастка по своей роли в процессе изготовления отливок подразделяется на формообразующую и универсальную. Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект, в который входят модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы.

Модель – это приспособление для получения внутренних рабочих поверхностей в литейных песчаных формах. Стержневой ящик – это

приспособление для получения стержней из песчаных смесей. К универсальной оснастке относятся опоки, подопочные и подмодельные плиты.

Для обеспечения бесперебойной работы цеха необходимо иметь запасной модельный комплект, на случай ремонта основного комплекта.

По прочности модельные комплекты подразделяются на три класса, от прочности зависит количество съёмов литейных форм

Для массового изготовления данной отливки применяется металлический модельный комплект первого класса точности и третьего класса прочности, запасной комплект допускается изготовить по второму классу точности и второму классу прочности [5].

Состав модельного комплекта, применяемые материалы и количество приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Состав модельного комплекта

Название	Материал	Количество, шт
Модель верха	АК7	8
Модель низа	АК7	8
Ящик стержневой	АК7	2
Модель питателя	АК7	8
Модель шлакоуловителя	АК7	4
Модель стояка	АК7	2

2.13 Выбор состава формовочных смесей

Для производства данной отливки применяется одноразовая песчаная форма и стержни на основе ХТС (Alpha-set процесс).

В производстве отливок использование холоднотвердеющих смесей позволяет резко сократить технологический цикл за счет объемной или поверхностной сушки форм, повысить производительность труда, снизить стоимость оборудования путем замены комбинированных способов уплотнения (встряхивания или вибрации с прессованием) виброуплотнением. Изготовление форм из ХТС упрощает применение современных методов управления процессом

формирования свойств отливок, которые при использовании обычных формовочных смесей вызывают большие затруднения.

Связующая система Alfa-set состоит из двух компонентов водорастворимого щелочного фенолформальдегидного олигомера и отвердителя - композиции на основе сложного эфира. Применяют отвердители нескольких типов, каждый из которых дает различное соотношение параметров «живучесть/время до извлечения» [6].

Выбор отвердителя зависит от характеристик песка и типа основного связующего. Обычно живучесть составляет 20...30 % от времени извлечения.

Состав формовочной смеси, %:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 20;
- горелая смесь 80;
- смола (сверх 100 %) 0,9...1,5;
- отвердитель ACE-1075(сверх 100 %) 0,18...0,35.

Свойства формовочной смеси:

- прочность на сжатие (через 1 час), МПа 1,0;
- прочность на сжатие (через 3 часа), МПа 1,6;
- прочность на сжатие (через 24 часа), МПа 3,0;
- осыпаемость, % 0,13;
- влажность, % 3;
- газотворность, см³/г до 14;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20...30;
- живучесть, мин 25.

2.14 Выбор состава стержневых смесей

Основные преимущества стержневой смеси, изготовленной Alfa-set процессом:

- слабый запах при смесеприготовлении;
- малая токсичность на всех стадиях техпроцесса;

- достаточная прочность стержней и форм;
- возможность применения песков различной химической природы;
- весьма низкая прилипаемость к оснастке;
- возможность очистки оснастки и смесителя водой.

Состав стержневой смеси, %:

- | | |
|--|-------------|
| • кварцевый песок 2К ₂ О ₂ 02 ГОСТ 2138-91 | 100; |
| • смола (сверх 100 %) | 1,1...1,6; |
| • отвердитель ACE-1075 (сверх 100 %) | 0,22...0,4. |

Свойства стержневой смеси:

- | | |
|--|--------|
| • прочность на разрыв (через 1 час), МПа | 1,6; |
| • прочность на разрыв (через 3 часа), МПа | 2,4; |
| • прочность на разрыв (через 24 часа), МПа | 3,8; |
| • осыпаемость, % | 0,13; |
| • влажность, % | 3; |
| • живучесть, мин | 25. |
| • газотворность, см ³ /г | до 14. |

2.15 Выбор состава противопригарных красок

Для борьбы с пригаром при литье в песчаные формы наносят на поверхность формы противопригарное покрытие. Противопригарные краски представляют собой суспензии, состоящие из порошкообразного огнеупорного наполнителя, связующего и стабилизатора, распределенных в дисперсной среде – воде или органической жидкости. Краска должна обладать высокой огнеупорностью, химической нейтральностью по отношению к расплаву и его оксидам, высокой прочностью сцепления с поверхностью формы. Необходимо, чтобы слой краски после высыхания был негигроскопичным, негазотворным, сохранял прочность до образования в отливке достаточно жесткой твердой корки.

Стержни и формы, изготовленные по Alfa-set процессу можно окрашивать водными и спиртовыми противопригарными красками.

Для производства данной отливки применяется самовысыхающие противопригарное покрытие имеет следующего состава:

- цирконовый концентрат , % 58;
- поливинилбутираль, % 1,5;
- спирт этиловый, % 40,5.

2.16 Технология плавки сплава

Для изготовления отливок используют сталь 35Л ГОСТ 977-88.

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 жидкой стали применяется электро-дуговая печь.

К преимуществам этой печи можно отнести простоту ее конструкции, надежность в эксплуатации, быстроту выполнения ремонтных работ, минимальный угар элементов в процессе плавки, обеспечение получения качественного жидкого металла, высоких температур перегрева и высоких механических свойств отливки, возможность использования в шихте стального лома. Газоочистка уменьшит загрязнение окружающей среды как тепловыми, так и пылегазовыми выделениями, они имеют достаточно высокий КПД, особенно при перегреве и доводке стали.

Технология выплавки стали в электродуговой печи достаточно проста, и сводится к:

- анализ шихты в лаборатории;
- дроблению шихты;
- нормированию компонентов шихты;
- загрузки шихты в печь с добавлением плавикового шпата;
- расплавлению шихты;

- доводке расплава;
- термовременной выдержке металла;
- последующего выпуска металла из печи.

Интенсификация плавки стали в электродуговых печах связана с предварительным подогревом металлошихты за счет тепловых потоков, идущих от свода и, следовательно, к сокращению длительности плавки и обезвоживанию шихты.

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

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

Температура расплава при выпуске из печи – 1630...1610 °С. Температура заливки форм – 1590...1580 °С.

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

2.17 Разработка технологии сборки и заливки форм

Формы изготавливают по технологии безопочной формовки из холоднотвердеющих смесей. В этом случае процесс уплотнения и отверждения полуформ идет в жестко закрепленной на подмодельной плите деревянной раме, полуформа отделяется от подмодельной плиты в поворотно-вытяжном устройстве. Далее затвердевшая полуформа идет по конвейеру без деревянной опоки.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		33

Безопасное формовочное оборудование фирмы IMF сконструировано для форм размером до 1800x3400x 680/680 мм. В зависимости от размеров формы, а также от типов используемого технологического оборудования, производительность машин составляет от 8 до 30 безопасных форм в час.

