

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 "Ролик" 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
И.А. Королёв
«__»_____2019г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Королев И. А. Литейные технологии производства отливки «Ролик» из стали 35Л. – Челябинск: ЮУрГУ, П-437, 2019, 71 с., 13 ил., библиогр. список – 15 наим., 3 листа чертежей ф. А1, 2 плаката.

В выпускной квалификационной работе требуется спроектировать плавильный и формовочно-заливочно-выбивной участки цеха стального литья годовой производительностью 13000 тонн отливок в год.

Для выполнения требуемой производительности цеха качественного литья, необходимо использовать современные технологии в литейном производстве. Выбрано и рассчитано количество оборудования и материалов для выполнения годовой программы. Разработана технология изготовления отливки «Ролик» из стали 35Л.

В специальной части работы проведено сравнение дуговых печей для выплавки стали.

В разделе безопасность жизнедеятельности приведены мероприятия по обеспечению безопасной работы цеха.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Королев И.А.</i>			<i>Литейные технологии производства отливки «Ролик» из стали 35Л</i>	<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>				<i>В</i>	<i>71</i>	<i>3</i>
<i>Т.конт.</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра ЛП</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский А.В.</i>						
<i>Утв.</i>		<i>Килаков Б.А.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ.....	12
2.1 Анализ технологичности изготовления отливки.....	12
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.....	17
2.7 Определение литейной усадки.....	17
2.8 Определение количества и конструкции стержней.....	18
2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей.....	20
2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы.....	23
2.11 Определение габаритов формы.....	26
2.12 Выбор модельного комплекта.....	26
2.13 Разработка технологии сборки и заливки форм.....	27
2.14 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок.....	30
2.15 Разработка системы контроля технологии качества отливок.....	30
3 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ.....	34
3.1 Производственная программа.....	34
3.2 Структура литейного цеха.....	34
3.3 Режим работы и фонды времени.....	35
3.4 Плавильный участок.....	37
3.4.1 Составление баланса металла.....	39
3.4.2 Ведомость расхода шихтовых материалов.....	40
3.4.3 Выбор и расчет оборудования плавильного участка.....	40
3.4.4 Расчет потребности в ковшах.....	42
3.5 Формовочно-заливочно-выбивной участок.....	44
3.5.1 Технология изготовления форм.....	44
3.5.2 Выбор оборудования для участка формовки.....	45
3.5.3 Определение числа автоматических линий.....	47
3.6 Внутрицеховые лаборатории.....	50
3.7 Вспомогательные участка и участки цеха.....	50
3.8 Внутрицеховой транспорт.....	51

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

4 АНАЛИЗ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ.....	52
4.1 Дуговая печь постоянного тока.....	52
4.2 Сравнение дуговых печей для выплавки стали.....	55
4.3 Технология плавки сплава.....	58
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	63
5.1 Общие положения.....	63
5.2 Освещение	65
5.3 Профилактические осмотры и ремонт агрегатов и оборудования	65
5.4 Требования к исходным материалам, заготовкам и полуфабрикатам....	66
5.5 Требования к производственным процессам.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – один из технологических процессов обработки металлов, цель которого получение изделий или заготовок. Сущность технологии литейного производства состоит в том, что вначале плавят металл и затем заливают его в заранее подготовленную форму. После затвердевания в литейной форме образуются отливки.

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 %.

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литых заготовок в машиностроительных изделиях составляет 30...90 % и имеет тенденцию к увеличению.

Литейное производство превращается в автоматизированную отрасль производства. Созданы предпосылки перехода литейного производства на качественно новый уровень, характеризующийся полной комплексной автоматизацией механизированного производства, экологической чистотой и безотходностью производства, неограниченными возможностями в получении заготовок из любых сплавов для современных машин, приборов, бытовой техники. В ближайшее время автоматизация распространится не только на производственные, но и на процессы проектирования оснастки и технологии.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 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

Мировой рынок отливок из сплавов черных и цветных металлов постоянно находится в динамике. Это обусловлено как развитием потребляющих отраслей (прежде всего, растущим выпуском продукции машиностроения), возрастающими требованиями к качеству продукции, так и постоянным развитием литейных процессов.

Растущий поток технической информации отображает разработку инженерами и учеными новых технологий и материалов. Традиционная статистика производства отливок показывает достаточно четкий тренд мировой литейной отрасли.

После глобального экономического спада в 2009 г. мировое литейное производство достаточно интенсивно наращивало выпуск литья, который в пиковый 2014 г. составил 105,2 млн. т или вырос на 30,9 %. Однако в последующие годы наблюдается определенная стабилизация производства и замедление темпов роста (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Характеристики производства отливок в мире

Одна из основных причин такого процесса, обусловлена выходом на массовый потребительский рынок электрических и иных транспортных средств с неуглеводородными типами двигателей (декарбонизация и депетролиумизация транспорта), что повлекло уменьшение доли литых деталей в автомобилях при замене двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на электромоторы.

В тоже время сравнительный анализ географии мирового производства отливок в 2012 и 2016 гг. указывает на ряд характерных тенденций. Во-первых, бесспорным лидером рынка является Китай, который укрепил свои позиции увеличением доли за отчетный период с 42,2 до 45,2 %.

На второе место переместилась Индия (10,9 %), оттеснив на третье место США (9,0 %). Следует отметить, что суммарное производство отливок первой десяткой стран в 2016 г. увеличилось на 3,4 % против уровня 2012 г. и составило 91,6 млн. т. В целом же, в 2016 г. в мире было произведено 104,4 млн. т отливок или на 3,5 % больше, чем в 2012 г. Что касается оценки итогов работы литейщиков в 2017 г., то полагаем, что мировое производство отливок составит 104...105 млн. т (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Рейтинг мировых производителей отливок в 2012 и 2016 гг.

Рейтинг 2012	Страна	2012		Рейтинг 2016	Страна	2016		2016 к 2012, %
		Производство, млн. т	Доля, %			Производство, млн. т	Доля, %	
1	Китай	42,500	42,15	1	Китай	47,200	45,22	110,1
2	США	12,825	12,72	2	Индия	11,350	10,87	121,5
3	Индия	9,344	9,27	3	США	9,395	9,00	73,3
4	Япония	5,343	5,30	4	Япония	5,203	4,99	97,4
5	Германия	5,214	5,17	5	Германия	5,168	4,95	99,1
6	Россия	4,300	4,26	6	Россия	3,900	3,74	90,7
7	Бразилия	2,860	2,84	7	Республика Корея	2,610	2,50	107,1
8	Республика Корея	2,436	2,42	8	Мексика	2,560	2,45	155,0
9	Италия	1,960	1,94	9	Бразилия	2,103	2,01	73,5
10	Франция	1,800	1,79	10	Италия	2,080	1,99	106,1
	Всего	88,582	87,85		Всего	91,569	87,73	103,4
	Прочие 27 стран	12,253	12,15		Прочие 26 стран	12,810	12,27	104,5
	Итого	100,835	100,00		Итого	104,379	100,00	103,5

Следует отметить, что за период с 2012 по 2016 г. произошли определенные изменения и в структуре сплавов, применяемых при производстве отливок в

мировом измерении. Так, если доля алюминиевых сплавов увеличилась с 13,9 до 17,1 %, то доля чугуна серого уменьшилась с 45,6 до 44,3 %, ВЧШГ – с 25 до 24,4 %, а стали с 11,2 до 10,2 % (рисунок 1.2). Таким образом, налицо расширение сферы использования продукции из алюминиевых сплавов в потребляющих отраслях мировой экономики.



Рисунок 1.2 –Metalлоструктура литья (%), производимого в мире в 2012 и 2016 гг [1]

Литейное производство России в XXI веке переживает существенные трудности и сталкивается с новыми вызовами. Для воссоздания и поддержания литейного производства на качественно новом технологическом уровне с учетом концепции «Промышленность 4.0» необходимо не только разработать программу развития машиностроения, но и программы импортозамещения и экспортной поддержки литейных компаний.

Кроме того, для подготовки современных специалистов-металлургов/литейщиков следует стимулировать техническое перевооружение соответствующих кафедр университетов и научных центров.

Динамика объемов производства в России отливок, оборудования и материалов приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Динамика объемов производств в России отливок, оборудования и материалов

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

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

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

В настоящее время в России не производится следующее оборудование:

- автоматические и механизированные высокопроизводительные линии для изготовления опочных и безопочных форм из сырых песчано-глинистых и холоднотвердеющих смесей;
- машины для изготовления форм из песчано-глинистых смесей с размером опок от 400×500 мм до 1200×1500 мм;
- машина для изготовления литейных стержней по горячей и холодной оснастке;
- оборудование для покраски литейных форм;
- смесители периодического и непрерывного действия для производства ХТС – смесей производительностью более 10 т/час;
- кокильные машины и машины литья под низким давлением;
- машины центробежного литья;
- индукционные печи средней частоты емкостью более 6 тонн для выплавки чугуна и стали;

- оборудование для регенерации ХТС-смесей;
- оборудование для термической обработки отливок.

Поэтому в намеченный период необходимо будет покупать литейное оборудование и сопутствующие технологии.

Необходимо отметить, что отдельные виды оборудования, которое производится в России, уступают зарубежному по качеству, а в ряде случаев и по стоимости.

Постановление №9 от 14.01.2017 запрещает закупку оборудования, которое не производится в России. Однако одним запрещением не решить вопросы производства высококачественного оборудования. Необходимо определить перечень основных заводов – производителей литейного оборудования и оказать им финансовую помощь для модернизации производства.

В 2016 г. импорт оборудования и запасных частей из всех стран мира составил около 500 млн. долларов США. По сравнению с 2015 г. импорт оборудования сократился на 9 % [1].

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Анализ технологичности изготовления 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.

В соответствии с чертежом к детали предъявляются следующие технические требования:

- неуказанные предельные отклонения размеров детали $\pm IT14/2$.
- неуказанные радиусы R5 мм.
- формовочные уклоны по ГОСТ 3212-85.
- точность отливки 9-8-8-7 по ГОСТ P53464-2009.

Анализ чертежа детали «Ролик» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 10 мм, габаритные размеры детали $\varnothing 260 \times 67$ мм. Минимальные литейные радиусы 5 мм. Масса детали – 11,4 кг. 3D модель детали показана на рисунке 2.1.

