

**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 «Колонка» из чугуна СЧ20

**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)  
\_\_\_\_\_/Ткачев А.Ю./  
(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

Ткачев А. Ю. Технология изготовления отливки «Колонка» Челябинск: 2017, ПЗ – 537, 65 с. библиографический список – 19 наименований, 4 листа чертежей ф.А1.

В дипломном проекте разработана технология изготовления отливки «Колонка» из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412–85 в соответствии с техническими требованиями на литую деталь.

Проанализировав технологичность отливки, выбрано изготовление отливки «Колонка» в разовую песчано–глинистую форму по Сейатцу - процессу с использованием холоднотвердеющей смеси для стержней. Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, определен состав шихты и технология плавки чугуна. Особое внимание уделено расчету литниково–питающей системы.

					<i>22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Ткачев</i>				<i>Лит.</i>	<i>Листов</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Ердаков</i>			<i>Д</i>	<i>65</i>	<i>2</i>	
<i>Т.конт</i>					<i>ЮУрГУ</i>			
<i>Н.конт.</i>		<i>Карпинский</i>			<i>Кафедра МуАП</i>			
<i>Утв.</i>		<i>Кцлаков</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	6
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ	12
2.1 Анализ технологичности отливки	12
2.2 Выбор способа изготовления отливки	14
2.3 Выбор положения отливки в форме	14
2.4 Определение поверхности разъема формы	15
2.5 Определение припусков на механическую обработку	16
2.6 Определение формовочных уклонов	17
2.7 Определение литейной усадки	18
2.8 Определение количества и конструкции стержней	19
2.9 Разработка конструкции и расчет литниковой системы	20
2.10 Определение габаритов опок	25
2.11 Выбор модельного комплекта	27
2.12 Выбор оборудования и технология получения сплава	28
2.13 Изготовления форм	31
2.13.1 Выбор состава формовочных смесей	31
2.13.2 Оборудование и технология приготовления формовочной смеси	31
2.14 Изготовления стержней	32
2.14.1 Выбор способа изготовления стержней	32
2.14.2 Технология изготовления стержней	33
2.14.3 Выбор состава стержневых смесей	35
2.15 Выбор состава противопригарных красок	35
2.16 Разработка технологии сборки форм	36
2.17 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок	38
2.18 Разработка системы контроля технологии качества отливок	40

3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК В «СЫРЫХ» ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ	41
3.1 Тенденции развития способов изготовления разовых форм из сырых песчано-глинистых смесей	43
3.2 Уплотнение формовочной смеси по способу СЕЙАТСУ	47
3.3 Воздушный поток и эффект от его применения	50
3.4 Преимущества СЕЙАТЦУ-процесса	51
3.5 Формовочная линия HWS стандартного исполнения	52
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	56
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	56
4.2 Вредные вещества	57
4.3 Освещение	59
4.4 Электробезопасность	59
4.5 Пожаровзрывобезопасность	61
4.6 Обезвреживание и утилизация отходов	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист
4

## ВВЕДЕНИЕ

Литье – это способ изготовления изделий, его сущность заключается в том, что в литейную форму заливают расплав определенного состава с комплексом требуемых свойств, который после затвердевания принимает конфигурацию рабочей полости формы и становится отливкой. Получение отливок в промышленности называют литейным производством.

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Массовая доля литейных заготовок в машиностроительных изделиях составляет 30...90 % и имеет тенденцию к увеличению. Непрерывно повышается выпуск отливок для автомобильного, сельскохозяйственного и тракторного машиностроения, металлургии, а также для авиации и специальной техники. В настоящее время доля выпуска отливок для этих отраслей составляет 75%. Основным способом изготовления отливок – литье в песчаные формы, которым получают около 80% отливок.

Литейное производство позволяет получить заготовки сложной конфигурации с минимальными припусками на обработку резанием и с хорошими механическими свойствами. Технологический процесс изготовления механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок. Достижения современной науки во многих случаях позволяют коренным образом изменить технологический процесс, что, в конечном счете, помогает улучшить качество продукции и повысить эффективность производства.

Целью дипломной работы является разработка технологии изготовления отливки «Колонка» из чугуна марки СЧ20.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

5

## 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

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.