Участок, на котором происходит смена моделей и подготовка деревянных ящиков к формовке, подключен к автоматическому складу моделей, управляемому при помощи ПК. Операция по смене модели происходит в течение одного тактового цикла.

Производительность шнековых смесителей, применяемых для заполнения формы, составляет, как правило, от 6 до 60 тонн/час. Они снабжены двумя рукавами, которые приводятся в движение при помощи серводвигателей.

После заполнения формы смесью происходит уплотнение смеси благодаря срабатыванию вибрационного стола, располагающегося под роликовым транспортером. Удаление излишков смеси происходит автоматически при помощи специального устройства.

Зона отверждения формовочной смеси состоит из нескольких участков роликового транспортера, приводящихся в действие по отдельности и варьирующихся в зависимости от производительности и применяемых процессов. Благодаря наличию ускорителей и замедлителей, установленных на каждом участке роликового транспортера, транспортировка происходит мягко и без тряски.

Опрокидыватель поворачивается на 180° и при помощи вибрации полуформа оказывается на ленте транспортера. Эта операция осуществляется автоматически. После этого форма направляется на участок окрашивания антипригарной краской, а модельное устройство – возвращается на участок заполнения либо в зону смены модели.

Процесс окраски осуществляется путем применения манипуляторов.

Сушка форм осуществляется, как правило, в туннеле с теплым воздухом.

Участок установки стержней в форму сконструирован таким образом, что к форме обеспечивается открытый доступ.

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

Формы с уже проставленными стержнями закрываются при помощи полностью автоматизированных устройств. Оборудование самостоятельно выполняет все необходимые операции без вмешательства оператора независимо от типа формы.

Установленные на разливочной платформе закрытые формы транспортируются при помощи специальных транспортных устройств в зону заливки их металлом.

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

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

Длительная выдержка в форме с целью охлаждения до низкой температуры нецелесообразна с экономической точки зрения, так как удлиняет технологический цикл изготовления отливки. Поэтому выбивку стремятся производить при максимально допустимой высокой температуре. Она зависит от природы сплава, а также от конструкции отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500...700 °С.

После охлаждения формы с отливками попадают на вибрационную установку, оснащенную выбивной решеткой или проходным охладительным барабаном. Песок направляется на участок регенерации, а затем используется повторно.

2.18 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок

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

Для удаления литников и прибылей применяют гидравлический пресс. Для удаления остатков питателей, прибылей, заливок, заусенцев, перекосов и неровностей применяют шлифовальные абразивные круги.

Очистка поверхности металла осуществляется в дробеметном барабане.

Далее для улучшения структуры, изменению твердости, прочности и пластичности, отливка подвергается термической обработке.

Для снятия внутренних напряжений и измельчения структуры стальных отливок применяется нормализация при температуре 890...920 °С в течении 12 часов.

Грунтовку (окраску) отливок применяют для их предохранения от коррозии при длительном хранении или транспортировке. Окраске подвергают наружные и внутренние поверхности отливок, не подлежащие механической обработке.

Для грунтовки применяется нанесение краски в электростатическом поле. При применении этого способа существенно улучшаются условия труда, получается равномерный слой покрытия при значительной экономии краски. Процесс окраски в электростатическом поле легко поддается автоматизации. Заземленные отливки последовательно подаются в электростатическое поле, в это же пространство подается распыленная краска. Частицы краски, ионизируясь, движутся к отливке и оседают на ней. Процесс является саморегулирующимся, так как чем тоньше в каком-либо месте слой краски, тем активнее следуют к нему ионизированные частицы.

Окрашенные отливки подвергают сушке в проходных камерах при температуре около 120 °С инфракрасными лучами. При сушке инфракрасными лучами теплота к краске поступает от металла, и просушка идет от внутренних слоев, причем краска застывает не разрываясь.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		36

3 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

3.1 Производственная программа

Расчет точной производственной программы (таблица 3.1) цеха является основой для технологической части проекта. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства. В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 35Л ГОСТ 977-88.

Таблица 3.1 – Точная производственная программа

Номер отливки	Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1	Рычаг двуплечий	35Л	2,7	711111	1920,0
2	Опора	35Л	12	133333	1600,0
3	Колесо	35Л	8	120000	960,0
4	Накладка	35Л	11	130909	1440,0
5	Крышка редуктора	35Л	5	480000	2400,0
6	Зажим	35Л	9	106667	960,0
7	Головка	35Л	1	1280000	1280,0
8	Стойка	35Л	14	102857	1440,0
9	Колено	35Л	7	160000	1120,0
10	Рамка	35Л	6	266667	1600,0
11	Плита	35Л	4	320000	1280,0
	Итого			3811544	16000,0

3.2 Структура литейного цеха

Производственные и вспомогательные отделения, входящие в состав литейного цеха, обеспечивают весь технологический процесс, выполнение необходимых технологических операций. Кроме основных и вспомогательных участков в цехе необходимо предусмотреть площади для складирования

необходимых технологических материалов и инструмента. Для обеспечения работы цеха также необходимы служебные и бытовые помещения. В таблице 3.2 представлен состав проектируемого цеха [7].

Таблица 3.2 – Состав цеха

№	Отделение	Назначение
Помещения производственные		
1	Плавильное отделение	Получение жидкой стали
2	Стержневое отделение	Изготовление стержней в соответствии с производственной программой
3	Формовочно-заливочно-выбивное отделение	Изготовление полуформ, сборка форм, заливка собранных форм, выбивка отливок
4	Термообрубное отделение	Отделение литниково-питающей системы, очистка отливок, термическая обработка
Помещения вспомогательные		
5	Участок подготовки шихты	Классификация, сушка и порезка негабаритного лома
6	Участок ремонта ковшей и печей	Подготовка печей и ковшей к работе
7	Смесеприготовительное отделение	Изготовление формовочной смеси
8	Участок переработки смеси	Механическая регенерация формовочной смеси
9	Отделение энергетика	Поддержание рабочего состояния оборудования и производственных помещений
10	Отделение механика	Поддержание рабочего состояния оборудования и производственных помещений
11	Лаборатория формовочных и стержневых смесей	Анализ качества и свойств формовочных и стержневых смесей
12	Экспресс лаборатория	Анализ химического состава жидкого чугуна
13	Отдел технического контроля (ОТК)	Визуально-измерительный контроль готовой продукции
Складские помещения		
14	Склад шихтовых материалов	Организация складирования и выдачи шихтовых материалов