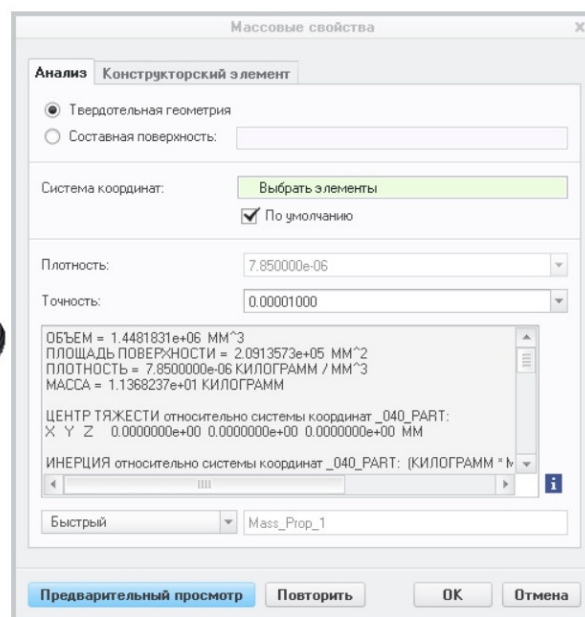
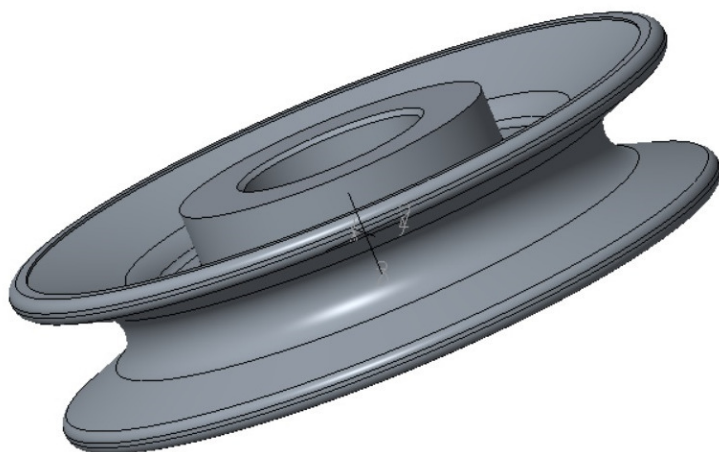


Рисунок 2.1 – 3D модель детали

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

12

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

Отливка «Ролик» заливается сталью 35Л, которая имеет следующие механические свойства:

- предел текучести $\sigma_T=275$ МПа;
- временное сопротивление разрыву $\sigma_B=491$ МПа;
- относительное удлинение $\delta=15$ %;
- свариваемость – ограниченно свариваемая;
- флокеночувствительность – не чувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости – не склонна;
- линейная усадка – 2,0 %.

Отливка «Ролик» подвергается термообработке:

- закалка 860...880 ° С;
- отпуск 600...630 ° С.

Сталь марки 35Л соответствует ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 35Л

Обозначение	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %	
	C		Si		Mn		S	P
	min	max	min	max	min	max		
Сталь 35Л	0,32	0,4	0,2	0,52	0,45	0,9	0,06	0,06

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

оборудования и труда рабочих; стоимость и срок службы оснастки; капитальные затраты на внедрение техпроцесса; себестоимость отливок и деталей; срок окупаемости капитальных вложений [2].

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

Формы изготавливают по технологии безопочной формовки из холоднотвердеющих смесей по α -set процессу с применением вибростола.

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

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.

Для производства стержней по β -SET процессу применяется пескострельный способ уплотнения стержневой смеси.

2.3 Выбор положения отливки в форме

Конструирование литейной формы начинается с выбора положения отливки в форме при заливке и с определения плоскости разъема формы. Оно включает в себя также обоснование конструкции и размеров всех элементов формы, рассмотрение вопросов конструирования литейной оснастки (моделей, стержневых ящиков, опок и др.), которые решаются после выбора технологии изготовления форм и стержней. При выборе положения 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. Возможные варианты расположения отливки в форме показаны на рисунке 2.2.

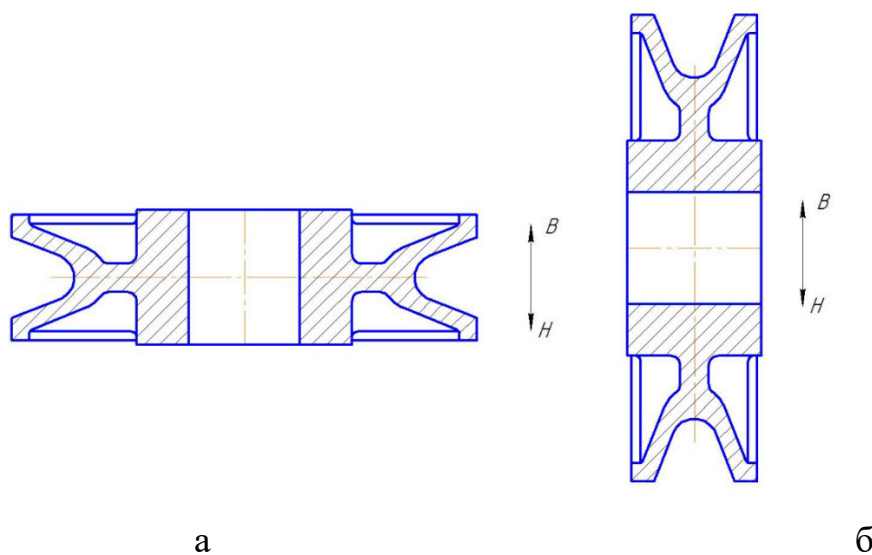


Рисунок 2.2 – Положение отливки в форме

а – горизонтально, б – вертикальное

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

- направленное затвердевание и питание всех элементов отливки;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

15

- наиболее простое оформление литниковой системы (система обеспечивает подвод сплава к полости формы по кратчайшему пути);
- получение формы с минимальным количеством стержней;
- надежное крепление стержней;
- выполнение всех конструктивных элементов детали.

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 [3].

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

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

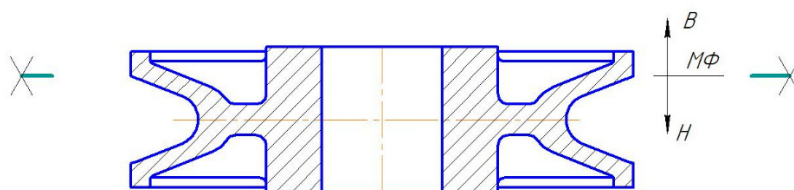


Рисунок 2.3 – Положение отливки в форме

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 и представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Припуски на механическую обработку

Параметр	Размер, мм	
	Номинальный размер, мм	Ø70
Допуск на размер, мм	3,2	3,2
Класс размерной точности	9	9
Шероховатость (Rz)	20	80
Припуск на сторону, мм	4	4

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы и отливки. Масса отливки с учетом припусков составляет 12,3 кг.

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 и зависят от высоты формообразующих поверхностей и материала модели.

Формовочные уклоны для данной отливки при изготовлении с помощью металлических моделей назначаются в сторону увеличения и составляют 1°.

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

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

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 получения внутренних и наружных очертаний отливки необходимы два стержня. Конструкция тела стержня определяется чертежом отливки, конфигурация знаков определяется и рассчитывается согласно ГОСТ 3212-92.

Стержень №1 занимает горизонтальное положение, габаритные размеры стержня $\varnothing 310 \times 45$ мм.

Зазор между знаком формы и стержня для модельного комплекта второго класса точности, изготовленного из металла, равен $S_1=0,5$ мм для нижней полуформы. Эскиз стержня представлен на рисунке 2.4.

Стержень №2 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня $\varnothing 62 \times 110$ мм.

Зазор между знаком формы и стержня для модельного комплекта второго класса точности, изготовленного из металла, равен $S_1=0,3$ мм для нижней полуформы, $S_1=0,3$ мм для верхней полуформы. Эскиз стержня представлен на рисунке 2.5.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		18

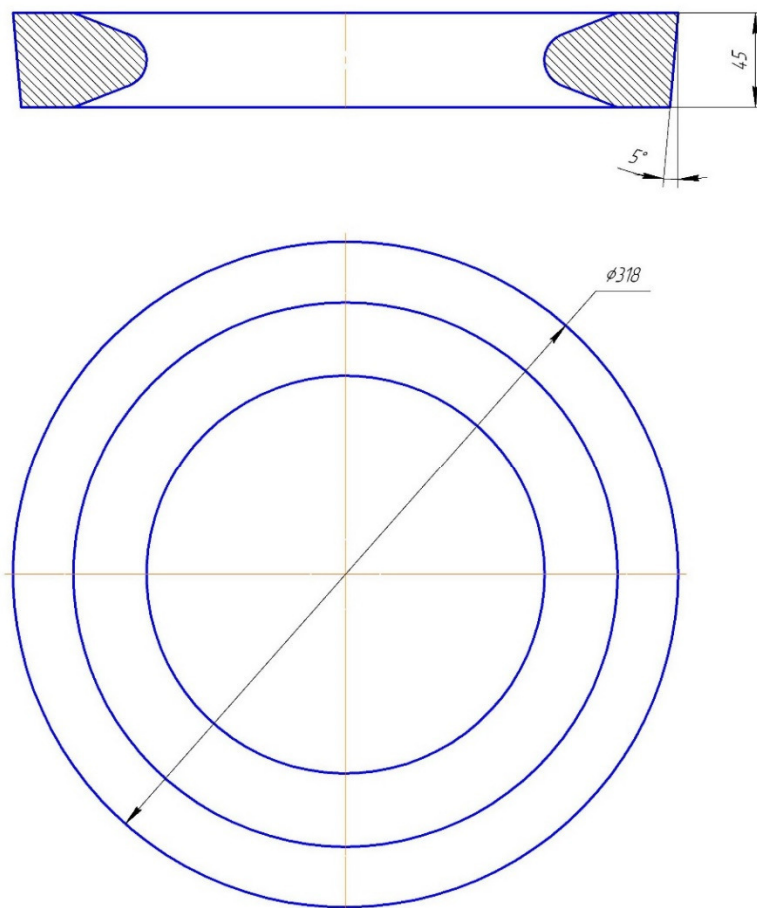


Рисунок 2.4 – Эскиз стержня №1

Для изготовления стержней предусмотрен отдельный участок, включающий автоматическую стержневую линию DISCO 3300 фирмы IMF с применением β -SET процесса.

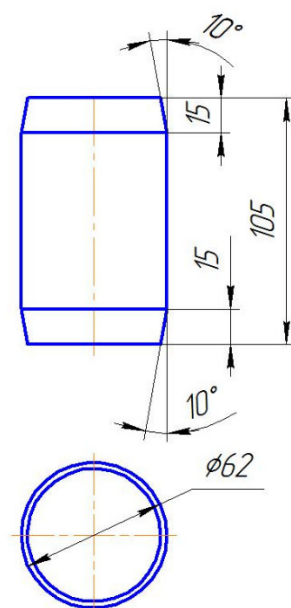


Рисунок 2.5 – Эскиз стержня №2

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

19

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий:

- песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 – 100 %;
- связующее смола ТРА-480 – 1,1...1,6 %;
- отвердитель АСЕ-1075 – 20...25 %;
- прочность на сжатие через 2 часа – 1 МПа;
- осыпаемость – <0,13 %.

Разработанные специально для литейщиков системы холодного отверждения по β-SET - процессу 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.

Перечисленные преимущества системы обеспечивают улучшение окружающей среды, улучшение условий труда рабочих, уменьшение затрат на техническое обслуживание форм и увеличение производительности.

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.

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Анализ литературных данных показывает [4], что литейная усадка отливки подобной конструкции из стали 35Л составляет 2 %. Расположение теплового узла показано на рисунке 2.6.

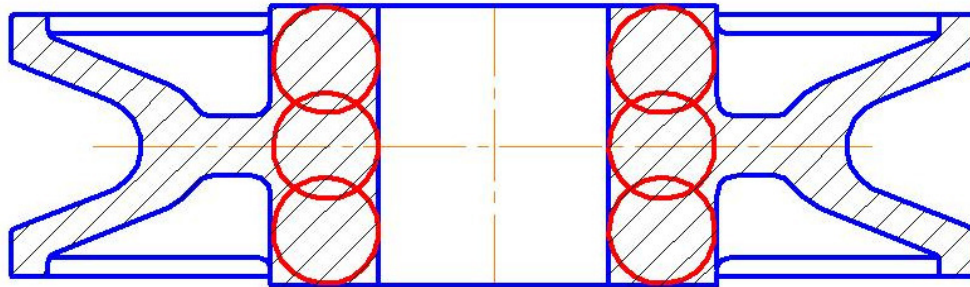


Рисунок 2.6 – Расположение теплового узла

Размеры теплового узла для расчета объема показаны на рисунке 2.7.

