

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Факультет материаловедения и металлургических технологий
Кафедра пирометаллургических и линейных технологий

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор
_____/Б.А. Кулаков/
«__» _____ 2017 г.

Технология изготовления отливки «Кронштейн» из стали 25Л

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.03.02.2017. .ПЗ ВКР

Консультант

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Руководитель работы

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Консультант

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Автор работы

студент группы П-437

(должность)
_____/Кирилик А.В./
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Консультант

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Нормоконтролер

(должность)
_____/_____
(подпись) (И.О.Ф.)
«__» _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Кирилик А. В. Технология изготовления отливки «Кронштейн» из стали 25Л. Челябинск, ЮУрГУ, ПЗ – 537, 2017 г., 58 с., 5 чертежей, 2 плаката, библиографический список – 12 наименований.

Дипломная работа посвящена разработке технологии изготовления отливки «Кронштейн» из стали 25Л ГОСТ 977-88 в разовую песчаную форму с применением холоднотвердеющих смесей.

В проекте описаны основные этапы проектирования технологии для литой детали: назначены припуски на механическую обработку, выбрано оптимальное положение отливки в форме в период заливки и затвердевания, разработана конструкция стержней и стержневых знаков, спроектирована и рассчитана литниково-питающая система. Кроме того, выбраны составы формовочной и стержневых смесей, а также описана технология получения сплава и изготовления формы.

					<i>22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ</i>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Кирилик</i>				<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Карпинский</i>			<i>Д</i>	<i>58</i>	<i>2</i>
<i>Т.конт.</i>					<i>Технология изготовления отливки «Кронштейн» из стали 25Л</i>		
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский</i>					
<i>Чтв</i>		<i>Кирилик</i>					
					<i>ЮУрГУ Кафедра ПМиЛТ</i>		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ	6
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	11
2.1 Анализ технологичности отливки	11
2.2 Выбор способа изготовления отливки	11
2.3 Выбор положения отливки в форме	12
2.4 Определение поверхности разъема формы	13
2.5 Определение припусков на механическую обработку	14
2.6 Определение формовочных уклонов	14
2.7 Определение литейной усадки	14
2.8 Определение количества и конструкции стержней	15
2.9 Разработка конструкции и расчет прибылей	17
2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы	18
2.11 Определение габаритов опок	23
2.12 Выбор модельного комплекта	23
2.13 Выбор состава формовочных смесей	24
2.14 Выбор состава стержневых смесей	25
2.15 Технология плавки сплава	26
2.16 Разработка технологии сборки и заливки форм	27
2.17 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок	29
2.18 Разработка системы контроля технологии качества отливок	30
3 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ И ПРОЦЕССОВ	32
3.1 Вакуум-процесс (V-процесс)	32
3.2 Сейсатцу-процесс	34
3.3 Литье по газифицируемым моделям	35
3.4 Безопочная формовка (ХТС-процесс)	36
3.5 Смеси холодного отверждения	38
3.6 Свойства и необходимые количества Alpha-Set смолы и отвердителей	41
3.7 Требования, предъявляемые к свежему песку	42
3.8 Требования, предъявляемые к регенерированному Alpha-Set – песку	42
3.9 Факторы, влияющие на отверждение смеси	43
3.10 Смесители, подходящие для Alpha-Set – процесса	44
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	46

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

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

3

4.1	Общая характеристика литейного цеха	46
4.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов	47
4.3	Безопасность материалов, производственных процессов и оборудования	48
4.3.1	Безопасность производственных процессов	48
4.3.2	Безопасность производственного оборудования	49
4.3.3	Электробезопасность	50
4.3.4	Пожаровзрывобезопасность	51
4.4	Охрана природной среды	53
4.4.1	Очистка выбросов в атмосферу	53
4.4.2	Очистка производственных сточных вод	54
4.4.3	Обезвреживание и утилизация отходов	55
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
4

ВВЕДЕНИЕ

Литье является одним из наиболее распространенных способов производства заготовок для деталей машин. Примерно около 70 % заготовок (по массе) получают литьем, а в некоторых отраслях машиностроения, например, в станкостроении, 90...95 %. Широкое распространение литейного производства объясняется большими его преимуществами по сравнению с другими способами производства заготовок (ковкой, штамповкой). Литьем можно получить заготовки практически любой сложности с минимальными припусками на обработку. Это очень важное преимущество, так как сокращение затрат на обработку резанием снижает себестоимость изделий и уменьшает расход металла. Кроме того, производство литых заготовок значительно дешевле, чем, например, производство поковок.

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

Современное технологическое оборудование и современные технологии проектируемого цеха позволят не только повысить производительность, но и улучшить качество и механические свойства всех выпускаемых отливок металлургического назначения и снижения количества брака.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
5

1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ

Литейное производство является одной из важнейших отраслей отечественного машиностроения. В настоящее время в России насчитывается около 1650 литейных предприятий, которые, по экспертной оценке, произвели в 2006 году 7,68 млн. тонн отливок, в том числе из чугуна – 5,28 млн. тонн, из стали – 1,3 млн. тонн, из цветных сплавов – 1,1, млн. тонн [1].

Объёмы производства литых заготовок находятся в пропорциональной зависимости от объёмов производства машиностроительной продукции, так как доля литых деталей в автомобилях, тракторах, комбайнах, танках, самолётах и других машинах составляет 40...50 %, а в металлорежущих станках и кузнечнопрессовом оборудовании доходит до 80 % массы и до 25 % стоимости изделия, но не смотря на повсеместное применение литых изделий, на сегодняшний день практически все литейные предприятия требуют обширной модернизации.

Имея теоретическое преимущество в 36 % от цены конечной продукции благодаря низкой стоимости сырья, энергии и труда, российская литейная промышленность съедает это преимущество за счет расточительного использования ресурсов. Как следствие, российской литейной отрасли сложно конкурировать на внешних рынках за счет соотношения цена-качество: цена приближается к уровню европейских производителей, а качество зачастую не соответствует стандартам.

Только немногие российские предприятия имеют опыт и экспортируют свою продукцию за пределы стран СНГ. В связи с этим российские предприятия до сих пор не испытывали потребности в следовании жестким системам качества. Доля брака на российских литейных предприятиях значительно варьируется и может составлять от доли процента на ведущих производствах до 15...30 % в среднем по отрасли. По сравнению с европейскими предприятиями уровень брака в России (в процентном отношении к выпускаемой продукции) в 2 раза выше. Однако

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
6

зарубежные требования к качеству значительно превышают российские. Это означает, что если бы российское литье проходило проверку на качество по европейским стандартам, уровень брака был бы в среднем в 4 раза выше.