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

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

38

Продолжение таблицы 3.2

№	Отделение	Назначение
Складские помещения		
15	Склад формовочных материалов	Организация складирования и выдачи формовочных материалов
16	Склады модельной оснастки	Организация складирования и выдачи модельной оснастки
17	Склад стержней	Организация складирования и выдачи на сборку стеллажей со стержнями
18	Склад опок	Организация складирования и выдачи опок
19	Склад готовой продукции	Складирование и отгрузка готовой продукции
Служебные помещения		
20	Служба технолога	Разработка технологических процессов получения отливок
21	Служба конструктора	Проектирование модельно-стержневой оснастки для производства отливок
22	Бухгалтерия	Обеспечение движения денежных потоков цеха
23	Отдел кадров	Поиск, прием и увольнение персонала
24	Планово-экономический отдел	Планирование деятельности цеха, заключение договоров на поставку материалов и продажу готовой продукции
25	Диспетчерская	Организация грузопотоков и движения транспорта по территории цеха
Бытовые помещения		
26	Душевые	
27	Столовая	
28	Медицинский пункт	

3.3 Режим работы и фонды времени

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

Спроектированный цех крупносерийного производства отливок из стали работает по двухсменному режиму работы, при этом выполнение всех технологических операций идет параллельно на различных площадях.

Разработанный технологический процесс обладает высокой степенью механизации и автоматизации.

Расчет фондов времени включает три типа:

- календарный фонд времени (Φ_K);
- номинальный фонд времени (Φ_H);
- действительный фонд времени (Φ_D).

Календарный фонд времени в 2019 году составляет 8760 часов. Номинальный фонд времени для двухсменного режима работы составляет 4036 часов.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово-предупредительных ремонтов.

Потери времени устанавливается для каждого вида оборудования отдельно, чем сложнее оборудование, тем больше потери времени.

Действительный фонд времени составляет [8]:

$$\Phi_D = \frac{\Phi_H \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (3.1)$$

где Φ_H – номинальный фонд времени, ч;

α – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
Оборудование плавильного отделения	3	4036	3	3915
Оборудование формовочного отделения	3	4036	10	3632

3.4 Плавильное отделение

3.4.1 Составление ведомости расхода металла

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3.4), которая составляется на основе точной производственной программы цеха, рассчитывается масса выплавляемого металла с учётом массы литников, угара и брака.

Таблица 3.4 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Номер отливки	Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
				шт	т
1	2	3	4	5	6
1	Рычаг двуплечий	2,70	35Л	711111	1920,0
2	Опора	12,00	35Л	133333	1600,0
3	Колесо	8,00	35Л	120000	960,0
4	Накладка	11,00	35Л	130909	1440,0
5	Крышка редуктора	5,00	35Л	480000	2400,0
6	Зажим	9,00	35Л	106667	960,0
7	Головка	1,00	35Л	1280000	1280,0
8	Стойка	14,00	35Л	102857	1440,0
9	Колено	7,00	35Л	160000	1120,0
10	Рамка	6,00	35Л	266667	1600,0
11	Плита	4,00	35Л	320000	1280,0
	Итого			3811544	16000,0

Продолжение таблицы 3.4

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт	т	шт	т
1	7	8	9	10	11
Рычаг двуплечий	3	21993	59,38	733104	1979,38
Опора	3	4124	49,48	137457	1649,48
Колесо	3	3711	29,69	123711	989,69
Накладка	3	4049	44,54	134958	1484,54

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

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

41

Продолжение таблицы 3.4

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт	т	шт	т
1	7	8	9	10	11
Крышка редуктора	3	14845	74,23	494845	2474,23
Зажим	3	3299	29,69	109966	989,69
Головка	3	39588	39,59	1319588	1319,59
Стойка	3	3181	44,54	106038	1484,54
Колено	3	4948	34,64	164948	1154,64
Рамка	3	8247	49,48	274914	1649,48
Плита	3	9897	39,59	329897	1319,59
		117883	494,85	3929427	16494,85

Продолжение таблицы 3.4

Наименование отливки	Масса на одну отливку, кг		Расход металла в год, т	
	литников и прибылей	отливка с литниками и прибылями	на литники и прибыли	всего
Рычаг двуплечий	1,35	4,05	960,00	2939,38
Опора	6,00	18,00	800,00	2449,48
Колесо	4,00	12,00	480,00	1469,69
Накладка	5,50	16,50	720,00	2204,54
Крышка редуктора	2,50	7,50	1200,00	3674,23
Зажим	4,50	13,50	480,00	1469,69
Головка	0,50	1,50	640,00	1959,59
Стойка	7,00	21,00	720,00	2204,54
Колено	3,50	10,50	560,00	1714,64
Рамка	3,00	9,00	800,00	2449,48
Плита	2,00	6,00	640,00	1959,59
			8000,00	24494,85

3.4.2 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 35Л ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Химический состав стали 35Л ГОСТ 977-88

Обозначение по ГОСТ 1412-85	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %	
	С		Si		Mn		S	P
Сталь 35Л	min	max	min	max	min	max		
	0,320	0,400	0,200	0,520	0,450	0,900	0,045	0,040

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 3.6).

Металлозавалка рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3.2)$$

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

Г – масса годных отливок, т.;

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

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$M = \frac{16000 + 8000 + 494,85}{100 - 0,5 - 0,5 - 3} \cdot 100 = 25515,46 \text{ т.}$$

Таблица 3.6 – Баланс металла

Наименование статей	35Л	
	%	т
1. Годные отливки	62,71	16000,00
2. Брак отливок	31,35	8000,00
3. Литники и прибыли	1,94	494,85
4. Технические пробы	0,50	127,58
5. Сливы и сплески	0,50	127,58
Итого жидкого металла	97,00	24750,00
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	765,46
Металлозавалка	100,00	25515,46

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

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

43

3.4.3 Выбор 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 жидкой стали применяется электро-дуговая печь.

Анализ номенклатуры производимых отливок позволяет установить требования по качеству к выплавляемому сплаву, что определит тип плавильного агрегата для обеспечения металла требуемого качества, который должен быть выбран с учетом экологичности и экономической выгоды.

После выбора типа агрегата необходимо установить его вместимость.

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [8]:

$$G = \frac{V_{\Gamma} K_{\text{н}} \tau}{\Phi_{\text{д}}}, \quad (3.3)$$

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

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности потребления и производства;

τ – длительность разливки одной плавки, ч

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{24750 \cdot 1,05 \cdot 0,35}{3915} = 2,4 \text{ т}$$

Из стандартного ряда печей типа ДСП выбираем печь НХ-3 фирмы Asian Industrial Technology.