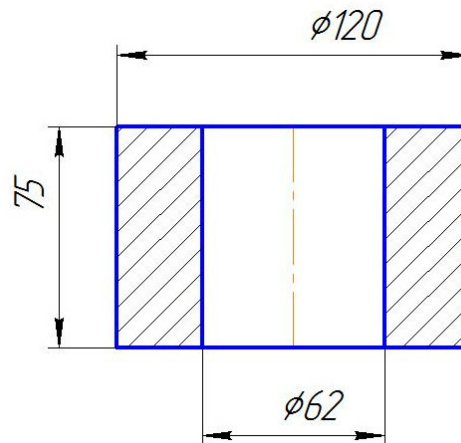


Рисунок 2.7 – Размеры теплового узла

Объем цилиндрического теплового узла определим по формуле:

$$V_0 = \pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2),$$

$$V_0 = 3,14 \cdot 0,075 \cdot (0,06^2 - 0,032^2) = 0,00061 \text{ м}^3.$$

Для данной отливки принимаем закрытые фаселевидные прибыль. Выбранная геометрия и тип прибылей является наиболее экономичной.

В целях экономии металла и обеспечения хорошего питания устанавливаем две прибыли прямого действия.

Определим объем прибыли для теплового узла по уравнению:

$$V_{\pi} = \beta E_v V_0 / (1 - \beta E_v), \quad (2.1)$$

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, m^3 ; $V_0 = 0,00061, m^3$.

$$V_{II} = 0,045 \times 10 \times 0,00061 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,00051 m^3.$$

Масса прибылей составляет 3,98 кг. Эскиз прибыли показан на рисунке 2.8.

Технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле

$$ТВГ = \frac{V_0}{(1 - \varepsilon_v)(V_0 + V_{II})} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где V_0 – объем питаемого узла, m^3 ;

V_{II} – объем прибыли, m^3 .

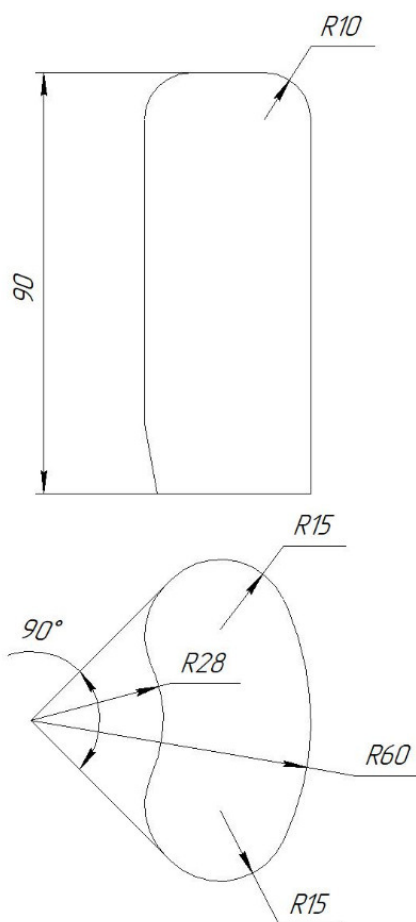


Рисунок 2.8 – Эскиз прибыли

$$ТВГ = \frac{0,00061}{(1 - 0,045)(0,00061 + 0,00051)} \cdot 100 = 57,6\% .$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

22

Полученный ТВГ сравнивается с нормируемым для подобных отливок. В большинстве случаев при литье стали в песчаные формы эта величина составляет 57...65 %.

2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша [4].

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле:

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

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

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

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

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

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

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

$m_{\text{пр}}$ – масса прибыли, кг;

$m_{\text{лс}}$ – масса литниковой системы, кг;

$$m = 12,3 + 3,9 + 1,7 = 17,9.$$

Подставляя в формулу (2.3) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=10$ мм, $m=17,9$ кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \times (10 \times 17,9)^{1/3} = 7,8 \text{ с.}$$

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

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

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

где V_{cp} – средняя скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

C – высота отливки по положению в форме, мм;

τ_{opt} – оптимальная продолжительность заливки, с;

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

Подставляя в формулу (2.4) значения высоты отливки $C=165$ мм, $\tau_{opt}=7,8$ с, получим

$$V_{cp} = 165 / 7,8 = 20,9 \text{ мм/с.}$$

Полученное значение V_{cp} не соответствует допустимому значению 10...20 мм/с. Проведем пересчет времени заливки с учетом допустимой скорости, выбираем скорость 15 мм/с.

$$\tau_{opt} = \frac{C}{V_{cp}} = \frac{165}{15} = 11 \text{ с.}$$

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

$$F_{уз} = \frac{m}{\mu_{\phi} \cdot \tau_{opt} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{cp}}}, \quad (2.5)$$

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

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

τ_{opt} – оптимальная продолжительность заливки, с;

μ_{ϕ} – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

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

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

P – высота отливки над питателем, мм;

$$H_{cp} = 200 - 103^2 / (2 \times 165) = 167,8 \text{ мм} = 0,168 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (2.5) значения $m=17,9$ кг; $\mu_{\phi}=0,42$; $\tau_{\text{отп}}=11$ с; $\rho=7200$ кг/м³; $g=9,81$ м/с²; $H_{\text{ср}}=0,168$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{\text{уз}} = 17,9 / (7200 \times 0,42 \times 11 \sqrt{2} \times 9,81 \times 0,168) = 0,00029 \text{ м}^2 = 2,9 \text{ см}^2.$$

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

$$F_{\text{уз}} = \Sigma F_{\text{п}}. \quad (2.7)$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих $\tau_{\text{отп}}$:

$$\Sigma F_{\text{п}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1 : 1 : 1,2, \quad (2.8)$$

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.

$$F_{\text{шл}} = \Sigma F_{\text{шл}} = 1,1 \Sigma F_{\text{п}} = 1,1 \times 2,9 \times 2 = 6,4 \text{ см}^2,$$

$$F_{\text{ст}} = \Sigma F_{\text{ст}} = 4 \times 1,2 \Sigma F_{\text{п}} = 1,2 \times 2,9 \times 4 = 13,9 \text{ см}^2.$$

Эскизы сечений элементов литейной формы представлен на рисунке 2.9.

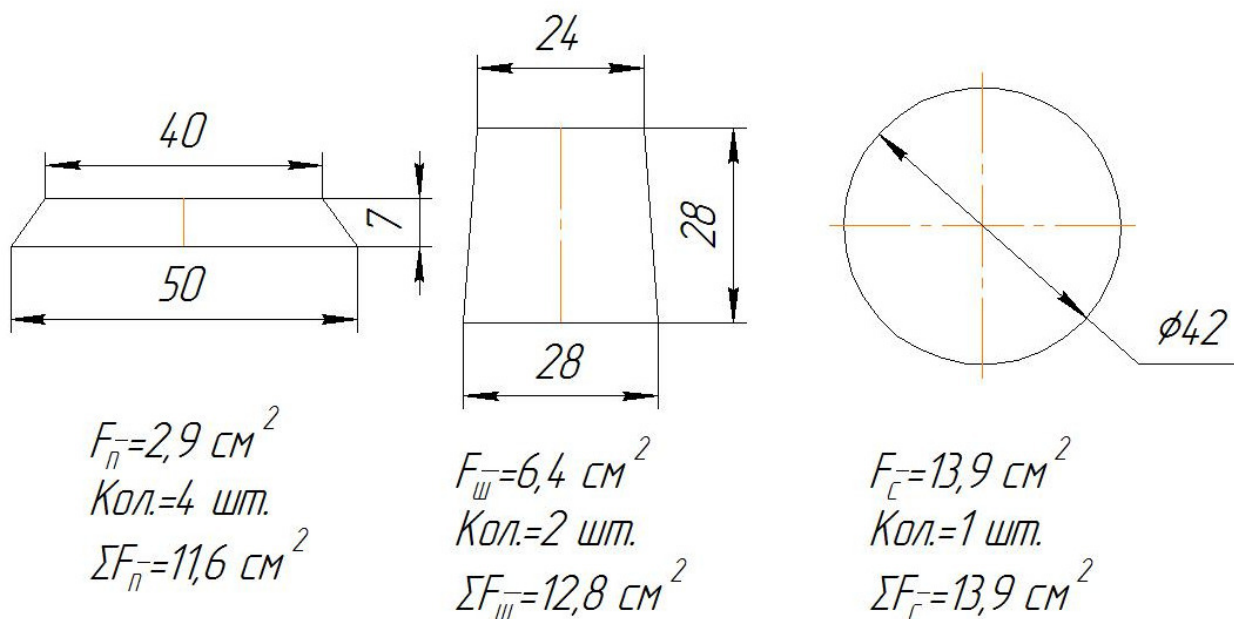


Рисунок 2.9 – Эскизы сечений элементов литниковой системы

2.11 Определение габаритов формы

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

При выборе размеров формы следует учитывать, что использование чрезмерно большой формы 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 разьему 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 разьема, наличием прибылей и литейной воронки. Окончательно получаем размеры опок: 800x800x200/200 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.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		26

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.

При выбранном способе формообразования целесообразно применение модельного комплекта из металла и универсальной оснастки из дерева. Монтаж верха и низа показаны на чертежах «Монтаж верха» и «Монтаж низа».

2.13 Разработка технологии сборки и заливки форм

Формы изготавливают по технологии безопочной формовки из холоднотвердеющих смесей на автоматической формовочной линии FAST LOOP фирмы IMF.

Форма заливается сталью 35Л, поэтому формовочная смесь имеет следующий состав:

Состав холоднотвердеющей смеси следующий:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 – 100 %;
- связующее (фенолформальдегидная смола типа ТРА-480) – 0,9...1,5 % сверх 100 %;
- отвердитель АСЕ (смесь эфиров) – 20...25 % от смолы.

Свойства смеси представлены ниже:

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

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>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		27

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.

После заполнения формы смесью происходит уплотнение смеси благодаря срабатыванию вибрационного стола, располагающегося под роликовым транспортером. Удаление излишков смеси происходит автоматически при помощи специального устройства [5].

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 полужопа 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. 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 заливки формы можно поместить на участок охлаждения, где они могут быть установлены или непосредственно на пол, или на двухъярусный стеллаж охлаждения, или на вертикальный склад форм.

В цехе применяются ковши емкостью 3 и 1 тонны. Ковш 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. Температура заливки форм – 1510...1530 °С.

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. Смесь поступает на участок механической регенерации. Сухая механическая регенерация заключается в перетирании отработанной смеси, при котором пленки связующего отделяются от зерен песка и превращаются в пыль, удаляемую из смеси интенсивным отсосом воздуха.

На установке осуществляются операции: очистка зёрен песка, удаление пыли, конечное просеивание, охлаждение.

2.14 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 дробеметной камере.