В России практически все предприятия имеют низкий уровень автоматизации и механизации, обширно используется ручной метод формовки, изготовление отливок как правило происходит в песчано-глинистые формы, уровень загрязнений на предприятиях далек от стандартов. Это приводит к тому, что по сравнению с зарубежными российские литейные предприятия:

- используют на 14 % больше металла на тонну готовой продукции;
- должны эксплуатировать свои производственные мощности в два раза дольше, эффективно используя при этом всего лишь 50 % существующих производственных мощностей;
- имеют выработку продукции на одного человека в 3,6 раза ниже.

Ряд предприятий в России уже активно внедряют передовые практики по улучшению производства и ресурсоэффективности. Хотя показатели этих предприятий (лучших по индустрии в РФ) приближаются к средним показателям в Европе [2].

Реализовать стратегические возможности повышения конкурентоспособности и рентабельности можно за счет модернизации старых и создания новых предприятий, используя современные технологии изготовления готовой продукции и контроля ее качества, а также качества технологического процесса.

Известно, что наилучшие показатели универсальности, обеспечивающие высокое качество отливок, имеют автоматические формовочные линии (АФЛ), которые являются «сердцем» литейного цеха.

На сегодняшний день современные АФЛ в большинстве случаев работают по «Сейатцу-процессу» (Seiatsu Process), в котором уплотнение песчано-глинистой смеси осуществляется воздушным потоком (импульсом) с дальнейшим гидравлическим прессованием многоплунжерной головкой.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
7

Ранее существовало мнение, что АФЛ малоэффективны для мелкосерийного производства. Однако сегодня это мнение явно устарело и современные АФЛ выпускают отливки любых серий – одновременно единицы одних, сотни и тысячи других отливок самых различных конфигураций и размеров.

Так же используются и другие методы повышающие производительность и улучшающие качество продукции.

К таким новым технологиям относятся:

- литье методом вакуумно-пленочной формовки (ВПФ);
- литье в холоднотвердеющих смесях (ХТС);
- литье по газифицируемым моделям (ЛГМ).

Все эти технологии имеют применение в зарубежных странах, что выводит их в лидеры литейного производства.

Так же серьёзной проблемой литейного производства остаётся экология. При производстве одной тонны отливок из сплавов чёрных металлов выделяется около 50 кг пыли, 250 кг окиси углерода, 1,5...2 кг окиси серы, 1 кг окиси углеводородов. Весьма важной проблемой является утилизация твёрдых отходов литейного производства. Отработанные формовочные и стержневые смеси, относящиеся к 4-й категории опасности, составляют 90 % отходов. Поэтому для каждого предприятия с точки зрения экономической целесообразности и экологической безопасности производства требуется регенерация отработанных смесей в местах их образования. С этой целью необходима срочная реконструкция литейных цехов, которая должна осуществляться на базе новых, экологически чистых технологических процессов и материалов, прогрессивных плавильных агрегатов, смесеприготовительного и формообразующего оборудования, обеспечивающих получение высококачественных отливок, которые будут отвечать европейским и мировым стандартам.

К мероприятиям по модернизации могут быть отнесены:

- на плавильных участках – замена вагранок индукционными печами (при этом объём вредных выбросов сокращается: пыли и углекислого газа – в 13 раз,

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
8

двуокиси серы -в 30 раз), применение для плавки чугуна и стали дуговых печей постоянного тока с одним электродом сокращает пылевыведение в 2 раза;

- на формовочных и стержневых участках – создание и применение малотоксичных и нетоксичных составов смесей;
- на термообрубных участках – повышение эффективности работы вентиляционных систем и утилизация твёрдых отходов.

Из перечисленных мер следует особо выделить меры по экологической безопасности на стержневых участках, которые используют синтетические смолы в качестве связующих. По экспертным оценкам сегодня эти технологии дают до 70 % загрязнений природной среды от литейных цехов. При нагреве форм и стержней в интервале 400...800 градусов Цельсия наблюдается интенсивное выделение фенола, бензола, толуола, крезола, формальдегида, аммиака и других газов, которые в интервале температур 800...1200 °С приводят к образованию углекислого газа, окиси углерода, углеводородов, двуокиси серы и азота. Особо опасен канцерогенный бензопирен, который вызывает генные мутации и раковые заболевания (он образуется при неполном сгорании топлива). Синтетические смолы соответствуют технологическим требованиям и отвечают критериям модернизации, на современном оборудовании соответствуют экологическим нормативам, которые непосильны большинству литейных цехов. Помимо этого, необходимо применять в цехах современные системы газоочистки и фильтрации.

На сегодняшний день в России уверенно развиваются предприятия, производящие современное литейное оборудование, поэтому необходимо смелее и увереннее использовать их продукцию (формовочные машины, линии) производимые одним из крупнейших в Европе заводов литейного машиностроения "Сиблитмаш" (г. Новосибирск), плавильное оборудование компании "РЭЛТЕК" (г. Екатеринбург), отечественные формовочные связующие материалы, лигатуры и модификаторы. Для получения качественных литых заготовок в разовых песчаных формах в России имеются все необходимые исходные материалы (пески, глины, бентониты), выпускаемые Миллеровским,

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
9

Хакасским, Воронежским, Лужским, Серпуховским горно-обогатительными комбинатами и другими предприятиями [3].

Для производства форм и стержней с использованием холоднотвердеющих смесей (ХТС) выпускается достаточное количество различных связующих материалов и отвердителей отечественными предприятиями: "Уралхимпласт" (г. Нижний Тагил), ОАО "Карболит" (г. Орехово-Зуево), ОАО "Тверьхимволокно" (г. Тверь), НПО "Карбохим" (г. Дзержинск) и другими.

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

Для выплавки чугуна и стали в России производятся плавильные комплексы высокой надёжности и качества, не уступающие немецким и американским. Компания "РЭЛТЕК" (г. Екатеринбург) по праву является лидером по производству электроплавильного и электротермического оборудования в России.

Современное отечественное литейное производство имеет ряд проблем, требующих радикальных решений, которые должны основываться на опыте зарубежных стран, богатой сырьевой базе, а также интеллектуальных ресурсах России.

В данном разделе было проведено сравнение отечественных и зарубежных технологий и решений. Приведены преимущества и недостатки зарубежного и отечественного оборудования, применяемого в проектируемом цехе. А также рассмотрены общие современные тенденции развития литейного производства России.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
10

2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Анализ технологичности отливки

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

Анализ чертежа детали «Кронштейн» показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем. Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 15 мм, габаритные размеры детали 517,5x260x262 мм. Отверстия диаметром 20 мм и меньше литьем не изготавливаем, минимальные литейные радиусы 5 мм.

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

Конфигурация внутренних полостей, отверстий, обрабатываемых поверхностей и расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства в разовые песчаные формы [4].