Техническая характеристика НХ-3:

- мощность по трансформатору, кВА; 3150;
- производительность, т/ч; 1,8;
- номинальная емкость, т; 3;

- температура перегрева металла, °С; 1650;
- внутренний диаметр кожуха печи, мм $\varnothing 3220$;
- диаметр электрода, мм $\varnothing 300$;
- вес печи, т 5;
- расход воды, т/ч 32.

К преимуществам этой печи можно отнести простоту ее конструкции, надежность в эксплуатации, быстроту выполнения ремонтных работ, минимальный угар элементов в процессе плавки, обеспечение получения качественного жидкого металла, высоких температур перегрева и высоких механических свойств отливки, возможность использования в шихте стального лома. Газоочистка уменьшит загрязнение окружающей среды как тепловыми, так и пылегазовыми выделениями, они имеют достаточно высокий КПД, особенно при перегреве и доводке стали.

Технология выплавки стали в электродуговой печи достаточно проста (кислый процесс), и сводится к:

- анализу шихты в лаборатории;
- дроблению шихты;
- нормированию компонентов шихты;
- загрузке шихты в печь с добавлением плавикового шпата;
- расплавлению шихты;
- доводке расплава;
- термовременной выдержке металла;
- последующего выпуска металла из печи.

Интенсификация плавки стали в электродуговых печах связана с предварительным подогревом металлошихты за счет тепловых потоков, идущих от свода и, следовательно, к сокращению длительности плавки и обезвоживанию шихты.

3.4.4 Ведомость расхода шихтовых материалов

Для расчета шихты используется симплекс-метод оптимизации стоимости шихтовых материалов. Он основан на принципе минимизации стоимости шихтовых материалов, расходуемых на одну тонну жидкого металла. Ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Возврат	33,29	8494,85
Лом стальной А1 ГОСТ 2787-86	62,86	16038,77
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	3,60	918,05
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	0,05	13,52
Ферромарганец ФМн75 ГОСТ 4755-91	0,20	50,27
Итого	100,00	25515,45
Шлакообразующие	3,00	765,46
Раскислители	2,50	637,89
Всего	105,50	26918,80

3.4.5 Расчет оборудования плавильного отделения

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле [8]:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{Н}}}{\Phi_{\text{Д}}' \cdot N_{\text{расч}}'}, \quad (3.4)$$

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

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

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

$K_{\text{Н}}$ – коэффициент неравномерности потребления и производства. В условиях массового и крупносерийного производства $K_{\text{Н}} = 1,0 \dots 1,3$.

$$P_1' = \frac{25515,45 \cdot 1,1}{3915 \cdot 1,8} = 4,21.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [8]:

$$P'_2 = \frac{P_1}{K_3}, \quad (3.5)$$

где K_3 – коэффициент загрузки ($K_3=0,7\dots0,95$).

$$P'_2 = \frac{4,21}{0,8} = 5,06.$$

Принимаем $P'_2=6$. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [8]:

$$K_{3Ф} = \frac{P_1}{P'_2}, \quad (3.6)$$

$$K_{3Ф} = \frac{4,21}{6} = 0,7.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе шесть печей НХ-3 фирмы Asian Industrial Technology.

3.4.6 Расчет потребности ковшей

При расчете количества ковшей учитываются:

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

Учитывая емкость печи (3 тонны), условия плавки, среднюю металлоемкость формы (115 кг), выбираем разливочный ковш емкостью 1 тонна и раздаточный, емкостью 3 тонны.

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

Расчет раздаточных ковшей проводится по формуле [8]:

$$n = \frac{V_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q}, \quad (3.7)$$

где V_r – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч; $t = 0,33$;

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{24750 \cdot 0,33}{3915 \cdot 3} = 0,69.$$

Количество раздаточных ковшей в работе – 1 шт.

Число ковшей, находящихся в ремонте:

$$n_{кр} = \frac{n \cdot \tau_p \cdot n_p \cdot K_H}{\Phi_d}, \quad (3.8)$$

где $n_{кр}$ – 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.

$$n_{кр} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{3915} = 1,2.$$

Количество раздаточных ковшей в ремонте – 2 шт.

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 3 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество раздаточных ковшей в проектируемом цехе 5 шт.

Расчет разливочных ковшей проводится по формуле (3.7):

$$n = \frac{24750 \cdot 0,15}{3915 \cdot 1} = 0,94.$$

Количество разливочных ковшей в работе – 1 шт.

Общее количество ковшей, находящихся в ремонте (8):

$$n_{\text{кр}} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{3915} = 1,1.$$

Количество разливочных ковшей в ремонте – 2 шт.

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 3 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 5 шт.

3.5 Формовочно-заливочно-выбивное отделение

В формовочном отделении выполняются следующие основные технологические операции:

- формовка;
- сборка форм;
- заливка форм;
- охлаждение форм после заливки;
- выбивка отливок из форм.

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в массовом производстве единственным, отвечающим современным требованиям производства способом получения мелких и средних отливок, является безопочная формовка, реализованная на формовочном оборудовании фирмы IMF.

Формовочное отделение разбито на участки: формовки, заливки форм, охлаждения форм и выбивки.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49

3.5.1 Технология изготовления форм

Система – ALPHA-SET - связующая смола холодного отверждения, использующая технологию, разработанную и запатентованную компанией Borden Chemical.

В середине 70-х гг. компанией Borden Inc. была начата разработка органической системы связующих, которая позволила:

- улучшить экологическую обстановку литейного цеха (внутреннюю/внешнюю);
- добиться превосходных характеристик литья, как при использовании «силикатных» связующих;
- использовать преимущества существующих «органических» связующих.

Разработанные системы холодного отверждения обеспечивают ряд преимуществ при производстве литейных форм и стержней:

- низкий уровень запаха при изготовлении смеси;
- возможность применения различных видов песка;
- низкий уровень химической токсичности;
- лёгкость извлечения из формы;
- возможность очистки оснастки водой (в неотверждённом состоянии);
- равномерное застывание смеси по всему объёму.

Прочность литейной формы и однородность уплотнения обеспечивают возможность более точной отливки изделий согласно расчётным размерам. Однако эта жёсткость требует, чтобы при изготовлении образцов моделей особо задавались формовочные уклоны, т.к. эти уклоны должны учитывать относительно негибкое состояние формы при протяжке модели. Расталкивание модели не является рациональным, и по этой причине рекомендуется, как можно более широко использовать вибрационные устройства с целью облегчения отделения модели. Разделительные составы играют важную роль в уменьшении формовочных уклонов.

Для стальных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуют состав формовочной смеси:

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>50</i>

- кварцевый песок 2K₂O₂ ГОСТ 2138-91 5 %;
- регенерат 95 %;
- фенолформальдегидная смола типа ТРА-4 0,9...1,5 % сверх 100 %;
- отвердитель АСЕ (смесь эфиров) 20...25 % от смолы.