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

Нормализация – нагрев 75...100 °С в час, выдержка при температуре 860...880 °С в течении 2 часов и последующее охлаждение на воздухе. Нормализация применяется для повышения прочности и износостойкости литья.

Отпуск - нагрев 75...100 °С в час, выдержка при температуре 600...630 °С в течении 1 часов и последующее охлаждение на воздухе. Отпуск применяется для снятия внутренних напряжений после нормализации.

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.

2.15 Разработка системы контроля технологии качества отливок

В цехе входному контролю подвергаются исходные материалы. Контроль шихтовых и формовочных материалов в соответствии с:

- ГОСТ 2787-75 Металлы черные вторичные;
- ГОСТ 1415-93 Ферросилиций;
- ГОСТ 4755-91 Ферромарганец;
- ГОСТ 2138-91 Пески формовочные.

Формовочные и стержневые смеси проверяют на влажность, газопроницаемость, прочность при сжатии и прочность при растяжении в

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

соответствии с ГОСТ 23408-78 «Смеси формовочные и стержневые. Методы отбора и подготовки проб». Химический состав сплава контролируется в соответствии с ГОСТ 7565-81 «Чугун, сталь и сплавы. Методы отбора проб для определения химического состава».

Контроль технологии осуществляется по технологическому процессу. Обязательному контролю подлежат:

- температура выпуска металла из печи;
- температура заливки форм;
- время заливки форм;
- качество форм (визуальный осмотр);
- качество стержней (визуальный осмотр).

Готовые отливки принимают в соответствии с ГОСТ 977-88 «Отливки стальные».

Контроль отливок прежде всего осуществляют визуально для выявления брака или отливок, подлежащих исправлению. Правильность конфигурации и размеров проверяют разметкой, плотность металла отливки – гидравлическими испытаниями под давлением воды до 200 МПа. Внутренние дефекты выявляют в специализированных лабораториях. Технический контроль возложен на отдел технического контроля завода.

Основным документом, в соответствии с которым производят контроль, является чертеж отливки, а также государственные стандарты, стандарты предприятий и другие документы, регламентирующие изготовление отливок. Отливка должна иметь конфигурацию и размеры, соответствующие чертежу. Она не должна иметь внешних и внутренних дефектов. На чертеже указаны размеры, масса отливки, марка сплава.

При контроле отливок проверяют состояние поверхности и внешний вид, размеры, механические свойства, в том числе твердость металла, химический состав, структуру металла, наличие внутренних дефектов. В зависимости от требований, предъявляемых к отливке, контролируют все перечисленные параметры или некоторые из них.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

В таблице 2.3 представлены виды дефектов, свойственные данной отливке и способы их устранения.

Таблица 2.3 – Виды дефектов и способы их устранения [6]

№	Термин и определение	Рисунок	Основные причины дефекта	Способы устранения
1	Недолив – дефект в виде неполного образования отливки вследствие незаполнения полости формы металлом.		Одной из основных причин недолива является недостаточное количество жидкого металла.	- контроль скорости заливки; - контроль количества металла в ковше.
2	Обжим – это местное нарушение конфигурации отливки. Обжим обычно образуется вблизи плоскости разъема в виде прилива или утолщения произвольной формы.		Образуется вследствие деформации формы из-за механических воздействий при ее сборке или заливке.	- контроль технологии сборки и заливки форм.
3	Перекося – дефекты в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разъему формы, модели вследствие их неточной установки.		Дефекты оснастки (коробления, поломки и т.п.). Неудовлетворительное состояние опочной оснастки и подмодельных плит. Некачественная сборка формы.	- контроль технологии сборки форм; - регулярный осмотр и ремонт оснастки.

Продолжение таблицы 2.3

№	Термин и определение	Рисунок	Основные причины дефекта	Способы устранения
4	<p>Стержневой перекос – дефекты в виде смещения отверстия, полости или части отливки, выполняемых с помощью стержня, вследствие его перекоса.</p>		<p>Дефекты оснастки (коробления, поломки и т.п.). Неудовлетворительное состояние опочной оснастки и подмодельных плит. Некачественная сборка формы.</p>	<p>- контроль технологии сборки форм; - регулярный осмотр и ремонт оснастки.</p>
5	<p>Усадочная раковина – дефект в виде открытой или закрытой полости, образующейся в тепловых узлах отливки. Поверхность такой раковины обычно грубая, иногда окисленная.</p>		<p>Затрудненное питание отливки.</p>	<p>- разработка технологии питания отливки с применением современного программного обеспечения.</p>

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

Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Количество отливок на год, % от общей программы	Годовая программа, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1.Ролик	сталь 35Л	11,4	6	68421	780,0
2.Плита	сталь 35Л	17,0	12	91765	1560,0
3.Диск	сталь 35Л	15,0	6	52000	780,0
4.Крышка редуктора	сталь 35Л	21,0	9	55714	1170,0
5.Колесо	сталь 35Л	14,0	15	139286	1950,0
6.Стопор	сталь 35Л	12,0	10	108333	1300,0
7.Плита	сталь 35Л	11,0	8	94545	1040,0
8.Рычаг	сталь 35Л	23,0	9	50870	1170,0
9.Бандаж	сталь 35Л	9,0	7	101111	910,0
10.Улитка	сталь 35Л	12,0	8	86667	1040,0
11.Ограничитель	сталь 35Л	7,0	10	185714	1300,0
Итого				1034426	13000,0

3.2 Структура литейного цеха

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного производства, должен обеспечить выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных

программой, начиная со складов формовочных и шихтовых материалов и кончая грунтовкой отливок.

Участки цеха стального литья производительностью 13000 тонн литья в год проектируются с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

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

К производственным помещениям относятся:

- плавильный участок;
- участок подготовки шихты;
- стержневой участок;
- формовочно-заливочно-выбивной участок;
- обрубное участок.

К вспомогательным участкам относятся:

- участок ремонта ковшей и печей;
- смесеприготовительный участок;
- участок переработки смеси;
- ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое участка;
- лаборатории.

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

3.3 Режим работы и фонды времени

Для того чтобы рассчитать необходимое количество технологического оборудования, нужно знать действительный фонд времени работы оборудования. Он определяется для каждой группы оборудования (формовочное, стержневое, плавильное) исходя из опыта его эксплуатации. Режим работы литейных цехов

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

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

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования. При этом некоторые службы будут работать в одну смену – крановое хозяйство, футеровочный участок, ремонтно-механическая мастерская (РММ), а участок термообработки – в три смены.

Существует три основных фонда рабочего времени:

- календарный (Φ_K), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный (Φ_N), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный (Φ_D), учитывающий полное годовое рабочее время с неизбежными потерями.

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.

Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске.

В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих $\Phi_N=2018$ часов и для оборудования $\Phi_N=4036$ часов.

Действительный фонд времени составляет [7]:

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

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

где Φ_H – номинальный фонд времени, ч;

α – потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени, ч	Потери времени, %	Действительный фонд времени, ч
Оборудование плавильного участка	2	4036	3	3915
Оборудование подготовки смеси	2	4036	5	3834
Оборудование формовочного участка	2	4036	10	3632

3.4 Плавильный участок

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

Таблица 3.3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Наименование отливки	Масса отливки, кг	Марка сплава	Годовая программа	
			шт	т
1	2	3	4	5
1.Ролик	11,40	сталь 35Л	68421	780,0
2.Плита	17,00	сталь 35Л	91765	1560,0
3.Диск	15,00	сталь 35Л	52000	780,0
4.Крышка редуктора	21,00	сталь 35Л	55714	1170,0
5.Колесо	14,00	сталь 35Л	139286	1950,0
6.Стопор	12,00	сталь 35Л	108333	1300,0
7.Плита	11,00	сталь 35Л	94545	1040,0
8.Рычаг	23,00	сталь 35Л	50870	1170,0
9.Бандаж	9,00	сталь 35Л	101111	910,0
10.Улитка	12,00	сталь 35Л	86667	1040,0
11.Ограничитель	7,00	сталь 35Л	185714	1300,0
Итого			1034426	13000,0

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

Продолжение таблицы 3.3

Наименование отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1.Ролик	3	2116	24,12	70537	804,12
2.Плита	3	2838	48,25	94603	1608,25
3.Диск	3	1608	24,12	53608	804,12
4.Крышка редуктора	3	1723	36,19	57437	1206,19
5.Колесо	3	4308	60,31	143594	2010,31
6.Стопор	3	3351	40,21	111684	1340,21
7.Плита	3	2924	32,16	97470	1072,16
8.Рычаг	3	1573	36,19	52443	1206,19
9.Бандаж	3	3127	28,14	104238	938,14
10.Улитка	3	2680	32,16	89347	1072,16
11.Ограничитель	3	5744	40,21	191458	1340,21
		31993	402,06	1066419	13402,06

Продолжение таблицы 3.3

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
1	11	12	13	14
1.Ролик	5,70	17,10	390,00	1194,12
2.Плита	8,50	25,50	780,00	2388,25
3.Диск	7,50	22,50	390,00	1194,12
4.Крышка редуктора	10,50	31,50	585,00	1791,19
5.Колесо	7,00	21,00	975,00	2985,31
6.Стопор	6,00	18,00	650,00	1990,21
7.Плита	5,50	16,50	520,00	1592,16
8.Рычаг	11,50	34,50	585,00	1791,19
9.Бандаж	4,50	13,50	455,00	1393,14
10.Улитка	6,00	18,00	520,00	1592,16
11.Ограничитель	3,50	10,50	650,00	1990,21
			6500,00	19902,06

3.4.1 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 35Л ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Химический состав стали 35Л ГОСТ 977-88 [2]

Обозначение по ГОСТ 977-88	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %		
	C		Si		Mn		Fe	S	P
Сталь 35Л	min	max	min	max	min	max			
	0,320	0,400	0,200	0,520	0,450	0,900			

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 3.5).

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.

Металлозавалка сталь 35Л:

$$M = \frac{13000 + 6500 + 402,1}{100 - 0,5 - 1 - 3} \cdot 100 = 20839,9 \text{ т.}$$

Таблица 3.5 – Баланс металла

Наименование статей	Сталь 35Л	
	%	т
1. Годные отливки	62,38	13000,0
2. Брак отливок	1,93	402,1
3. Литники и прибыли	31,19	6500,0
4. Технологические пробы	0,50	104,2
5. Сливы и сплески	1,00	208,4
Итого жидкого металла	97,00	20214,7
6. Угар и безвозвратные потери	3,00	625,2
Металлозавалка	100,00	20839,9

3.4.2 Ведомость расхода шихтовых материалов

Целесообразно вести расчёт на 100 кг шихты, тогда масса компонентов в килограммах и их процентные соотношения численно совпадут, что упрощает расчёт. Расчет шихты проведен аналитическим методом и указан в специальной части работы. Составленная на основе вышеприведенных расчетов ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Лом стальной 2А ГОСТ 2787-86	56,378	11749,038
Возврат	34,62	7214,724
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	7,582	1580,070
Ферромарганец ФМн 78А ГОСТ 4755-91	0,910	189,642
Ферросилиций ФС75 А2,5ГОСТ 1415-78	0,510	106,283
Итого	100,000	20839,757

3.4.3 Выбор и расчет оборудования плавильного участка

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.

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [7]:

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

где G – расчетная вместимость печи, т;

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

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

τ – длительность разливки одной плавки, ч;

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

Φ_D – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{20214,7 \cdot 1,1 \cdot 0,5}{3915} = 2,8 \text{ т.}$$

Из стандартного ряда печей типа ДППТ выбираем печь ДППТ-3.