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.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
11

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

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

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

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

2.3 Выбор положения отливки в форме

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

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

12

заливке необходимо обеспечить соблюдение ряда условий, позволяющих получать качественную отливку при минимальных расходах на ее изготовление.

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

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

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

2.4 Определение поверхности разъема формы

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

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

- минимальное количество разъемов, обеспечивающих удобство
- формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- свободное извлечение модели из формы;

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

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
13

- 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 чертеже «Деталь с элементами литейной формы»

2.5 Определение припусков на механическую обработку

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

Припуски на механическую обработку для отливок из черных и цветных металлов и сплавов назначаются по ГОСТ 26645-85.

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

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы и отливки.

2.6 Определение формовочных уклонов

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

Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92.

Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения и составляют $0^{\circ}50'$.

2.7 Определение литейной усадки

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
14

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

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

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

Литейная усадка для данной отливки составляет 2 %.

2.8 Определение количества и конструкции стержней

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

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

Стержень №1 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 150x150x85,5 мм.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
15

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=1$ мм для нижней полуформы, $S_1=1$ мм для верхней полуформы. Уклон на знаке стержня 5° . Эскиз стержня №1 представлен на рисунке 2.1.

Стержень №2 занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня 245x103x152 мм.

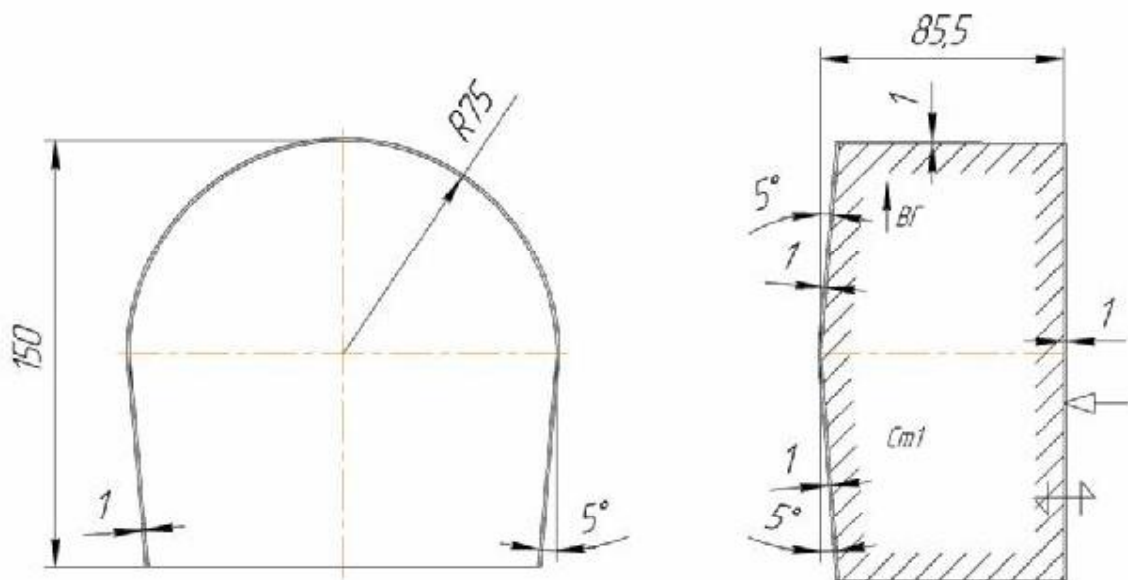


Рисунок 2.1 – Эскиз стержня №1

Зазор между формой и знаком стержня равен $S_1=1$ мм для нижней полуформы, $S_1=1$ мм для верхней полуформы. Уклон на знаке стержня $2...5^\circ$. Эскиз стержня №2 представлен на рисунке 2.2.

Объем прибыли определим по формуле (1):

$$V_{\Pi} = 0,045 \times 10 \times 0,000261 / (1 - 0,045 \times 10) = 0,000214 \text{ м}^3.$$

Эскиз прибыли представлен на рисунке 2.3.

Приближенный технологический выход годного (ТВГ) определяется по формуле:

$$\text{ТВГ} = \frac{V_o}{(1 - \varepsilon_v)(V_o + V_{\Pi})} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где V_o – объем отливки, м^3 ;

V_{Π} – объем прибыли, м^3 .

$$\text{ТВГ} = \frac{0,000261}{(1 - 0,045)(0,000261 + 0,000214)} \cdot 100 = 57,6 \%,$$

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
18

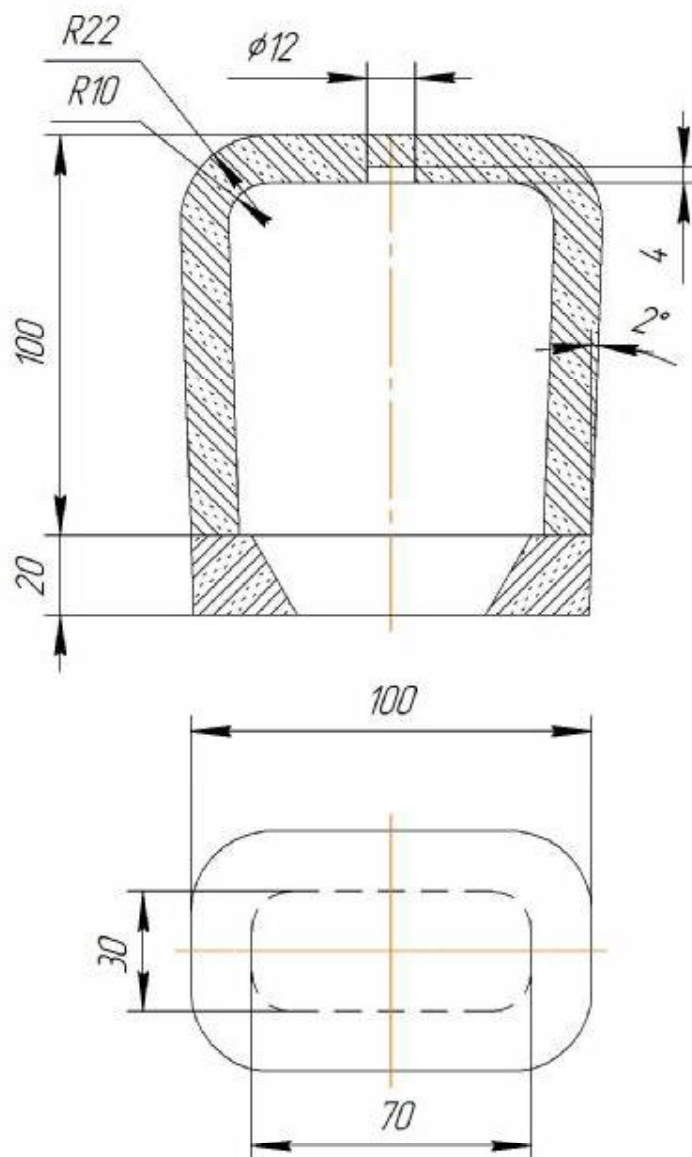


Рисунок 2.3 – Эскиз прибыли №1

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

2.10 Разработка конструкции и расчет литниковой системы

Литниковая система состоит из литниковой воронки, стояка, шлакоуловителя и питателей. Питатели непосредственно примыкают к полости формы, они выполнены так, чтобы литниковую систему можно было легче отделить, не