В настоящее время мировое производство литых изделий достигло почти 90 млн. т. в год. При этом доля российской продукции составляет примерно 8 %, тогда как на долю Китая приходится 28...30 %, ЕС - 21 % и США - 15 %. На уровне России производят литье Япония (8 %) и Индия (6 %). Меньше России, но более 1 млн. т. в год производят Бразилия (~ 4 %), Мексика (3 %), Корея (2,5...2,7 %) и Канада (1,1...1,2 %). На перечисленные 9 стран вместе с ЕС приходится 97...98 %

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

6

мирового производства литья. При этом в последние годы можно наблюдать следующую тенденцию: доля Китая, Бразилии, Мексики и Кореи возрастает, доли ЕС и Индии практически остаются без изменений, а доли США, Японии и Канады уменьшаются.

Доля чугунного литья в общем объеме производства отливок составляет 74...75 %, а стального – 8,0...8,5 %. При этом удельная доля производства отливок из серого чугуна, составляющая примерно 50 % от общего объема литья, имеет при приросте абсолютного объема тенденцию к уменьшению. В то же время производство отливок из ЧШГ (25 %) имеет тенденцию к возрастанию, как в абсолютном, так и в относительном объеме. Объем производства КЧ не превышает 1,2...1,5 % и имеет тенденцию к дальнейшему сокращению.

Объем мирового производства стального литья небольшими темпами, но из года в год возрастает на 1...3 % и в настоящее время превышает 7 млн. т в год. Однако удельная доля стального литья неуклонно снижается и в настоящее время не превышает 8 %.

Данные о литейном производстве России приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Объемы производства литья в России

Сплав	Объем производства отливок, тыс. т.			
	2011 г	2012 г	2013 г	2014 г
Чугун	3600	3500	4800	5280
Сталь	1200	1200	1200	1300
Всего	4800	4700	6000	6580

Производство литья в России неуклонно сокращалось вплоть до 2000 г., когда оно снизилось до самого низкого уровня (4,85 млн. т. в год или 36 % от уровня 1990 г.). Возрождение литейного производства началось с 2001 г (5,15 млн. т) и за 5 последующих лет объем производства литья увеличился в 1,5 раза. Однако достигнутый уровень (7,68 млн. т) составляет лишь 57 % от уровня 1990 г. и только около 8 % мирового производства отливок [2].

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 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 [3].

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.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
8



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.

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.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист

9

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, 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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист  
10

песчаных формах в России имеются все необходимые исходные материалы (пески, глины, бентониты), выпускаемые Миллеровским, 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 так же 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 литейном цехе дипломного проекта. А так же, рассмотрены общие современные тенденции развития литейного производства России.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист

11

## 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 [4].

Анализ чертежа детали «Колонка» (рисунок 2.1) показывает, что ее конструкция достаточно технологична для изготовления литьем.