Техническая характеристика ДППТ-3:

- мощность источника питания, кВА 2500;
- напряжение питающей сети, кВ 10;
- производительность, т/ч 1,9;
- номинальная емкость, т 3;
- температура перегрева металла, °С 1700.

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле [7]:

$$P_1' = \frac{B_{\Gamma} \cdot K_H}{\Phi_D' \cdot N_{\text{расч}}'} \quad (3.4)$$

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

Φ_D – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

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

K_H – коэффициент неравномерности потребления и производства. В условиях массового и крупносерийного производства $K_H = 1,0 \dots 1,3$.

$$P_1' = \frac{20214,7 \cdot 1,2}{3915 \cdot 1,9} = 3,26.$$

Число единиц оборудования (P_2), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [7]:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3} \quad (3.5)$$

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

$$P_2' = \frac{3,26}{0,8} = 3,91.$$

Принимаем $P_2 = 4$. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [7]:

$$K_{3\Phi} = \frac{P_1'}{P_2'}, \quad (3.6)$$

$$K_{3\Phi} = \frac{3,26}{4} = 0,84.$$

3.4.4 Расчет потребности в ковшах

Периоды работы и ремонта ковшей:

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

Выбираем раздаточный ковш емкостью 3 тонны так как емкость печи 3 тонны и разливочный ковш емкостью 1 тонны. В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900 °С.

Расчет раздаточных ковшей проводится по формуле [7]:

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

где V_r – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч; $t = 0,5$;

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного участка, рассчитывается по формуле [7]:

$$N_1 = n \left(\frac{Z_1}{Z} + 1 \right), \quad (3.8)$$

где N_1 – общее количество ковшей, шт;

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

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

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле [7]:

$$N = N_1 \cdot 1,1, \quad (3.9)$$

Расчет раздаточных ковшей емкостью 3 т проводится по формуле (3.7):

$$n = \frac{20214,7 \cdot 0,5}{3915 \cdot 3} = 0,86.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного участка, рассчитывается по формуле (3.8):

$$N_1 = 0,86 \left(\frac{8}{8} + 1 \right) = 1,72.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (3.9):

$$N = 1,72 \cdot 1,1 = 1,89.$$

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

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

Расчет разливочных ковшей емкостью 1 т проводится по формуле (3.7):

$$n = \frac{20214,7 \cdot 0,5}{3915 \cdot 1} = 1,29.$$

Общее количество ковшей, требуемое для работы плавильного участка, рассчитывается по формуле (3.8):

$$N_1 = 1,29 \left(\frac{8}{8} + 1 \right) = 2,58.$$

Полное количество ковшей с учетом запаса рассчитывается по формуле (3.9):

$$N = 2,58 \cdot 1,1 = 2,84.$$

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

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

3.5 Формовочно-заливочно-выбивной участок

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 одним из способов, отвечающим современным требованиям производства способом получения мелких и средних отливок, является безопасная формовка, реализованная на формовочном оборудовании фирмы IMF [8].

Формовочный участок разбит на участки: формовки, заливки форм, охлаждения форм и выбивки.

3.5.1 Технология изготовления форм

Система – ALPHA-SET - связующая смола холодного отверждения, которая позволила:

- улучшить экологическую обстановку литейного цеха (внутреннюю/внешнюю);
- добиться превосходных характеристик литья, в сравнении с использованием силикатных связующих;
- использовать преимущества существующих органических связующих.

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 участка модели.

Состав формовочной смеси:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 4 %;
- смесь оборотная 96 %;
- фенолформальдегидная смола ТРА-480 0,9...1,7% сверх 100 %;

- отвердитель ACE-1075 (сверх 100 %) 20...25 % от смолы.

Свойства смеси представлены ниже:

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

3.5.2 Выбор оборудования для участка формовки

Для определения годового числа форм, а также объема формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленную в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Ведомость изготовления и сборки форм

Наименование отливки	Изготавливается в год отливок, шт	Внутренний размер опоки, мм			Количество отливок в форме, шт	Изготавливается форм в год, шт
		L	B	H		
1	2	3	4	5	6	7
1.Ролик	70537	800	800	200	4	17634
2.Плита	94603	900	900	250	4	23651
3.Диск	53608	1200	800	200	8	6701
4.Крышка редуктора	57437	1000	1000	300	4	14359
5.Колесо	143594	1000	1000	200	8	17949
6.Стопор	111684	1000	1000	200	8	13960
7.Плита	97470	1000	1000	200	8	12184
8.Рычаг	52443	1000	1000	300	6	8740
9.Бандаж	104238	1000	800	200	8	13030
10.Улитка	89347	1200	1000	200	8	11168
11.Ограничитель	191458	1000	800	200	8	23932
Итого						163310

Продолжение таблицы 3.7

Наименование отливки	Объем для одной формы, м ³				Объем формовочной смеси на годовую программу, м ³
	формы	залитого металла	стержней	уплотненной смеси	
1	8	9	10	11	12
1.Ролик	0,2560	0,0095	0,0014	0,2451	4322,61
2.Плита	0,4050	0,0142	0,0046	0,3862	9134,69
3.Диск	0,3840	0,0250	0,0019	0,3571	2393,11
4.Крышка редуктора	0,6000	0,0175	0,0006	0,5819	8356,25
5.Колесо	0,4000	0,0233	0,0023	0,3744	6719,35
6.Стопор	0,4000	0,0200	0,0050	0,3750	5235,18
7.Плита	0,4000	0,0183	0,0104	0,3713	4523,70
8.Рычаг	0,6000	0,0288	0,0030	0,5683	4966,77
9.Бандаж	0,3200	0,0150	0,0010	0,3040	3961,05
10.Улитка	0,4800	0,0200	0,0003	0,4598	5134,66
11.Ограничитель	0,3200	0,0117	0,0000	0,3083	7379,11
		0,2033			62126,49

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

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики:

- цикловая производительность, форм/час 50...60;
- грузоподъемность стола, кг 6000;
- установленная мощность, кВт 400.

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

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

3.5.3 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно – выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [7]:

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{п.расч} \Phi_{д}}, \quad (3.10)$$

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 (3.10):

$$P_1 = \frac{163310}{0,95 \times 55 \times 3632} = 0,86.$$

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

$$P'_2 = \frac{0,86}{0,9} = 0,94.$$

Принимаем одну формовочную линию Fast-loop фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (3.6):

$$K_{зф} = \frac{0,86}{1} = 0,83.$$

Определяем скорость линии (м/мин):

$$v_k = \frac{N_{\phi} \cdot a}{60 \cdot \Phi_{д} \cdot Z \cdot \eta_k}, \quad (3.11)$$

где N_{ϕ} – годовое количество форм, поступающее с формовочных машин рольганговой линии, шт.;

$\Phi_{д}$ – действительный годовой фонд времени формовочного оборудования, ч;

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		47

Z – число форм на поддоне, шт.;

η_k – коэффициент заполнения линии формами, равный 0,8...0,9;

a – шаг конвейера – расстояние между осями сцепления поддонов, м.

$$a = (1,15 \dots 1,20) \times (1,10 \dots 1,25) \times l_{оп},$$

где $l_{оп}$ – длина опоки м.

$$a = (1,15 \dots 1,20) \times (1,10 \dots 1,25) \times 1,2 = 1,52 \dots 1,8 \text{ м.}$$

$$v_k = \frac{163310 \cdot 1,6}{60 \cdot 3632 \cdot 1 \cdot 0,9} = 1,3 \text{ м/мин.}$$

Длина конвейера:

$$L_K = L_{\phi} + L_{сб} + L_3 + L_{охл} + L_B, \quad (3.12)$$

где L_{ϕ} – длина участка формовки, м;

$L_{сб}$ – длина участка сборки и загрузки форм, м;

L_3 – длина участка заливки форм, м;

$L_{охл}$ – длина участка охлаждения отливок, м;

L_B – длина участка выбивки форм, м;

Определяем длину участка формовки:

Принимаем конструктивно, учитывая размеры формовочного автомата:

$$L_{\phi} = 12 \text{ м.}$$

Определяем длину участка сборки:

Принимаем примерно равной длине участка формовки:

$$L_{сб} = 12 \text{ м.}$$

Определяем длину участка заливки:

$$L_3 = V_k \cdot n_k \cdot \tau_k, \quad (3.13)$$

где n_k – количество ковшей, одновременно задействованных на заливочном участке конвейера для заливки форм, шт;

τ_k – время разливки (мин);

$$\tau_k = 30 \text{ мин.}$$

$$L_3 = 1,3 \cdot 1 \cdot 30 = 39 \text{ м.}$$

Определяем длину участка охлаждения:

$$L_{охл} = v_k \cdot \tau_{охл}, \quad (3.14)$$

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

где $\tau_{\text{охл}}$ – время охлаждения отливок в форме до ее выбивки, мин;
 $\tau_{\text{охл}} = 2 \dots 3$ ч (180...240 мин), время охлаждения исходит из самой крупной отливки из таблицы 3.7.

$$L_{\text{охл}} = 1,3 \cdot 240 = 312 \text{ м.}$$

Длина участка выбивки сравнительно невелика и в зависимости от схем выбивки составляет 12...24 м.

$$L_{\text{к}} = 12 + 12 + 39 + 312 + 24 = 399 \text{ м.}$$

Для самотвердеющих формовочных смесей используются скоростные смесители непрерывного действия. Смеситель имеет раму, которая поддерживает две половины кожуха, образующего трубу для перемешивания. Консольные шнековые смесители для формовочных смесей процессов NO-BAKE обеспечивают высокую надежность и длительный срок службы, высокую эффективность перемешивания, точный контроль дозировки связующего. Консоль представляет собой устройство, оборудованное скоростным ленточным транспортером. Это позволяет быстро подавать смесь к месту формовки.

Для приготовления формовочной смеси применяются смеситель T35/S, фирмы IMF с производительностью 35 т/час.

После выбивки форм, смесь поступает на участок механической регенерации. Сухая механическая регенерация заключается в перетирании отработанной смеси, при котором пленки связующего отделяются от зерен песка и превращаются в пыль, удаляемую из смеси интенсивным отсосом воздуха.

Оттирка зерен происходит в камере пневматической очистки. Отделенная пленка связующего отсасывается через фильтр. Смесь просеивается через вибрационное сито. Фиксированное контрольное сито предотвращает попадание инородных частиц в охладитель в случае повреждения полотна вибрационного сита. Бункер для сбора смеси, снабженный датчиками максимального и минимального уровня, позволяет поддерживать постоянный уровень смеси в расположенном ниже охладителе. Смесь охлаждается до оптимальной температуры после прохождения через охладитель, снабженный охладительной башней, воздушно-водным теплообменником или группой холодильных установок,

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		49

в зависимости от условий внешней среды. Термопара, расположенная над разгрузочной решеткой охладителя, контролирует температуру выдачи смеси. Система разгрузки, реализующая сброс смеси по всему сечению, позволяет проконтролировать однородность смеси и отсутствие заторов.

Для регенерации смеси выбирается установка механической регенерации IMF с производительностью 35 т/ч для ХТС с органическими связующими.

На установке осуществляются операции: очистка зерен песка; удаление пыли; конечное просеивание; охлаждение.