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист

19

повредив отливку. Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша. Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [5]:

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

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;

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

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

$$G = G_{\text{отл}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{лс}}, \quad (2.4)$$

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

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

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

$$G = 54,5 + 5 + 5,5 = 65 \text{ кг.}$$

Подставляя в формулу (2.3) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=14$ мм, $G=65$ кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{14 \cdot 65} = 13,6 \text{ с.}$$

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

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}}, \quad (2.5)$$

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

C – высота отливки по положению в форме, мм;

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
20

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

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

Подставляя в формулу (2.5) значения высоты отливки $C=262$ мм, $\tau_{\text{опт}}=13,69$ с, получим:

$$V_{\text{ср}}=262/13,69 = 19,31 \text{ мм/с.}$$

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

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

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (2.6)$$

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

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

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

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

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (2.7)$$

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

P – высота отливки над питателем, мм;

C – высота отливки по положению в форме, мм.

$$H_{\text{ср}} = 350 - 152^2/2 \times 262 = 305,9 \text{ мм} = 0,306 \text{ м.}$$

Подставляя в формулу (2.6) значения $G=65$ кг; $\mu_{\text{ф}}=0,41$; $\tau_{\text{опт}}=13,6$ с; $\rho=7800$ кг/м³; $g=9,81$ м/с²; $H_{\text{ср}}=0,306$ м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки:

$$F_{\text{уз}} = \frac{65}{0,41 \cdot 7800 \cdot 13,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,306}} = 0,00085 \text{ м}^2 = 8,5 \text{ см}^2.$$

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

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

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

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

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 отливкам будем подводить через один стояк и два шлакоуловителя.

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 2 \times F_{\text{шл}} = 1,1 \times F_{\text{п}} \times 4 = 1,1 \times 8,5 \times 4 = 18,67 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} = 1,2 \times F_{\text{п}} \times 4 = 1,2 \times 8,5 \times 4 = 40,741 \text{ см}^2.$$

Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, сверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_{\text{в}} = 80 \text{ мм}$).

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

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{2}(a + b) \times c, \quad (2.9)$$

где a – нижнее основание трапеции, мм;

b – верхнее основание трапеции, мм;

c – высота трапеции, мм.

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

$$F_{\text{ст}} = \pi R^2, \quad (2.10)$$

где R – радиус стояка, мм.

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунках 2.4 – 2.6.

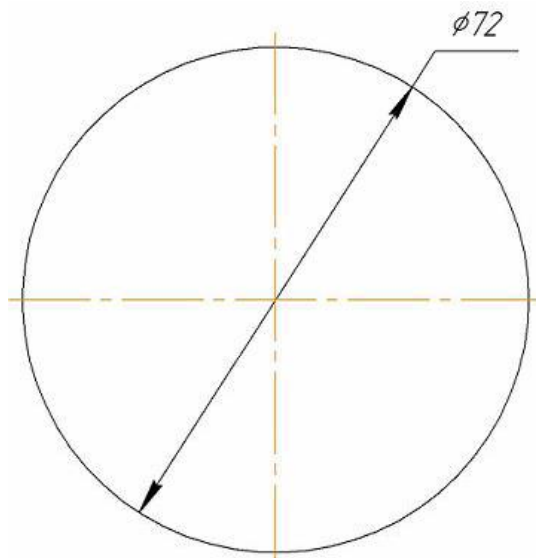


Рисунок 2.4 – Эскиз сечения стояка

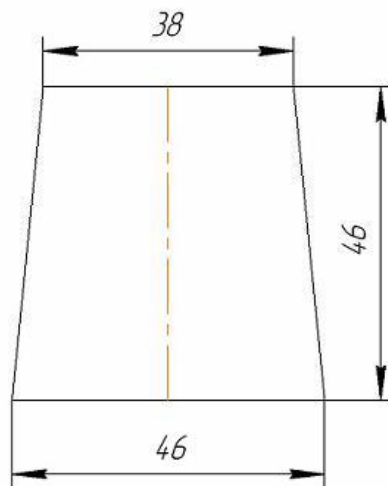


Рисунок 2.5 – Эскиз сечения шлакоуловителя

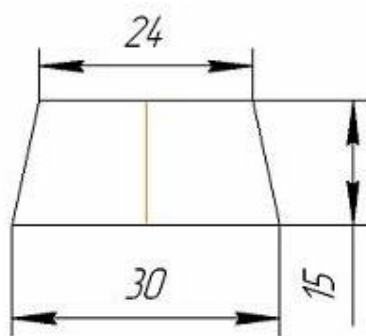


Рисунок 2.6 – Эскиз сечения питателя

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
23

2.11 Определение габаритов опок

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

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличения затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.п.

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 4 отливки в форме. После выбора опок в свету подбирают размер по высоте. Желательно применять верхнюю и нижнюю опоки равными по высоте. Высота опок определяется высотой отливки, выбором места разъема, наличием прибылей и литейной воронки. Окончательно получаем размеры опок: 1500x1000x350/350 мм [6].

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.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

24

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

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

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

2.13 Выбор состава формовочных смесей

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

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

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

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

Состав формовочной смеси, %:

- кварцевый песок 2K₂O₂02 ГОСТ 2138-91 20;

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
25

- горелая смесь 80;
- смола (сверх 100 %) 0,9...1,5;
- отвердитель ACE-1075(сверх 100 %) 0,18...0,35.

Свойства формовочной смеси:

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

2.14 Выбор состава стержневых смесей

Основные преимущества стержневой смеси, изготовленной Alfa-set процессом [7]:

- слабый запах при смешивании;
- малая токсичность на всех стадиях техпроцесса;
- достаточная прочность стержней и форм;
- возможность применения песков различной химической природы;
- весьма низкая прилипаемость к оснастке;
- возможность очистки оснастки и смесителя водой.

Состав стержневой смеси, %:

- кварцевый песок 2K₂O₂02 ГОСТ 2138-91 100;
- смола (сверх 100 %) 1,1...1,6;
- отвердитель ACE-1075(сверх 100 %) 0,22...0,4.