Свойства смеси представлены ниже:

- прочность при растяжении, МПа 0,4...0,5;
- осыпаемость, % <0,13;
- газотворность, см³/г до 14;
- живучесть, мин. 20...25;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20...30.

3.5.2 Выбор оборудования для участка формовки

Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленной в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Ведомость изготовления и сборки форм

Наименование отливки	Изготавливается в год отливок, шт	Внутренний размер опок, мм				Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
		L	B	HВ	НН		
1	2	3	4	5	6	7	8
Рычаг двуплечий	733104	700	400	150	150	4	183276
Опора	137457	1200	1200	200	200	8	17182
Колесо	123711	800	800	200	200	8	15464
Накладка	134958	1200	1000	200	200	10	13496
Крышка редуктора	494845	700	400	200	200	8	61856
Зажим	109966	1000	1000	200	200	8	13746
Головка	1319588	700	400	200	200	14	94256

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

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

51

Продолжение таблицы 3.8

Наименование отливки	Изготавливается в год отливок, шт	Внутренний размер опок, мм				Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
		L	B	HВ	НН		
1	2	3	4	5	6	7	8
Стойка	106038	600	600	250	250	12	8837
Колено	164948	1000	1000	200	200	12	13746
Рамка	274914	1000	800	200	200	12	22910
Плита	329897	1000	800	200	200	12	27491
Итого							472259

Продолжение таблицы 3.8

Наименование отливки	Объем для одной формы, м ³				Объем формовочной смеси на годовую программу, м ³
	формы	залитого металла	стержней	уплотненной смеси	
1	9	10	11	12	13
Рычаг двуплечий	0,1680	0,0023	0,0058	0,1600	29324,17
Опора	1,1520	0,0200	0,0052	1,1268	19360,40
Колесо	0,5120	0,0133	0,0169	0,4818	7450,39
Накладка	0,9600	0,0229	0,0006	0,9365	12639,08
Крышка редуктора	0,2240	0,0083	0,0023	0,2134	13197,16
Зажим	0,8000	0,0150	0,0138	0,7713	10601,37
Головка	0,2240	0,0029	0,0191	0,2020	19035,84
Стойка	0,3600	0,0350	0,0000	0,3250	2871,87
Колено	0,8000	0,0175	0,0000	0,7825	10756,01
Рамка	0,6400	0,0150	0,0003	0,6248	14312,71
Плита	0,6400	0,0100	0,0488	0,5812	15979,04
		0,1623			155528,05

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

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики [9]:

- размеры опок в свету – до 1800×1800×600мм;
- цикловая производительность – 70...80 форм/час;
- количество формовочных автоматов – 2;
- грузоподъемность стола – 6000 кг;
- установленная мощность – 400 кВт;
- габаритные размеры линии – 64,8×17,1 м;
- масса линии – 480 т.

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

Формовочная автоматическая линия Fast-loop фирмы IMF предназначена для изготовления отливок из стали и чугуна в одноразовых формах из холодно твердеющих смесей.

3.5.3 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно – выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [8]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_{д}}, \quad (3.9)$$

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

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

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

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

Расчетную производительность определим по формуле (3.9):

$$P_1 = \frac{472259}{0,95 \times 80 \times 3632} = 1,71.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (3.5):

$$P'_2 = \frac{1,71}{0,9} = 1,88.$$

Принимаем две формовочные линии Fast-loop фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{1,77}{2} = 0,85.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе две формовочные линии Fast-loop фирмы IMF.

3.6 Внутрицеховые лаборатории

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

3.7 Вспомогательные отделения и участки цеха

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

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

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		54

3.8 Внутрицеховой транспорт

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

Внутри цеха песок транспортируется с базисного склада пневматическим транспортом.

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

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

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		55

4 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХТС ДЛЯ СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

В настоящее время существует много способов изготовления литейных форм, но наиболее современными и популярными являются:

- вакуумно-пленочная формовка (V-процесс);
- сейатцу-процесс;
- литье по газифицируемым моделям;
- безопочная формовка, ХТС-процесс.

4.1 Вакуум-процесс (V-процесс)

Все традиционно привыкли считать автоматические формовочные линии (АФЛ) литья в разовые песчано-глинистые формы (ПГС) основным типом литейного оборудования, на котором и производится «львиная» доля всех отливок. Однако сегодня активную конкуренцию АФЛ при литье в формы из ПГС начинают составлять линии по (V-процессу).

Другие технологии формообразования существенно уступают этим двум «лидерам», как по возможности высокой автоматизации техпроцессов, так и по объемам мирового производства отливок, производительности самих линий и их активному использованию. Из раздела специальных способов литья V-процесс перешел в основные способы производства отливок в разовые песчаные формы.

Технологические операции вакуумной формовки изображены на рисунке 4.1.

Преимущества технологии изготовления форм по Вакуум-процессу:

- заполняемость формы металлом при заливке выше на 30 % чем при сырой формовке (доказано на пробах на жидкотекучесть);
- форма обеспечивает минимальную температуру заливки металла за счет высокой заполняемости и теплоемкости;
- самая низкая себестоимость отливок, на 25...30 % дешевле отливок, полученных в песчаной форме, и в разы дешевле аналогичных отливок в

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

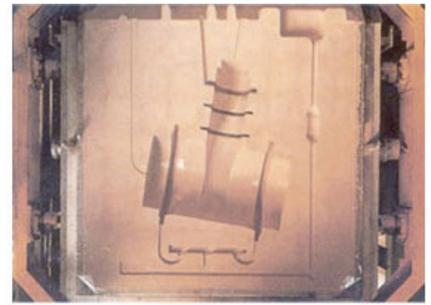
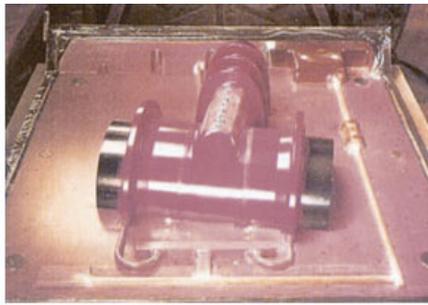
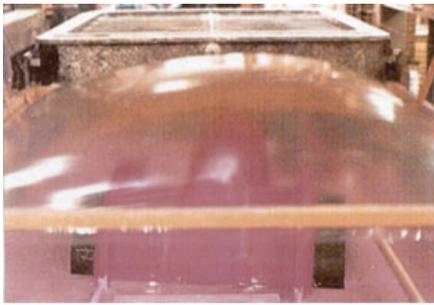


Рисунок 4.1 – Технологические операции вакуумной формовки форм из ХТС:

а – обтягивание модели пленкой; б - модель обтянутая пленкой;

в - полуформа с пленкой; г – полуформа для заливки; д – готовая отливка

- нет традиционной системы смесеприготовления, достаточно транспортных операций с сухим песком (иногда только обеспыливание и охлаждение песка);
- нет отходов и системы регенерации смеси, высокая экологичность;
- превосходное качество поверхности отливок без доводок (шероховатость ≈ 100 мкм для стали, для других отливок Rz-70 и выше);
- возможность изготовления тонкостенных стальных отливок;
- возможность обеспечения формовочного уклона до 0 град. или отрицательных уклонов с помощью съемных частей модели;
- долгий срок службы моделей, низкий износ моделей, изготовленных обычно из пластмассы или дерева, нет контакта модели с песком (только с пленкой, что исключает износ);
- минимальный расход заливаемых материалов, меньше прибыли и т.д.;
- существенное уменьшение условий для "горячих трещин";
- возможность выбивки отливок при высоких температурах;
- меньше затрат на термообработку отливок;
- нет необходимости в специальном обучении персонала.

Но при этом есть весомые отрицательные стороны данного процесса:

- высокая стоимость оборудования;
- сложное оборудование в плане ремонта и обслуживания;
- сложность освоения мелкосерийного производства при широкой номенклатуре отливок.

4.2 Сейатцу-процесс

Сейатцу – это уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием.

Преимущества способа Сейатцу:

- равномерно высокая твердость формы - предпосылка для изготовления отливок высокой размерной точности; сравнение встряхивания с подпрессовкой и Сейатцу;
- наглядно показывает более равномерную по объему твердость формы;
- меньше стержней. Во многих местах форм возможна формовка сложных контуров моделей и крайних болванов из-за равномерной твердости формы;
- уменьшение формовочного уклона, расход металла и затраты на механообработку отливок снижаются из-за уменьшения формовочных уклонов на 0,5 град. и меньше (иногда без уклонов);
- лучшее использование плоскости разъема отливками; возможно более плотное расположение моделей на подмодельной плите, т.к. допускаются меньшие расстояния между моделями и опокой - больше отливок в одной форме;
- уменьшение затрат на очистку отливок;
- поскольку воздушный поток заменяет встряхивание, уровень шума снижается и составляет < 85 дБ (А); без динамических нагрузок на фундамент;
- нет износа моделей, т.к. воздушный поток по поверхности модели создает эффект "псевдосмазки".

Недостатки Сейатцу-процесса:

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		58

- для данной АФЛ при массовом производстве требуется большое количество подмодельных плит;
- высокая стоимость оборудования;
- оборудование занимает большие цеховые площади по сравнению с конкурентами;
- большой объём применяемых вспомогательных материалов, что влечёт за собой необходимость в значительных производственных площадях и в специальном оборудовании для их переработки.

4.3 Литье по газифицируемым моделям

Технология изготовления литья по газифицируемым моделям обладает рядом существенных преимуществ перед другими способами, являющимися традиционными для литейных производств в России и за рубежом.

В частности, эта технология позволяет получать отливки весом от 10 до крупнотоннажных с чистотой поверхности Rz40, с весовой и размерной точностью до 7 класса по ГОСТ Р53464-2009.

Можно работать практически со всеми существующими марками чугунов, начиная от СЧ15 до ВЧ50 и износостойких марок, применять практически любые стали, от ординарных углеродистых (Сталь 2...45), до прецизионных высоколегированных, теплостойких и жаропрочных сплавов, работать со всеми марками литейных бронз, латуней и сплавов на основе алюминия.

Современный технологический уровень массового литейного производства предъявляет все более высокие требования к качеству отливок, их сложности, выходу годного и прочее. В этих условиях одним из перспективнейших направлений является внедрение на существующих литейных производствах технологии литья по газифицируемым моделям (ЛГМ).

Основным принципом ЛГМ является заливка расплава чугуна, стали или цветного сплава в опоку, находящуюся под пониженным давлением, внутри которой в плотной песчаной смеси расположена пенополистирольная выжигаемая модель [10].

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

Практика доказала, что применение, литья по газифицируемым моделям и оборудования для ЛГМ позволяет:

- снизить затраты на расходные материалы в 3-5 раз;
- сократить трудозатраты в 2-4 раза;
- снизить расход электроэнергии в 2-3 раза;
- в разы снизить процент брака и увеличить выход годного;
- снизить потребности в цеховых площадях;
- обеспечить максимальную безотходность;
- улучшить условия труда персонала и многое другое.

Недостатки ЛГМ:

- высокая загазованность цеха;
- выбросы высокотоксичных газов в атмосферу;
- установка дополнительных воздушных фильтров;
- расход на пенополистироловый наполнитель.

4.4 Безопочная формовка (ХТС-процесс)

Безопочная формовка отличается высокой производительностью и экономичностью. При таком способе изготовления форм достигается достаточная точность отливок, сокращаются производственные расходы на изготовление опок, сокращаются площади цеха из-за отсутствия транспортных операций по передаче опок от выбивки к машинам. Упрощаются процессы выбивки отливок из форм. Существуют два типа автоматических машин, изготавливающих формы с вертикальным и горизонтальным разъемами. В безопочных формах может быть получена широкая номенклатура отливок, начиная от ключей дверных замков до блоков цилиндров двигателей малолитражных автомобилей. Безопочная формовка заключается в том, что форма изготавливается на машине в специальных опоках, которые после установки на место заливки снимаются.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

Преимущества безопасной горизонтальной формовки:

- выдает горизонтальную форму в сборе со стержнями, готовую к заливке;
- горизонтальная форма существенно расширяет номенклатуру отливок;
- простота простановки любых стержней в горизонтальную форму;
- низкие начальные инвестиции (в одном корпусе формовочной машины совмещены функции всех узлов линии – сборка, кантование, простановка стержней и т.д.);
- пескодувное заполнение и встречное гидравлическое прессование дают возможность производить тонкостенные отливки с глубокими карманами;
- высокая производительность, идеально точная форма (никакого "расширения"), более чистые отливки;
- возможность регулировать высоту верхней и нижней полуформ (минимальный расход смеси);
- быстрая смена модельной оснастки – нет болтовых соединений, простая установка модельной плиты с ее автоматической фиксацией;
- нижняя половина формы доступна оператору во время рабочего цикла машины для быстрой, безопасной и легкой установки стержней;
- гибкость производства, возможность расширения номенклатуры.

Недостатки данного процесса по ХТС смесям:

- большой объём отходов (но с совершенствованием технологий регенерации большая часть отходов возвращается в производственный цикл);
- нерешённость вопросов экологии;
- большой объём применяемых вспомогательных материалов, что влечёт за собой необходимость в значительных производственных площадях и в специальном оборудовании для их переработки (установки регенерации смесей, места для хранения смол).