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.

При контроле отливок проверяют состояние поверхности и внешний вид, размеры, механические свойства, в том числе твердость металла, химический состав, структуру металла, наличие внутренних дефектов. В зависимости от требований, предъявляемых к отливке, контролируют все перечисленные параметры или некоторые из них.

3.7 Вспомогательные участка и участки цеха

В целях обеспечения безостановочной работы технологического и подъемно-транспортного оборудования в цехе предусматривается ремонтно-слесарное участок. В задачи ремонтно-слесарного участка 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 [9].

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

3.8 Внутрицеховой транспорт

Литейное производство характеризуется многократным перемещением больших количеств различных грузов. Поэтому транспортные операции являются важной составляющей производственного процесса. Виды и количество транспортных средств для различных участков представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Описание и назначение видов транспорта

Участок	Наименование	Назначение
Шихтовый	Кран мостовой Q=10 т	разгрузка приходных материалов в закрома, бункера, на специальные площадки; перемещение шихтовых и формовочных материалов внутри участка и к самоходным тележкам для выдачи их на другие участки литейного цеха
	Тележка самоходная, Q=10 т	передача шихтовых материалов в плавильное участок, огнеупорных материалов для ремонта плавильного оборудования, отправка возврата в шихтовое участок
Плавильный	Кран мостовой Q=10 т	завалка шихты в плавильные печи, транспортировка ковша с металлом к самоходной тележке для выдачи его на заливку форм, обслуживание ремонтных работ на участке, перемещение вспомогательных материалов внутри участка
	Тележка передаточная, Q= 10 т	передача раздаточных ковшей на участок заливки
Формовочный	Кран мостовой Q=10 т	перемещение модельной оснастки и смена ее на формовочной машине, обслуживание ремонтных работ на участке
	Конвейер ленточный	передача отработанной смеси к установке переработки смеси

4 АНАЛИЗ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

4.1 Дуговая печь постоянного тока

Дуговая печь используется в литейном производстве и металлургической промышленности для выплавки углеродистых и легированных марок сталей. Дуговые печи постоянного тока вобрали в себя накопленный опыт эксплуатации и конструирования дуговых сталеплавильных печей переменного тока и мощных преобразователей постоянного тока. Аналогичное конструктивное исполнение элементов печей переменного тока и печей постоянного тока – кожух, свод, механизм наклона печи и перемещения электрода, одинаковая схема загрузки шихты и разлива металла, использование одних и тех же огнеупорных материалов – позволяют хорошо вписать дуговые печи постоянного тока в существующие технологические линии литейных и металлургических цехов, почти полностью используя разработанные технологические процессы плавления и рафинирования металла.

Дуговые печи называются дуговыми или электродуговыми из-за принципа образования источника тепловой энергии, которая выделяется на электрической дуге. Температура на дуге составляет 6000К.

Дуговая печь постоянного тока, представленная на рисунке 4.1, содержит корпус 1 с днищем 2, свод 3, расположенную ниже порога рабочего окна 4 ванну 5 с металлическим расплавом 6, обрамленную футеровкой 7. Печь оснащена верхним катодом 8 с электрододержателем 9, соединенным с источником постоянного тока, имеющим возможность вертикального перемещения, и анодным подводом в виде одного или нескольких подовых электродов 10. Внутри корпуса печи 1 установлена кольцевая катушка индуктивности 11, навитая из электропроводной изолированной шины, имеющая соединение 12 с источником постоянного тока. Внутри кольцевой катушки индуктивности 11 располагается катод 8, ванна 5 и подовый электрод 10. В центре днища 2 установлена ферромагнитная бобышка 13.

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

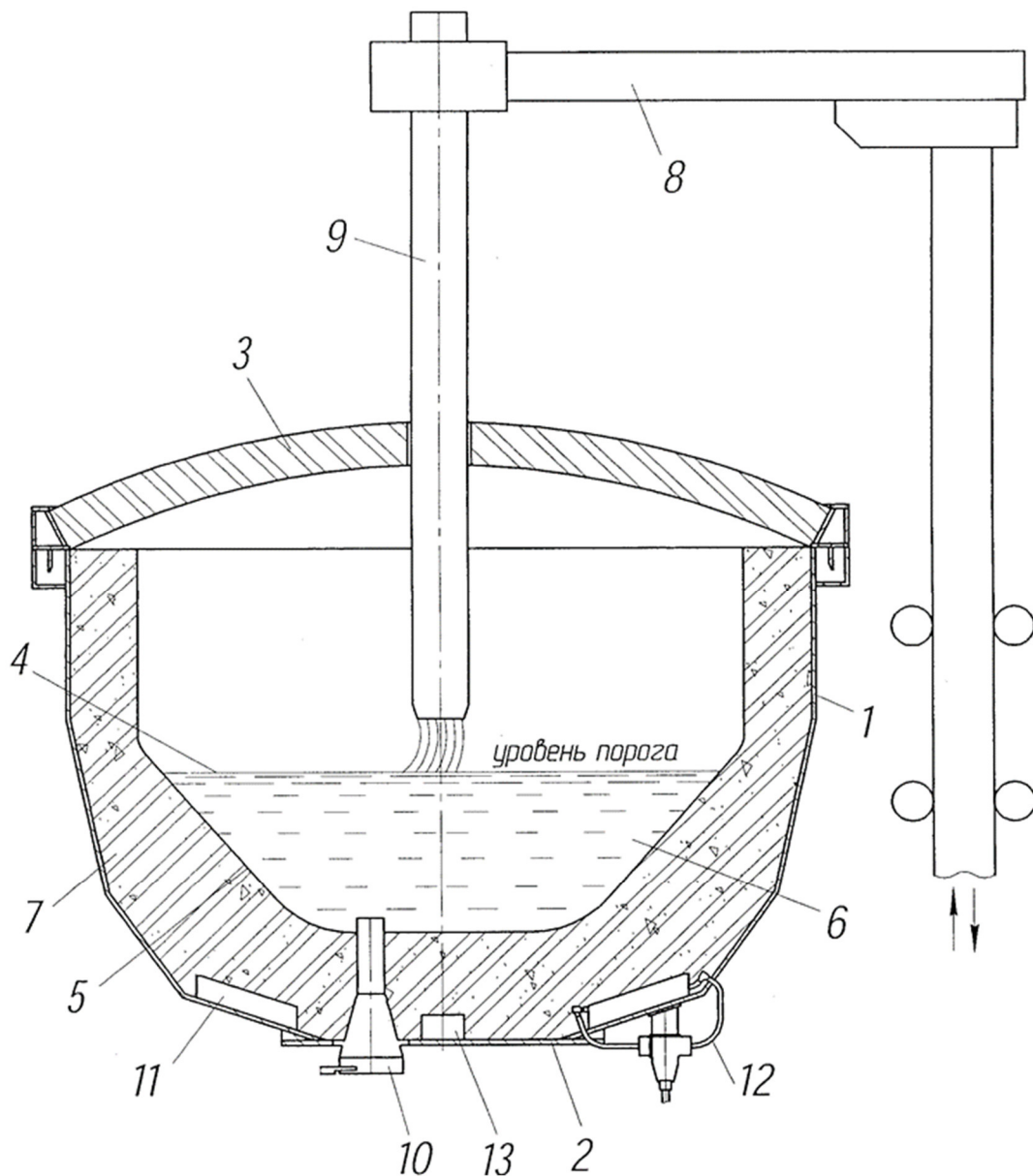


Рисунок 4.1 – Схема дуговой печи постоянного тока

Печи постоянного тока имеют следующие преимущества по сравнению с печами переменного тока:

- меньший удельный расход электродов на 50...60 %;
- снижение уровня фликера на 50 %;
- возможность подводить большую мощность;
- более высокая надежность электрооборудования;
- работа с длинными дугами;
- перемешивание ванны под воздействием электродинамических сил;
- упрощение технического обслуживания и сокращение трудозатрат;
- равномерная тепловая нагрузка на футеровку печи;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ

лист

53

- снижение уровня шума на 15 дБ;
- стабилизация технологии;
- лучшее формирование колодцев при проплавлении шихты;
- снижение угара легирующих элементов;
- снижение содержания азота в стали;
- уменьшение газовыделения и пылеобразования;
- снижение расхода огнеупоров;
- повышение производительности.

Однако, несмотря на широко рекламируемые преимущества печей постоянного тока, некоторые фирмы предпочитают устанавливать трехфазные печи.

Это обусловлено следующим:

- капитальные затраты на печь переменного тока ниже;
- суммарный расход электроэнергии практически одинаков;
- торцовый расход электродов и воздействие на питающую сеть высокоимпедансных трехфазных печей и печей постоянного тока сближаются;
- печи переменного тока имеют большую гибкость регулирования температуры ванны.

Недостатки дуговых печей постоянного тока:

- работа на длинных дугах приводит к повышенным тепловым потерям (дуга постоянного тока характеризуется пониженным значением градиента потенциала в столбе дуги, что для обеспечения выделения в дуге требуемой мощности вызывает необходимость увеличения ее длины до 0,8...1,0 м. После расплавления шихты это приводит к росту потоков излучения на стены и свод печи и увеличению тепловых потерь);
- в дуговой печи постоянного тока требуются специальные меры по предотвращению отклонения дуги из-за явления магнитного дутья;
- ввод в электрическую цепь полупроводникового источника снижает надежность установок и повышает их стоимость;
- необходимость более тщательного и равномерного подогрева шихты[10].

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

В таблице 4.1 представлены основные параметры серии дуговых печей постоянного тока для плавки стали и чугуна.

Таблица 4.1 – Основные параметры серии дуговых печей постоянного тока для плавки стали и чугуна

Тип печи	ДП-0,1	ДП-0,25	ДП-0,5	ДП-1,5	ДП-3,0	ДП-6,0	ДП-12	ДП-25	ДП-50
Мощность источника питания, кВт	250	400	630	1600	2500	5000	9600	18360	43200
Тип преобразователя	Транз-ный	Транз-ный	Транз-ный	Транз-ный	Транз-ный	Транз-ный	Тир-ный	Тир-ный	Тир-ный
Напряжение питающей сети, кВ	0,38	0,38	0,38; 6; 10	0,38; 6; 10	0,38; 6; 10	0,38; 6; 10	6; 10	6; 10; 35	6; 10; 35
Номинальная емкость печей, т	0,1	0,25	0,5	1,5	3,0	6,0	12	25	50
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	735	590	560	540	530	520	520	520	520
Время расплавления, мин.	40	30	32	36	46	50	60	45	36
Производительность печей по расплавлению, т/час	0,15	0,5	0,94	2,5	3,9	7,2	12	33,3	83,3

4.2 Сравнение дуговых печей для выплавки стали

Дуговые печи постоянного (ДППТ) и переменного (ДСП) тока имеют аналогичные исполнения основных конструктивных элементов, одинаковые схемы загрузки шихты и разлива металла, используют одни и те же огнеупорные материалы, позволяют применить одни и те же технологические процессы плавления и доводки металла.

Дуговые печи постоянного тока (ДППТ) – это крупнейшее продвижение в технологии дуговых печей. ДППТ вобрала в себя накопленный опыт эксплуатации и конструирования дуговых сталеплавильных печей переменного тока (ДСП) и

мощных преобразователей постоянного тока. Аналогичные конструктивные исполнения важнейших элементов печей ДСП и ДППТ – кожуха и свода, механизмов наклона печи и перемещения электрода, одинаковая схема загрузки шихты и разлива металла, использование одних и тех же огнеупорных материалов – позволяют хорошо вписать ДППТ в существующие технологические линии литейных и металлургических цехов, почти полностью используя разработанные технологические процессы плавления и рафинирования металла.