Свойства стержневой смеси:

- прочность на разрыв (через 1 час), МПа 1,6;

- прочность на разрыв (через 3 часа), МПа 2,4;
- прочность на разрыв (через 24 часа), МПа 3,8;
- осыпаемость, % 0,13;
- влажность, % 3;
- живучесть, мин 25;
- газотворность, см³/г до 14.

2.15 Технология плавки сплава

Для изготовления отливок используют сталь 25Л ГОСТ 977-88. Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства. Для получения жидкой стали применяется электро-дуговая печь.

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

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

Температура заливки зависит от вида сплава, массы и габарита отливки, толщины ее стенок. Причем температура расплава при выпуске из плавильной

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

27

печи должна быть на 30...100 °С выше температуры его заливки в форму. При этом надо учитывать, что чем выше металлоемкость ковша, тем ниже скорость снижения температуры расплава в ковше во времени.

Перед заливкой металла ковш предварительно подогревают до 600...700 °С с помощью газовых горелок.

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

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

2.16 Разработка технологии сборки и заливки форм

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

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.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

28

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

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

Процесс окраски осуществляется путем применения манипуляторов.

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

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

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

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

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

Изм	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
29

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

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

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

2.17 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.

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

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
30

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

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

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

2.18 Разработка системы контроля технологии качества отливок

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

- ГОСТ 805-95 Чугун передельный;
- 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 соответствии с ГОСТ 23408-78 «Смеси формовочные и стержневые. Методы отбора и подготовки проб». Химический состав сплава контролируется в

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

31

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» [8].

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист

32

3 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ И ПРОЦЕССОВ

В настоящее время существует много способов формообразования. Но наиболее современными и популярными являются:

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

3.1 Вакуум-процесс (V-процесс)

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

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

Технологические операции вакуумной формовки изображены на рисунке 3.1.

Преимущества технологии изготовления форм по Вакуум-процессу:

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

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
33

полученных в песчаной форме, и в разы дешевле аналогичных отливок в

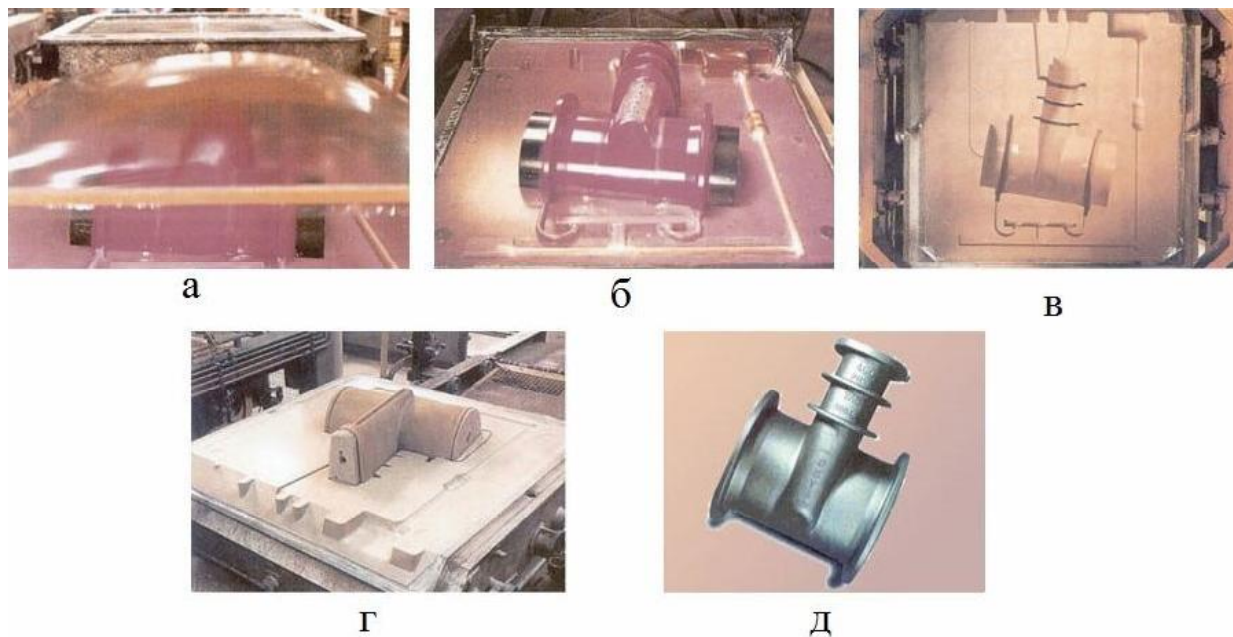


Рисунок 3.1 – Технологические операции вакуумной формовки формах из ХТС: а – обтягивание модели пленкой; б – модель обтянута пленкой; в – полуформа с пленкой; г – полуформа для заливки; д – готовая отливка.

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

- возможность выбивки отливок при высоких температурах;
- меньше затрат на термообработку отливок;
- нет необходимости в специальном обучении персонала.

Но при этом есть весомые отрицательные стороны данного процесса:

- высокая стоимость оборудования;
- сложное оборудование в плане ремонта и обслуживания;
- сложность освоения мелкосерийного производства при широкой номенклатуре отливок [9].

3.2 Сейатцу-процесс

Сейатцу – это уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием.

Преимущества способа Сейатцу:

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

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
35

- нет износа моделей, т.к. воздушный поток по поверхности модели создает эффект "псевдосмазки".

Отрицательные стороны Сейатцу-процесса:

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

3.3 Литье по газифицируемым моделям

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

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

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

Современный технологический уровень массового литейного производства предъявляет все более высокие требования к качеству отливок, их сложности, выходу годного и прочее. В этих условиях одним из перспективнейших

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
36

направлений является внедрение на существующих литейных производствах технологии литья по газифицируемым моделям (ЛГМ).

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

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

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

Отрицательные стороны ЛГМ:

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

3.4 Безопочная формовка (ХТС-процесс)

Безопочная формовка отличается высокой производительностью и экономичностью. При таком способе изготовления форм достигается достаточная точность отливок, сокращаются производственные расходы на изготовление опок, сокращаются площади цеха из-за отсутствия транспортных операций по передаче опок от выбивки к машинам. Упрощаются процессы выбивки отливок из форм.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
37

Существуют два типа автоматических машин, изготавливающих формы с вертикальным и горизонтальным разрезами. В безопочных формах может быть получена широкая номенклатура отливок, начиная от ключей дверных замков до блоков цилиндров двигателей малолитражных автомобилей. Безопочная формовка заключается в том, что форма изготавливается на машине в специальных опоках, которые после установки на место заливки снимаются [10].