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

Сопоставив все положительные и отрицательные стороны описанных выше процессов, выбираем безопасную формовку по ХТС смесям.

4.5 Смеси холодного отверждения

Существует два основных вида ХТС: смеси отверждаемые продувкой газом и ХТС с жидким катализатором. ХТС отверждаемые продувкой газом для крупногабаритных опок не подходят. Следовательно, рассматриваем только смеси с жидким катализатором:

- холоднотвердеющие смеси с кислотно- отверждаемыми смолами;
- самотвердеющие фосфатные смеси;
- жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС);
- пластичные смеси самотвердеющие смеси (ПСС);
- цементные самотвердеющие смеси (ЦСС);
- жидкостекольные смеси холоднотвердеющие смеси с жидкими отвердителями;
- холоднотвердеющие смеси по Alpha-Set – процессу;
- холоднотвердеющие смеси по Per-Set – процессу.

Выбираем Alpha-Set – процесс в силу ряда положительных качеств таких как: высокая термостойкость (по сравнению с другими процессами ХТС), отсутствие N, S и P в своем составе, высокому качеству литья поверхностей и уровню достигаемой экологической безопасности. Также допускается смешивание смесей системы Alpha-Set с системой Beta-Set, что является положительным качеством. Процесс универсален, то есть может применяться с использованием одних и тех же связующих материалов как при производстве чугуновых, так и стальных отливок. Сравнение системы Alpha-Set с другими системами холодного отверждения представлены в таблицах 4.1 и 4.2.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

Таблица 4.1 – Сравнение системы Alpha-Set с другими системами холодного отверждения

Характеристика	Alpha-set	Отверждаемые кислотой фурановые смолы	Фенольные кислоты	Фенольно-уретановые	Алкидно-изоцианатовые	Силикатно-эфирные
Уровень запаха при смешивании	Очень низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Умеренный	Очень низкий
Извлечение из формы	Отличное	Слабое	Слабое	Умеренное	Отличное	Хорошее
Возможность очистки водой	Есть	Частичная	Частичная	Нет	Нет	Нет
Отношение живучести к времени извлечения, %	30%	40%	50+%	25%	25%	25%
Воздействие температуры песка	Умеренное	Сильное	Сильное	Умеренное	Умеренное	Умеренное
Использование различных видов песка	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Срок хранения стержня/формы	Длительный	Длительный	Длительный	Средний	Средний	Короткий
Возможность быстрого затвердевания смеси	Да	Да	Нет	Да	Нет	Нет

22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 4.1

Характеристика	Alpha-set	Отверждаемые кислотой фурановые смолы	Фенольные кислоты	Фенольно-уретановые	Алкидно-изоцианатные	Силикатно-эфирные
Возможность медленного затвердевания смеси	Да	Да	Да	Нет	Да	Да
Способность к регенерации	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая

Таблица 4.2 – Сравнение характеристик отливки при использовании Alpha-Set и других систем холодного отверждения

Характеристика	Alpha-set	Отверждаемые кислотой фурановые смолы	Фенольные кислоты	Фенольно-уретановые	Алкидно-изоцианатные	Силикатно-эфирные
Содержание азота	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет
Склонность к образованию ужимин	Низкая	Низкая	Низкая	Умеренная	Умеренная	Низкая
Содержание серы	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет	нет
Склонность к просечкам	Низкая	Высокая	Высокая	Умеренная	Низкая	Низкая
Уровень газовых дефектов при литье	Низкий	Умеренный	Умеренный	Высокий	Высокий	Низкий
Легкость выбивки	Хорошая	Умеренная	Умеренная	Умеренная	Умеренная	Слабая
Выделение блестящего графита	Низкое	Умеренное	Умеренное	Высокое	Высокое	Низкое
Уровень газовых выбросов	Низкий	Умеренный	Умеренный	Высокий	Высокий	Низкий

4.6 Свойства и необходимые количества Alpha-Set смолы и отвердителей

Смола Alpha-Set это щелочное связующее вещество на водной основе. Содержание свободных фенолов и свободных формальдегидов Alpha-set-смол концерна Borden Chemical UK очень низкое, смолы не содержат серы. За счёт низкой вязкости смолы Alpha-Set сроки её хранения с момента её производства составляют минимум 6 месяцев. Таким образом, смола Alpha-Set удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к современным литейным связующим.

Alpha-Set – отвердители представляют собой смесь эфиров, лактонов и карбонатов. Скорость затвердевания смеси регулируется составом отвердителя, а не его количеством. Примеры влияния различных Alpha-Set – отвердителей Borden Chemical UK на время живучести смеси и время извлечения из оснастки приведены в таблице 4.3:

Таблица 4.3 – Время живучести смеси и время извлечения из оснастки

Alpha-set-отвердитель (АСЕ)	1006	1010	1020	1535	1575	598
Живучесть смеси при 20 °С (мин)	~1	~2	~4	~6	~15	~40
Время извлечения из оснастки при 20 °С, через (мин)	~6	~10	~20	~35	~75	~360

На этапе приготовления формовочной смеси отвердитель добавляется всегда раньше смолы. Количество отвердителя рассчитывается от количества добавляемой смолы и должно составлять 20...22 % от количества смолы. Особо мелкозернистые и пылесодержащие пески могут потребовать до 24 % отвердителя для достижения оптимальных значений прочности. Добавляемое количество смолы при формовке составляет 1,2...1,6 % и при изготовлении стержней 1,3...1,8 % от количества песка. Соответствующие значения предела прочности на изгиб на хорошем кварцевом песке составляют 150...300 Н/см² [11].

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Безопасность труда

С развитием новых технологий большое значение уделяется охране труда, тяжелые и вредные этапы труда автоматизируются и механизуются. На всех предприятиях, в учреждениях, организациях создаются здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых – обязанность администрации. На стадии проектирования необходимо учитывать все требования по устранению и ослаблению вредных воздействий на трудящихся, предупреждению несчастных случаев и содержанию мест работы в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии. В настоящем проекте обеспечиваются основные требования охраны труда с учетом внедрения передовой технологии и улучшения технологического процесса.

Все вышеупомянутые вопросы я постарался учесть в данном дипломном проекте. Использование автоматической формовочной линии фирмы IMF, (Италия), принцип формообразования в которой прессовый ведет к резкому снижению выброса пыли, уровня вибрации, высвобождает людей от тяжелого ручного труда, снижает количество опасных физических факторов, воздействующих на лиц обслуживающих данную линию (движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования).

5.2 Производственная пыль

Производственная пыль 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.