ДППТ – новейшее поколение агрегатов, используемое для плавки и выдержки:

- сталей любых марок;
- чугунов (в т.ч. синтетического и чугунов на основе Fe-C-Al);
- алюминия и сплавов на его основе (в т.ч. шлаков, содержащих 30...45 % металлического алюминия, с высвобождением до 98 % алюминия из шлаков);
- меди и сплавов на ее основе, любых отходов меди (в шихте допускается до 100 % стружки, выход годного до 98,5 %);
- различных ферросплавов, в т.ч. ферротитана, феррохрома, феррованадия, низкоуглеродистого и металлического ферромарганца, силикокальция, карбида кальция, а также шлаковых отходов, образующихся при производстве ферросплавов на типовых печах [11].

На рисунке 4.2 представлен эскиз электродуговой печи постоянного тока для плавления чугуна и стали.

Электропитание ДППТ производится от специализированного полупроводникового источника постоянного тока, отрицательный полюс которого соединяется со сводовым электродом (катодом), а положительный полюс соединяется с конструкцией токоподвода к переплавляемому металлу (аноду).

Преобразователь постоянного тока оснащён электронным регулятором, обеспечивающим высокую стабильность и независимую тонкую регулировку токового режима в широком диапазоне изменения напряжения печной дуги. Кроме того, источник имеет регулятор, обеспечивающий поддержание заданного уровня напряжения дуги путем осевого перемещения сводового электрода, при котором происходит изменение длины дуги.

Наличие двух независимо работающих регуляторов тока и напряжения печной дуги на печах ДППТ позволяет обеспечивать на них в период расплавления более высокую, по сравнению с печами ДСП, стабильность электрического режима, вследствие чего ликвидируются толчки давления в рабочем пространстве печи.

Благодаря способности подовых электродов самовосстанавливаться в процессе плавки и возможности горячих межплавочных ремонтов подины, ресурс непрерывной работы подовых электродов составляет 2...3 тысячи плавов, после чего подовый электрод проходит техническое обслуживание и устанавливается на печь для повторной эксплуатации.

Важным технологическим преимуществом печей ДППТ, является эффективное электромагнитное перемешивание ванны металла полем проходящего через нее постоянного тока. Использование электромагнитного перемешивания, наряду с созданием в печном пространстве восстановительной атмосферы, позволяет экономней расходовать ферросплавы.

В ДППТ расплавляемый металл контактирует только с анодным пятном электрической дуги, а в ДСП на металле попеременно располагаются анодное и катодное пятна. Поскольку плотность тока и удельный тепловой поток в анодном пятне на порядок ниже, чем в катодном, при плавке в ДППТ испаряется значительно меньше металла и шлака и образуется в 6...8 раз меньше пыли, чем при плавке в ДСП [12].

Вместе с тем, постоянная полярность (минус) на графитизированном сводом электроде печи приводит к сокращению его эрозии по сравнению с работой на переменном токе. По опытным данным при силикотермической восстановительной плавке в дуговой печи постоянного тока расходуется 1,0...1,3 кг. электродов на 1000 кВт/час израсходованной электроэнергии. Экономия расхода графитизированных электродов при плавке стали в ДППТ по сравнению расходом в ДСП является значительной статьёй экономии.

4.3 Технология плавки сплава

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

При выплавке стали стоят две задачи: получение заданной массы жидкой стали определенного химического состава; обеспечение требуемой температуры. Первая задача включает в себя рафинирование металла, раскисление и легирование, а вторая, в случае электро-плавки, реализуется за счет тепла электрической дуги без особых затруднений. Электрические печи с кислой футеровкой обладают рядом преимуществ перед основными:

- нагрев металла осуществляется быстрее. Кислые шлаки менее электропроводны, часть мощности выделяется в шлаке, ванна глубже. Так как процессы физико-химического взаимодействия шлака и металла несущественны, то количество шлака меньше. Тепловые потери через кислую кладку меньше, электрические дуги короче, т.е. лучше передают тепло металлу;
- меньшая длительность плавки и более низкий расход электродов;
- низкая стоимость и более высокая стойкость кислой футеровки;
- меньшие потери тепла металлом из-за низкой теплопроводности шлака.

Основной недостаток кислой электропечи – невозможность удаления фосфора и серы из металла, поэтому надо использовать низкофосфористую и низкосернистую шихту.

При выплавке стали в кислой печи можно выделить основные периоды:

- завалка и расплавление;
- окислительный период;
- восстановительный период;
- раскисление и легирование.

Состав шихты подбирают так, чтобы содержание фосфора и серы в ней было ниже, чем в готовой стали, на 0,01 % и более, а углерода на 0,1...0,25 % выше. Количество возврата (литники и прибыли) не должно быть выше 50 %, так как он сильно загрязнен формовочной смесью (песком). В качестве флюсов применяют известняк или известь, плавиковый шпат, боксит, шамотный бой, шлак кислой плавки и т.д., а как окислитель – кислород, железную руду, агломерат, окатыши и др.

Расчет шихты аналитическим методом проводится в следующей последовательности:

1. Выписывается химический состав выплавляемой стали по ГОСТ 977-88;
2. Усредняется содержание марганца и кремния (таблица 4.1);

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

3. Рассчитывается масса углерода в шихте в зависимости от марки стали:

$$m_C = C_C + 0,1...0,25\% , \quad (4.1)$$

где m_C – расчетная масса шихты, кг;

C_C – верхний предел содержания углерода в стали по ГОСТ 977-88, %.

Таблица 4.1 – Усредненное содержание компонентов

Наименование	Элементы			Примеси, не более	
	C	Si	Mn	S	P
35Л	0,32...0,40	0,2...0,52	0,4...0,9	0,045	0,04
Сплав	0,360	0,360	0,650	0,023	0,020

Целесообразно расчет вести на 100 кг металлической части шихты, тогда масса компонентов в кг и их процентные соотношения численно совпадают и соотношение (4.1) упрощается:

$$M_C = 0,36 + 0,2 = 0,56 \text{ кг (или 0,66 \%);}$$

4. Составляется таблица (таблица 4) с перечнем и конкретным химическим составом компонентов, которые обозначаются $X_1, X_2, X_3...X_k$, где k – количество компонентов шихты;

Таблица 4.2 – Количество компонентов шихты

Компонент	Обозначение X_j	Массовая доля элементов, %					X_j , % *
		C	Mn	Si	S	P	
Лом стальной 2А ГОСТ 2787-86	X_1	0,11	0,62	0,32	0,03	0,025	56,378
Возврат	X_2	0,36	0,60	0,38	0,05	0,05	34,62
Чугун передельный ПЛ1 кл А кат.2 ГОСТ 805-80	X_3	4,14	0,85	0,85	0,016	0,018	7,582
Ферромарганец ФМп 78А ГОСТ 4755-91	X_4	6,8	81	5,6	0,02	0,045	0,910
Ферросилиций ФС75 А2,5 ГОСТ 1415-78	X_5	0,06	0,4	78	0,029	0,04	0,510

5. Рассчитывается масса ферромарганца и ферросилиция по формуле:

$$m_j = \frac{MC_j(1 + Y_i)}{I_{ij}} , \quad (4.2)$$

где C_i – среднее содержание $i^{го}$ элемента (в данном случае Mn и Si) в стали, %;

Y_i – угар $i^{\text{го}}$ элемента в долях единицы;

l_{ij} – содержание $i^{\text{го}}$ элемента в $j^{\text{ом}}$ компоненте (в данном случае в ФМп и ФС).

$$m_{\text{ФМп}} = \frac{100 \cdot 0,67(1 + 0,1)}{81} = 0,910 \text{ кг (или 0,91 \%)},$$

$$m_{\text{ФС}} = \frac{100 \cdot 0,36(1 + 0,15)}{78} = 0,510 \text{ кг (или 0,51 \%)}.$$

6. Рассчитывается масса лома (m_1) и чугуна (m_2) что численно равно X_1 и X_3 .

В балансе выплавляемой стали возврат (X_2) 30 % или 30 кг на 100 кг стали.

Массы лома (X_1) и чугуна (X_3) рассчитываются из уравнений, составленных на основе баланса металла и углерода.

$$X_1 + X_2 = 100 - \sum_{j=1}^k m_j,$$

$$C_1 \cdot X_1 + C_2 \cdot X_2 = 100m_c - \sum_{j=1}^k C_{c_j} \cdot m_j.$$

где X_1 и X_2 – массовая доля, % соответственно лома и чугуна;

C_{c_j} – массовая доля углерода в $j^{\text{ом}}$ компоненте, %.

$$X_1 + X_3 = 100 - 0,51 - 0,91 - 34,62,$$

$$0,11 \cdot X_1 + 4,14 \cdot X_3 = 100 \cdot 0,56 - 0,91 \cdot 6,5 - 0,51 \cdot 0,06 - 34,62 \cdot 0,36,$$

$$\begin{cases} X_1 + X_3 = 63,96, \\ 0,11X_1 + 4,14X_3 = 37,591, \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_1 = 63,96 - X_3, \\ 0,11(63,96 - X_3) + 4,14X_3 = 37,591, \end{cases}$$

$$7,036 - 0,11X_3 + 4,14X_3 = 37,591,$$

$$4,03X_3 = 30,555,$$

$$X_3 = \frac{30,555}{4,03} = 7,582,$$

$$X_1 = 63,96 - X_3 = 63,96 - 7,582 = 56,378.$$

Решением 2-х уравнений получены следующие значения: $X_1 = 56,378$ кг (%); $X_3 = 7,582$ кг (%).

7. Проводится проверка соответствия требований ГОСТа по содержанию серы и фосфора из уравнений баланса соответствующего элемента:

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

$$S\% = \frac{\sum_{j=1}^K m_j \cdot C_{sj}}{M} \leq [S\%],$$

$$P\% = \frac{\sum_{j=1}^K m_j \cdot C_{sj}}{M} \leq [P\%].$$

где [S %] и [P %] – предельные содержания, соответственно серы и фосфора по ГОСТ 977-88.

$$S\% = \frac{56,378 \cdot 0,03 + 34,62 \cdot 0,05 + 7,582 \cdot 0,016 + 0,91 \cdot 0,02 + 0,51 \cdot 0,029}{100} = 0,035\% < [0,05],$$

$$P\% = \frac{56,378 \cdot 0,025 + 34,62 \cdot 0,05 + 7,582 \cdot 0,018 + 0,91 \cdot 0,045 + 0,51 \cdot 0,04}{100} = 0,033 < [0,05].$$

Таким образом, рассчитанный состав шихты удовлетворяет требованиям ГОСТ 977-88 и может быть использована для выплавки стали 35Л в дуговой печи с кислой футеровкой.

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 [13].

Исходя из вышеизложенных преимуществ для проектируемой технологии выбрана дуговая печь ДППТ-3

Техническая характеристика ДППТ-3:

- мощность источника питания, кВА; 2500;
- напряжение питающей сети, кВ 10;
- производительность, т/ч; 3,5;
- номинальная емкость, т; 3;
- температура перегрева металла, °С; 1700.