Преимущества безопочной горизонтальной формовки:

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

Отрицательные стороны данного процесса по ХТС смесям:

- большой объём отходов (но с совершенствованием технологий регенерации большая часть отходов возвращается в производственный цикл);
- нерешённость вопросов экологии;

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

38

- большой объём применяемых вспомогательных материалов, что влечёт за собой необходимость в значительных производственных площадях и в специальном оборудовании для их переработки (установки регенерации смесей, места для хранения смол).

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

3.5 Смесей холодного отверждения

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

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

Выбираем Alpha-Set – процесс в силу ряда положительных качеств таких как: высокая термостойкость (по сравнению с другими процессами ХТС), отсутствие N, S и P в своем составе, высокому качеству литья поверхностей и уровню достигаемой экологической безопасности. Также допускается смешивание смесей системы Alpha-Set с системой Beta-Set, что является положительным качеством. Процесс универсален, то есть может применяться с использованием одних и тех же

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

39

связующих материалов как при производстве чугунных, так и стальных отливок. Сравнение системы Alpha-Set с другими системами холодного отверждения представлены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Сравнение системы Alpha-Set с другими системами холодного отверждения

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

Окончание таблицы 3.1

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

Таблица 3.2 – Сравнение характеристик отливки при использовании Alpha-Set и других систем холодного отверждения

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

3.6 Свойства и необходимые количества Alpha-Set смолы и отвердителей

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

Alpha-Set – отвердители представляют собой смесь эфиров, лактонов и карбонатов. Скорость затвердевания смеси регулируется составом отвердителя, а не его количеством. Примеры влияния различных Alpha-Set - отвердителей Borden Chemical UK на время живучести смеси и время извлечения из оснастки приведены в таблице 3.3:

Таблица 3.3 – Время живучести смеси и время извлечения из оснастки

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

На этапе приготовления формовочной смеси отвердитель добавляется всегда раньше смолы. Количество отвердителя рассчитывается от количества добавляемой смолы и должно составлять 20...22 % от количества смолы. Особо мелкозернистые и пылесодержащие пески могут потребовать до 24 % отвердителя для достижения оптимальных значений прочности. Добавляемое количество смолы при формовке составляет 1,2...1,6 % и при изготовлении стержней 1,3...1,8 % от

количества песка. Соответствующие значения предела прочности на изгиб на хорошем кварцевом песке составляют 150...300 Н/см².

3.7 Требования, предъявляемые к свежему песку

Для связующей Alpha-Set системы важно, чтобы содержание пыли в формовочном песке было как можно ниже. В остальном система сравнительно не чувствительна в отношении свежего песка. Наилучшие значения прочности достигаются на кварцевом песке, с содержанием мелкодисперсных частиц пыли размером от 0 до 0,125 мм меньше 2 % и остатком на сетке 0,125 мм максимально 5 %. Средний размер зёрен такого песка составляет 0,25...0,30 мм. К сожалению, средний размер зерна песка многих песчаных карьеров России составляет 0,20...0,22 мм, доля мелкодисперсной пыли в нём явно превышает 2 %, а остаток на сетке 0,125 мм выше 5 %. При работе на таком свежем песке потребность в Alpha-Set – смоле составляет 1,4...1,6 %, тогда как при работе на свежем песке с содержанием мелкодисперсной пыли менее 2 % потребность в смоле составляет 1,2...1,3 %.

Alpha-Set – связующие подходят особенно хорошо для нейтрально-щелочных песков, таких как хромитовые, цирконовые и оливинные. Низкая теплоёмкость хромитового песка в сочетании с высокой теплопроводностью делает хромитовый песок хорошо подходящим для многих проблемных мест при литье стали и особенно при изготовлении стержней. При необходимости возможно разделение качественного хромитового песка от регенерированной смеси с помощью мощного магнитного сепаратора и использование его в дальнейшем, в смеси со свежим хромитовым песком. Однако с другой стороны переход, к примеру, от формовки с использованием смол с кислотным отверждением на Alpha-Set – формовку позволяет без исключения снизить потребность в хромитовом песке.

3.8 Требования, предъявляемые к регенерированному Alpha-Set – песку

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
43

Регенерированный Alpha-Set –песок должен быть по возможности без пыли и с равномерной температурой. Доля регенерированного Alpha-Set – песка в формовочной смеси, средний размер зерна которого 0,25...0,30 мм составляет обычно при формовке 70...90 %, а при изготовлении стержней 0...50 %. В случае использования кварцевого песка, средний размер зерна которого 0,20...0,22 мм в качестве свежего песка, доля регенерированного Alpha-Set –песка при формовке составляет обычно 60...80 %, а при изготовлении стержней 0...40 %. Необходимо следить за потерями при прокаливании регенерированного песка. Допустимыми потерями считаются потери величиной в 0,8...1,6 %, а при литье стали не должны превышать по крайней мере 2,0 %. Превышение данного показателя отрицательно влияет на показатель прочности смеси по причине уменьшения времени живучести смеси.

3.9 Факторы, влияющие на отверждение смеси

Количество Alpha-Set – смолы и отвердителя в смеси не оказывает значительного влияния на скорость отверждения смеси в том случае, если количество отвердителя составляет 20...25 % от количества смолы. Влияние температурного фактора при низких температурах меньше, чем, например, в процессах с кислотным отверждением при использовании фурановых смол. Низкая температура смеси замедляет процесс её отверждения, но с применением более быстрых отвердителей можно гарантировать отверждение даже при температуре песка близких к 0 °С. Также сквозное отверждение хорошее, даже при низкой температуре смеси. При работе в теплых условиях необходимо помнить, что температура смеси должна быть ниже 35 °С.

Количество пыли, содержащейся в песке также оказывает влияние на отверждение и показатели прочности Alpha-Set – смеси. По своим свойствам пыль,

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
44

содержащаяся в песке делится на два класса: растворимую и нерастворимую в щелочной фенольной смоле.

Растворимая в щелочной фенольной смоле пыль образуется из солей металлов, таких как ацетат кальция и натрия, карбонатов и силикатов. Эти химические соединения образуются в регенерированной смеси при термическом разложении Alpha-Set – смолы при значениях температуры от 200 до 400°С. При повторном использовании песка соли металлов растворяются Alpha-Set – смолой и препятствуют отверждению смеси, уменьшая время её живучести. Таким образом, с помощью использования более медленных отвердителей и добавления небольшого количества воды в регенерированную смесь возможно значительное улучшение прочностных свойств смеси.

Нерастворимая в щелочной фенольной смоле пыль, такая как природная песчаная пыль, используемые при литье и обработке расплава вспомогательные продукты, а также присутствующая в формовочном песке инертная пыль влияют на увеличение потребности в Alpha-Set – смоле и особенно отвердителе, но не оказывают такого же сильного влияния на отверждение смеси как растворимая в смоле пыль.