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны регламентируется [12] ГН 2.2.5.1313-03 (таблица 5.1).

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		66

Таблица 5.1 – Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³
Кремне содержащаяся пыль:	
- кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10%,	4
- кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70%,	2
Пыль содержащая оксиды железа	4...6
Оксид углерода	20
Марганца оксиды	30
Оксид азота	2,000

В литейном цехе производятся следующие мероприятия по оздоровлению воздушной среды:

- плавильное отделение размещается с подветренной стороны здания, чтобы предотвратить попадания дымовых газов и нагретого воздуха в другие отделения цеха;
- плавильные электроды оборудованы укрытиями пыле и газовой выделения, укрытия присоединены к вытяжной вентиляционной системе, которая оборудована эффективными устройствами для очистки отходящих газов;
- предусмотрены оконные проемы и аэрационные фонари;
- в цехе предусмотрены изолированные комнаты отдыха для рабочих;
- рабочие обеспечены спецодеждой, обувью и средствами индивидуальной защиты в соответствии с нормами по ГОСТ 12.1.011-89 «средства защиты работающих».

5.3 Производственный шум

Допустимая величина шума в цехе согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий, на территориях жилой застройки» [13] – 80дБА.

Для снижения уровня шума в цехе применяются следующие мероприятия:

- применяются электродуговые печи постоянного тока;
- применяются автоматизированные линии с низким уровнем шума;

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

- системы вентиляции и местных отсосов снабжены шумопоглощающими устройствами;
- применение средств индивидуальной защиты от шума (противошумные заглушки «беруши», наушники противошумные ВЦНИИОТ-1) по ГОСТ 12.1.011-89.

5.4 Освещение

В проектируемом цехе предусматривается естественное и искусственное освещение в соответствии с СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» для создания благоприятных условий выполнения работы, прохода людей и движения транспорта, обеспечивая достаточную освещенность рабочих мест.

Естественное освещение осуществлено оконными проемами, дверными проемами и въездными воротами.

От условий освещения зависят сохранность зрения человека, состояние его нервной системы и безопасность на производстве.

По условиям гигиены труда должно быть как можно больше использовано естественное освещение. В проектируемом цехе это осуществляется через оконные проемы и световые фонари.

В местах выпуска металла из печи предусмотрено аварийное освещение с использованием люминесцентных ламп, минимальная освещенность которых 1 Омк.

В цехе предусмотрено переносное освещение, так как стационарным освещением невозможно создать нормируемый уровень освещенности.

Мостовые краны оборудованы подкрановым освещением, которое выполнено лампами накаливания.

Для общего освещения производственных помещений применяются газоразрядные источники света люминесцентные лампы типа ЛХБ.

Для местного освещения используются светильники ПВЛП. Имеющие две лампы, что даст возможность уменьшить пульсацию суммарного светового потока светильника.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>68</i>

5.5 Электробезопасность

Наличие в цехе электрического оборудования предусматривает выполнение правил электробезопасности. Защита персонала цеха от воздействия электрического тока соответствует ГОСТ 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Меры по обеспечения электробезопасности плавильщика:

- все электрошкафы и электрощитки, расположенные на плавильном участке, должны быть надежно закрыты;
- при работе с электрооборудованием не следует прикасаться к его токоведущим частям, оборудованию и металлоконструкциям, которые оказались под напряжением из-за нарушении изоляции;
- все нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при не исправной изоляции имеют защитное зануление;
- применение предупредительных плакатов на опасных местах. Например: «Стой! Опасно для жизни!», «Под напряжением!», «Не включать! Работают люди!», «Стой! Напряжение», «Не влезай! Убьет»;
- сопротивление изоляции должно составлять 1 кОм на каждый вольт напряжения установки – электропроводка идет по трубам;
- питание пультов управления оборудования допускается не выше 36В;
- при неисправности механизмов-автоматическое отключение.

5.6 Пожарная безопасность

Литейное производство отличается повышенной пожарной опасностью, которая обусловлена в большей степени применением металлических материалов в расплавленном виде.

Общие требования пожарной безопасности соответствуют ГОСТ 12.3.047-98. «Пожарная безопасность. Общие требования».

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

В цехе проводятся следующие мероприятия по пожарной профилактике:

- правильная эксплуатация оборудования и внутрицехового транспорта;
- правильное содержание зданий и территорий;
- противопожарный инструктаж;
- профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования;
- герметизация оборудования;
- использование систем вентиляции;
- правильное размещение противопожарного оборудования (ящики с песком, пожарный кран с рукавом, огнетушители типа ОП-4) и его содержание;
- в цехе предусмотрена пожарная сигнализация и водопровод;
- обеспечена безопасная эвакуация людей при пожаре.

Для вызова пожарной команды служит кнопочная электросигнализация. На видных местах вывешены планы эвакуации людей.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был спроектирован участок стального литья годовой производительностью 16000 тонн отливок в год.

Для выполнения требуемой мощности цеха было выбрано и рассчитано требуемое количество оборудования, материалов для выполнения годовой программы, дано описание технологических процессов плавильного отделения литейного цеха, выполнена планировка плавильного отделения.

В технологической части работы была разработана технология изготовления отливки «Рычаг двуплечий».

В специальной части работы был проведен сравнительный анализ ХТС для стального литья.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт «Ресурс машиностроения»; Ресурсоэффективность литейного производства в России. – <http://www.i-mash.ru>.
2. Семь основных мифов и заблуждений литейного производства – <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2132/7879>.
3. ГОСТ 3212-92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
4. Дубровин, В.К. Технологические процессы литья: учебное пособие / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 193 с.
5. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник / Б.С. Чуркин. – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
6. Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении. Сборник руководящих технических материалов по современным эффективным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении. – ИЦТМ «Металлург». Москва, 2002. – 281 с.
7. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эктова. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. — 416 с.: ил.
8. Дубровин, В.К. Технологические процессы литья: учебное пособие / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 193 с.
9. «Оборудование фирмы IMF». – <http://www.imf-moscow.ru/index.php/formovochnaya-sistema-fast-loop.html>.
10. Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси / Под ред. С.С. Жуковского, А. Н. Болдина, А. И. Яковлева, А. Н. Поддубного, В. Л. Крохоткина. Учебное пособие для вузов, - Брянск изд. БГТУ, 2002, – 470 с.
11. Сайт «Союз-Литье»; Информационный ресурс по литейному производству «Союз-литье». – www.lityo.com/материалы/модельные-составы.
12. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

					22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введен 01.03.2017. – М.: Стандартиформ, 2016. – 9 с.

13. СН 2.2.4/2.1.8 562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Введен 31.10. 96. Утверждено постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 36.

					<i>22.03.02.2019.179.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		73