Температура расплава при выпуске из печи – 1580...1600 °С. Температура заливки форм – 1510...1530 °С.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Правила по обеспечению безопасности деятельности в литейном производстве содержат требования по безопасности к устройству технологического оборудования и безопасному ведению технологических процессов получения жидких расплавов и сплавов для литейного производства и являются обязательными при проектировании, строительстве, модернизации, реконструкции и эксплуатации цехов, отделений и технологических агрегатов этих производств, а также при изготовлении оборудования для них и при ремонтах.

5.1 Общие положения

"Правила безопасности в литейном производстве" распространяются на действующие, строящиеся и реконструируемые литейные производства (цехи, участка) предприятий и организаций независимо от их организационно - правовых форм и форм собственности. На указанные производства распространяются также "Общие правила безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности"

С учетом требований Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ:

Опасные производственные объекты с момента ввода и на весь период эксплуатации подлежат обязательному страхованию ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта.

Опасные технические устройства литейных производств, на которых получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов, подлежат регистрации в государственном реестре в установленном порядке.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности.

Технические устройства, здания и сооружения опасных литейных производств в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленные сроки.

Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию Госгортехнадзора России на проведение указанной работы.

Технологическое оборудование должно иметь автоматизированное и механизированное управление, а также обеспечивать безаварийную работу, автоматический контроль и автоматическое регулирование процесса.

Литейные работы, связанные с опасностью возникновения пожара или взрыва, должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.010, ГОСТ 12.1.004 и "Правил пожарной безопасности в Российской Федерации" (ППБ 01-93), утвержденных ГУГПС МВД России 16.10.93. Все производственные помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.

Технологические процессы литейного производства, связанные с применением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), а также с выделением пыли, вредных веществ и тепла, должны проводиться на специально оборудованных участках. На таре, применяемой для транспортировки ЛВЖ и опасных веществ, должны быть нанесены знаки безопасности по ГОСТ 19433.

Грузоподъемные машины, механизмы и приспособления должны соответствовать требованиям "Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" (ПБ 10-14-92), утвержденных Госгортехнадзором России 30.12.92.

Подготовка и переподготовка работников основных профессий для литейных производств производится предприятием или учебной организацией, имеющими лицензии Госгортехнадзора России на подготовку кадров.

Допуск рабочих к самостоятельной работе должен оформляться распоряжением по производству.

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>63</i>

5.2 Освещение

Естественное и искусственное освещение выполняется в соответствии с требованиями строительных норм и правил (СНиП 23-05-95) и "Правил устройства электроустановок".

В литейном цехе должны быть следующие виды освещения:

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

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

Светильники рабочего и аварийного освещения должны располагаться так, чтобы обеспечивалась требуемая освещенность, надежность крепления, безопасность и удобство их обслуживания. Для обслуживания светильников, расположенных над кранами или кран - балками, должны быть предусмотрены специальные площадки.

5.3 Профилактические осмотры и ремонт агрегатов и оборудования

Содержание, осмотр, ремонт и чистка технологического оборудования и технологических агрегатов литейных цехов должны выполняться в соответствии с требованиями "Общих правил безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности" и "Правил безопасности в сталеплавильном производстве".

Перенесение сроков капитальных ремонтов основного металлургического оборудования допускается при наличии разрешения инстанции, утвердившей график ремонта, и технического освидетельствования оборудования, содержащего заключение о возможности его дальнейшей эксплуатации, которое

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

должно быть согласовано с территориальными органами Госгортехнадзора России.

В литейных цехах должны быть составлены инструкции с указанием объектов, агрегатов и оборудования, ремонт которых должен производиться с применением бирочной системы, нарядов - допусков или оформлением проекта организации работ, утвержденного главным инженером предприятия.

Основные технологические агрегаты по выплавке металлов и сплавов на их основе после реконструкции, модернизации и капитального ремонта могут быть введены в эксплуатацию только после приемки их комиссией, назначенной директором или главным инженером предприятия.

5.4 Требования к исходным материалам, заготовкам и полуфабрикатам

Металлическая шихта для плавильных агрегатов должна быть с минимальным пригаром песка и кокса. Разделка материалов (лигатур, флюсов и т.п.), содержащих вредные компоненты, должна быть автоматизирована или механизирована.

Резка металлического лома должна производиться в соответствии с требованиями СН 1009-73 "Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов". Крупногабаритный лом должен разделяться в соответствии с инструкцией, утвержденной главным инженером предприятия. Металлическая стружка (алюминий, чугун, сталь и др.), используемая в качестве шихты для выплавки металла, должна быть полностью обезжирена перед поступлением в плавильные агрегаты.

Используемые в литейном производстве материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ 2787, ТУ и технологическим инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия.

Перед применением шихта должна:

- быть проверена на взрывобезопасность, радиационную безопасность;
- соответствовать по фракциям,

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

- просушена,
- очищена от нефтепродуктов и посторонних включений.

Применение, хранение, подготовка взрыво-, пожароопасных материалов осуществляется по специальным инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия.

5.5 Требования к производственным процессам

Все процессы приготовления формовочных и стержневых смесей, перевозки исходных материалов и смесей должны быть механизированы.

Управление всей системой механизированных смесеприготовительных отделений должно быть централизовано. Остановку машин и механизмов на ремонт и пуск их после ремонта необходимо осуществлять с обязательным применением бирочной системы [14].

Рабочие места для изготовления форм и стержней должны быть оборудованы уборочными решетками, обеспечивающими прием и удаление просыпи смеси.

Система управления должна обеспечивать выполнение технологических операций в требуемой последовательности, исключать одновременное выполнение несовместимых операций и обеспечивать в автоматическом режиме начало работы на данной позиции при фиксированном положении соответствующих элементов механизмов.

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

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

Сушка и ремонт разливочных ковшей должны проводиться на специальных стендах или площадках, оборудованных местной вытяжной вентиляцией. Ремонт

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		66

ковшей должен производиться после их охлаждения до температуры не выше 45 °С. Допуск ремонтных рабочих в крупные ковши должен производиться лишь после удаления нависающих остатков шлака, скрапа и футеровки. Ломку футеровки должны проводить механизированным способом.

Заливочная площадка литейного конвейера должна быть оборудована верхнебоковыми отсосами с панелями равномерного всасывания на всю длину рабочей площадки и до начала охладительного кожуха.

Участки охлаждения литейного конвейера должны быть оборудованы сплошным вентилируемым кожухом с торцевыми проемами и патрубками для удаления газов. Работы по выбивке, транспортировке отливок и выбитой смеси должны быть механизированы или автоматизированы. Выбивные решетки должны оборудоваться укрытиями, конструкция которых определяется конкретными условиями использования. Все участки выбивки должны быть оборудованы местной пылеотсасывающей вентиляцией, а решетки с накатными укрытиями - душирующими устройствами.

Включение в работу выбивных решеток должно быть заблокировано с работой вытяжной вентиляционной системы и транспортеров для уборки выбитой смеси и отливок. При наличии кожуха с отсосом в верхней части или накатного укрытия включение в работу решетки должно быть заблокировано с закрытием кожуха. Эксплуатация выбивных решеток без укрытия запрещается.

Внутренние поверхности кожухов выбивных решеток должны иметь облицовку из звукопоглощающих материалов, которые допускают очистку от загрязнения. Вокруг выбивных решеток должны быть проходы шириной не менее 1 м. Выбивка отливок из форм должна проводиться после окончания процесса кристаллизации металла в форме. Продолжительность остывания отливок в форме должна быть указана в технологической документации.

Транспортирование отливок к месту очистки и обратно, их загрузка и выгрузка из очистных камер и установок должны быть механизированы.

Обрубка и очистка отливок должны проводиться на специально оборудованных рабочих местах, имеющих постоянно установленные или переносные ограждения для защиты рабочих от отлетающих осколков. Обрубка и очистка должны проводиться при температуре отливок не выше 45 °С.

Участки очистки отливок ручными шлифовальными машинами с абразивными кругами должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией с устройством боковых пылеприемников, решеток в полу или верстаке.

Конструкция очистных галтовочных барабанов периодического действия должна предусматривать:

- прочные крышки и запоры, противостоящие центробежной силе и ударам отливок;
- устройства, предотвращающие включение привода барабана при загрузке и выгрузке;
- ограждение мест загрузки откидным кожухом с блокировкой, отключающей привод машины при откинутах кожухе. Привод барабана должен иметь устройство, обеспечивающее надежную остановку загруженного барабана в любом положении [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработаны плавильный и формовочно-заливочно-выбивной участки цеха стального литья производительностью 13000 тонн.

Для изготовления литейной формы и стержней применяется ALPHA-SET процесс и оборудование фирмы IMF. Это дает возможность получения стержней и отливок высокой точности и с качественной поверхностью, автоматизации процесса, повышения производительности и уменьшения затрат в литейном производстве. Готовые отливки проходят обязательный контроль. Отработанная смесь проходит соответствующую обработку и возвращается в технологический процесс. Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано и рассчитано оптимальное количество оборудования и сделана планировка цеха с указанием всех технологических потоков.

Спроектированные участки цеха стального литья отвечает всем требованиям строительным и санитарным нормам и правилам. Проведён комплекс работ по обеспечению безопасности труда персонала цеха, а также снижению вредного воздействия производства и его отходов на окружающую среду.

Разработана технология изготовления отливки «Ролик» из стали 35Л.

В специальной части работы проведено сравнение дуговых печей для выплавки стали.

В разделе безопасность жизнедеятельности приведены мероприятия по обеспечению безопасной работы цеха.

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективные направления развития литейного производства России и задачи Российской ассоциации литейщиков. – <http://www.is.tula.ru/lib/npravlenia.pdf>.

2. Дубровин, В.К. Технологические процессы литья: учебное пособие для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлению 150400 "Металлургия" / В.К. Дубровин, А.В. Карпинский, О.М. Заславская. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 193, с.

2. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник/ Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.

4. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л. Г. Знаменский, В.К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2016. – 163 с.

5. 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.

6. Аксенов, П.Н. Технология литейного производства / П.Н. Аксенов. – М.: Машгиз, 1957. – 418 с.

7. Кулаков, Б.А. Проектирование и реконструкция литейных цехов: учебное пособие к выполнению дипломного проекта / Б.А. Кулаков, Л.Г. Знаменский, О.В. Ивочкина и др. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 144 с.

8. Сайт «IMF Group» – [http://www.imf-moscow.ru/equipment/fast loop.html](http://www.imf-moscow.ru/equipment/fast%20loop.html).

9. Вдовин К. Н., Технология литейного производства: учебное пособие / К.Н. Вдовин. – Магнитогорск МГТУ, 2001. – 115 с.

10. Сайт «Украинская ассоциация сталеплавильщиков». – <http://uas.su/books/2011/dsp/1321/razdel1321.php>.

11. Сайт фирмы «Оптим тоledo». – <http://optim-toledo.com/my-predlagaem/dugovyе-pechi-postoyannogo-toka-dppt>.

					22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

12. Лукьянов, В.И. Оборудование литейных цехов: учебное пособие / В.И. Лукьянов, К.В. Шаров, А.М. Ханов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 421 с.

13. Евстигнеев, А. И. Специальные технологии литейного производства: учебное пособие / А. И. Евстигнеев, Е. А. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2012. – 436 с.

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

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

					<i>22.03.02.2019.174.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		71