Эффективное удаление пыли из свежего и особенно из механически регенерированного Alpha-Set – песка является основным условием для достижения хороших значений прочности смеси, таких как прочность на изгиб.

3.10 Смесители, подходящие для Alpha-Set – процесса

Эффективнее всего перемешивание смеси происходит в смесителе непрерывного действия, рукав которого опорожняется после завершения перемешивания. Подходящими являются такие типы смесителей, в которых смола и отвердитель подаются в один рукав с быстро вращающимся шнеком (свыше 500 об/мин). Также хорошо подходят типы смесителей, в которые

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
45

отвердитель подаётся в первый рукав, а смола во второй рукав с быстро вращающимся шнеком.

В то же время ограничено использование для Alpha-Set процесса смесителей, в которых смола и отвердитель предварительно перемешиваются в двух разных рукавах, а затем смеси объединяется и перемешивается в третьем рукаве. В случае постоянной подачи смеси такие смесители работают хорошо, но если в процессе формовки имеются перерывы длительностью свыше двух часов, то это отрицательно влияет на не полностью перемешанную с песком смолу, оставшуюся в рукаве смесителя. При этом недостаточно перемешанная смесь приобретает красноватый цвет и показатели прочности снижаются в зависимости от длительности простоя. В случае простоя смесителя более трёх часов рукав необходимо опорожнить. Рукав с отвердителем не требует опорожнения, даже если простой длится несколько дней.

В России представлено множество фирм-производителей (IMF, HWS, AIT, Savelli и другие), которые предлагают оборудование по работе с Alpha-Set смесями.

В качестве производителя оборудования выбираем итальянскую фирму IMF, так как оборудование этой фирмы считается надежным и имеет положительные отзывы. Также немаловажным фактором является, что в России есть большое количество фирм-представителей и фирма IMF является одним из лидеров на рынке формовочного оборудования.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
46

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Общая характеристика литейного цеха

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

Для безопасности передвижения по территории цеха большое внимание уделяется организации грузопотоков.

Полы в литейном цехе должны обладать высокой прочностью, износостойкостью к воздействию агрессивных сред, расплавленных металлов, раскаленных деталей. С учетом вышесказанного в отделениях литейного цеха применяют типы полов, удовлетворяющие требованиям: диэлектричности, безыскровости, беспыльности, бесшовности, теплоусвоения, повышенной химической стойкости. Таким образом, в плавильном, формовочном, выбивном, стержневом, обрубном отделениях, а также в закромах формовочных материалов литейного цеха предусмотрены стальные перфорированные плиты, толщиной 1,5...3 мм, а на участке заливки плиты из жаростойкого бетона. Для складов шихты применяют стальные рифленые плиты толщиной 8 мм.

Предприятие относится ко 2-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.1.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии (500 м). В соответствии с СанПиН 2.2.3.1385-03 – «Требования к предприятиям металлургической промышленности».

Расстояние от рабочих мест до отдельно стоящих зданий составляет 30 м. Расстояние от цеха до пункта питания составляет 30 м. Санитарно-защитная зона и территория цеха озеленяется.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
47

Зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов, шума, ветров; она ослабляет отрицательное влияние высокой температуры летом и освежает воздух. Между санитарно-защитной зоной и жилым районом предусмотрена полоса древесно-кустарниковых насаждений шириной 20 м. Все площадки, лестницы, канавы ограждаются перилами, высотой 1,2 м со сплошной обшивкой понизу на высоту 0,2 м. Лестницы имеют уклон 40°.

4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В проектируемом цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-03 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», при проведении технологического процесса на всех стадиях обработки металлов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделение паров и газов; избыточное выделение теплоты; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; наличие движущихся машин и механизмов и т.д. Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм людей работающих в цехе, приводят к различным заболеваниям и быстрой утомляемости, опасные же факторы влекут за собой травматизм и летальный исход.

Проектируемый цех находится в городе Челябинск. Необходимые для анализа параметры представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Природно-климатические условия местности расположения цеха

Наименование показателя	Холодный период	Тёплый период
Экстремальная температура, °С	-47	40
Наиболее холодная пятидневка, °С	-38	-
Скорость ветра, м/с	3,7	4
Количество осадков, мм	114	383

В проектируемом цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
48

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещённости;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи.

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

4.3 Безопасность материалов, производственных процессов и оборудования

4.3.1 Безопасность производственных процессов

Безопасность производственных процессов определяется, в первую очередь, безопасностью производственного оборудования, которая обеспечивается учётом требований безопасности при составлении технического задания на его проектирование.

Безопасность техпроцессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.3.002-11 «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Важным условием по соблюдению безопасности технологических процессов является проведение профилактических мероприятий.

К специальным средствам обеспечения безопасности труда относятся системы освещения и вентиляции производственных помещений, разрывы и габариты безопасности, расстояние между путями железнодорожного транспорта.

Для обеспечения безопасности операций по хранению и переработке исходных шихтовых, огнеупорных и формовочных материалов используются бункера и закрома. Для транспортировки шихтовых материалов предусматривается

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
49

механизированное оборудование, которое освобождает рабочих от тяжёлого физического труда и снижает травматизм.

Выбивные решётки и другое опасное оборудование отделяется от других производственных зон оградительными устройствами, тем самым, исключая или уменьшая воздействие вредных и опасных факторов.

Работа выбивной решётки связана с работой вытяжной вентиляции и системой ленточных транспортёров для регенерации смеси, что существенно снижает выделение вредных веществ и уменьшает риск травматизма [11].

4.3.2 Безопасность производственного оборудования

Опасные зоны снабжаются защитными блокировочными ограждениями ГОСТ 12.2.046.0-04 «Оборудование производственное. Ограждения защитные» полностью исключая травмирующее воздействие оператора при выполнении технологических операций.

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

Во избежание выброса металла всё литейное оборудование, контактируемое с ним, просушивается на специальных стендах.

Работы по выбивке, транспортированию отливок и отработанной смеси механизированы ГОСТ 12.4.125-85 «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация».

Для предотвращения пожара от короткого замыкания и перегрузки электропроводки предусмотрены плавкие предохранители и заземление ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
50

Специальные требования безопасности к различным группам литейного оборудования рассмотрены на примере формовочных вибрационных столов для уплотнения стержней и форм, изготавливаемых из ХТС.

Конструкция стола должна предусматривать:

- дистанционное управление;
- рольганг для транспортировки опок или стержневых ящиков;
- надёжное крепление и ограждение вибровозбудителя.

Конструкция стола должна исключать смещение опок или стержневых ящиков за его пределы при работающих вибровозбудителях.

4.3.3 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе обеспечивается следующими мерами:

- электрическое разделение сети трансформаторами;
- применение малых напряжений;
- использование двойной изоляции;
- выравнивание потенциала;
- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- применение специальных электробезопасных средств;
- организация безопасности установок.

Контроль электробезопасности осуществляется по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах.

Проверка изоляции должна осуществляться раз в два месяца.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
51

Напряжения прикосновения и тока, протекающие через тело человека при нормальном (ненаправленном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Напряжения прикосновения и тока

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50Гц	2,0	0,3
Переменный, 400Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 4.2 составлена в соответствии с ГОСТ 30331.3 - 95 «Защита от поражения электрическим током». Электроустановки соответствуют ПУЭ (правила устройства электроустановок).

Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта. Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться: монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления по ГОСТ 12.1.019-01.

4.3.4 Пожаровзрывобезопасность

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории В пожароопасных. Степень огнестойкости здания зависит от степени возгораемости и предела огнестойкости его строительных конструкций.

Категории пожарной опасности процесса цеха соответствует I степень огнестойкости здания с пределом R120 – несущие конструкции.

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
52

огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров, легковоспламеняющихся жидкостей, горючей пыли.

Показатели пожаровзрывоопасности веществ представлены в таблице 4.3.

Нарушение технологического режима и неисправность электрооборудования приводит к пожарам, которые представляют опасность и причиняют большой ущерб. Поэтому в цехе предусмотрены меры профилактики и активной взрыво- и пожарной защиты ГОСТ 12.1.004-99 «Пожарная безопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.010-96 «Взрывобезопасность. Общие требования».

Таблица 4.3 – Показатели пожаровзрывоопасности применяемых веществ, смесей и технических продуктов

Вещества, смеси и технические продукты	М	Пожаровзрывоопасность	$t_{всп}, ^\circ\text{C}$	$t_{св}, ^\circ\text{C}$	НКПВ, %	ВКПВ
Метан	16,04	ГГ	181	537	5,28	14,1
Оксид углерода	28,01	ГГ	235	605	12,5	74

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть. В цехе установлены 13 пожарных щитов, 9 ящиков с песком, 9 пожарных кранов.

Для предотвращения пожара от коротких замыканий и перегрузки электропроводки устанавливаются плавкие предохранители, а на

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

53

электродвигателях тепловые реле. В цехе предусмотрена связь со службой пожарной охраны завода и звуковая сигнализация.

Мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли и температуры поверхностей и деталей оборудования, соприкасающихся с пылью.

4.4 Охрана природной среды

Литейное производство, как и другие отрасли промышленности, является загрязнителем окружающей среды. В процессе производства образуются различные газообразные отходы и пыль, которые загрязняют атмосферу, кроме того, происходит загрязнение воды, а также образование твердых отходов, таких как шлака, отработанной смеси и др. Наиболее крупными источниками пыли и газовыделений в атмосферу в литейном цехе являются: индукционные плавильные установки; участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья. Снижение, а по возможности предотвращение попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды.

4.4.1 Очистка выбросов в атмосферу

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

На атмосферный воздух приходится более 70 % всех вредных воздействий литейного производства. При производстве 1 т отливок из стали выделяется около

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
54

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

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

Для очистки от газов в стержневом и формовочном отделении применяется каталитическая очистка, так как процесс изготовления форм и стержней сопровождается выделением вредных газов. Эффективность очистки выбросов большинства веществ (углеводорода, фенола, формальдегида, оксида азота, оксида углерода и др.) составляет до 99,8 %. На каталитическую очистку поступает 12000 м³/ч.

4.4.2 Очистка производственных сточных вод

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

Процеживание - первичная стадия обработки стоков; предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием их через решетки.

Решетки изготавливаются из металлических стержней с зазором между ними, равным 5...25 мм, и устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
55

Отстаивание предназначено для выделения из сточной воды нерастворимых и частично коллоидных механических загрязнений минерального и органического происхождения. Массовые концентрации механических загрязнений сточных вод предприятия не превышают 5 кг/м³.

Для очистки сточных вод после установки регенерации применяется очистка озонированием.

Озонирование - широко используемый способ глубокой очистки воды от фенолов, а также от других химических примесей. Озон обладает большой окислительной способностью, оказывает сильное бактерицидное действие, устраняет неприятный запах и привкус и возвращает воде естественный цвет.

4.4.3 Обезвреживание и утилизация отходов

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

Твердые отходы литейного цеха включают:

- отработанные формовочные и стержневые смеси, т/г 4900;
- просыпи, т/г 500;
- литейные шлаки, т/г 550;
- абразивную и галтовочную пыль, т/г 2300;
- огнеупорные материалы, т/г 600.

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

- широкое использование регенерации отработанных смесей с последующим возвратом песка в технологический процесс;
- утилизация твердых отходов, например путем их использования в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт;

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист
56

- создание замкнутых циклов водоснабжения с предварительной очисткой и многократным использованием воды в технологическом процессе [12].

Изм	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был разработан технологический процесс изготовления отливки «Кронштейн» из стали 25Л ГОСТ 977-88 в разовую песчаную форму с применением холоднотвердеющих смесей в соответствии с техническими требованиями на литую деталь. Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
58

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт «Ресурс машиностроения»; Ресурсоэффективность литейного производства в России. – <http://www.i-mash.ru>.
2. Семь основных мифов и заблуждений литейного производства. – <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2132/7879>.
3. Точка отсчета эффективности в литейном производстве. – http://www.rsl.npp.ru/articles/economy/article_8656.html.
4. Швабауэр, В.И. Технология изготовления отливок: Учебное пособие/ В.И. Швабауэр. - Челябинск: ЧГТУ, 1992. – 68 с.
5. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л.Г. Знаменский [и др.] – Челябинск: ЮУрГУ, 1999. - 163 с.
6. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник / Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
7. 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.
8. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник в 6-и т. Т.2 / Под ред. Е. С. Ямпольского. М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.
9. Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси // Под ред. С.С. Жуковского, А. Н. Болдина, А. И. Яковлева, А. Н. Поддубного, В. Л. Крохоткина. Учебное пособие для вузов, – Брянск изд. БГТУ, 2002. – 470 с.
10. Сайт «Союз-Литье»; Информационный ресурс по литейному производству «Союз-литье». – www.lityo.com/материалы/модельные-составы.
11. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов [и др.], под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

Изм	Лист	№ докцм.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

лист

59

12. Злобинский Б. М. Охрана труда в металлургии. – М.: Металлургия, 2005.
– 536 с.

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.296.00.00 ПЗ

Лист
60