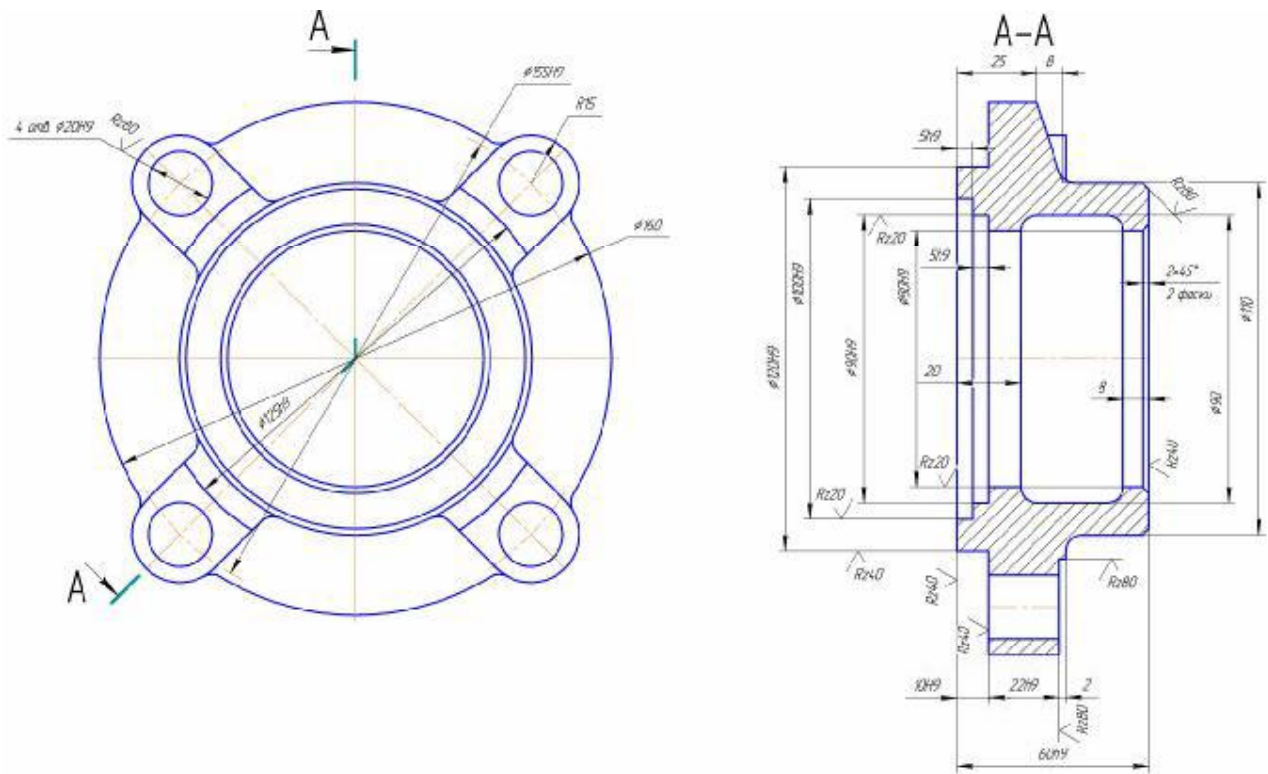


Рисунок 2.1 – Эскиз детали «Колонка»

Деталь не имеет резких переходов толщин стенок, минимальная толщина – 15 мм, габаритные размеры детали  $\varnothing 172,5 \times 60$  мм. Отверстия диаметром 10 мм и

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист

12

меньше литьем не изготавливаем, минимальные литейные радиусы 5 мм. На рисунке 2.2 показана 3D модель детали «Колонка».

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

Технические требования:

- формовочные уклоны по ГОСТ 3212–92;
- неуказанные литейные радиусы R5 мм;
- точность отливки 9-8-7-8 ГОСТ P53464-2009;
- неуказанные предельные отклонения размеров отверстий H14,

валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ ;

- литейная усадка 1%.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
13



Рисунок 2.2 – 3D модель детали «Колонка»

## 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	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

14

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 песчано-глинистая форма и стержни на основе Cold-box-amin процесса.

### 2.3 Выбор положения отливки в форме

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

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

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс. Отливка может располагаться в форме вертикально и горизонтально в момент заливки и затвердевания. Эскиз расположения отливки показан на рисунке 2.3.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

15

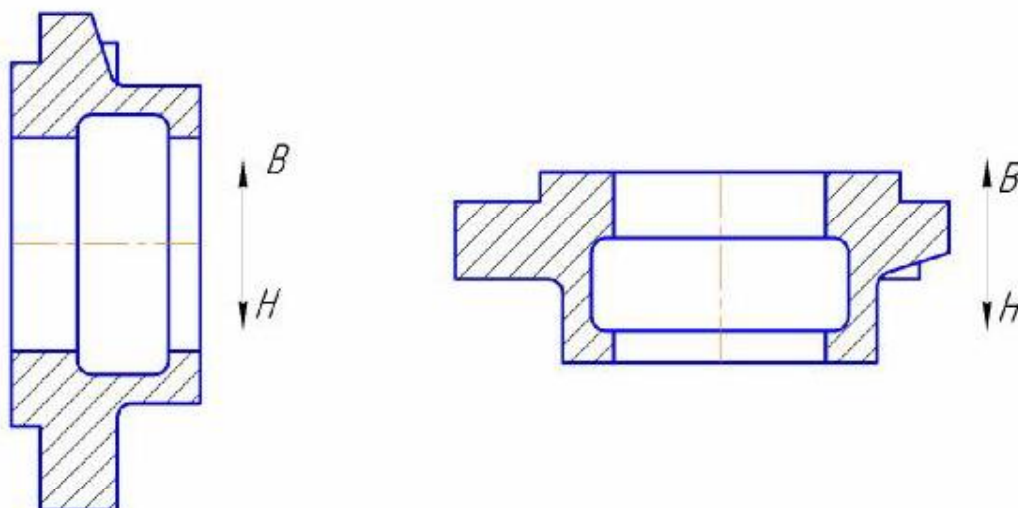


Рисунок 2.3 – Расположение отливки в форме

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

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

#### 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.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
16



При выбранном положении отливки в форме можно предложить 4 линии разреза. Первый и второй вариант являются нерациональными, т. к. для их реализации необходим дополнительный наружный стержень. Вариант три тоже не является технологичным, т. к. при его использовании нельзя получить скос на фланце (рисунок 2.4).

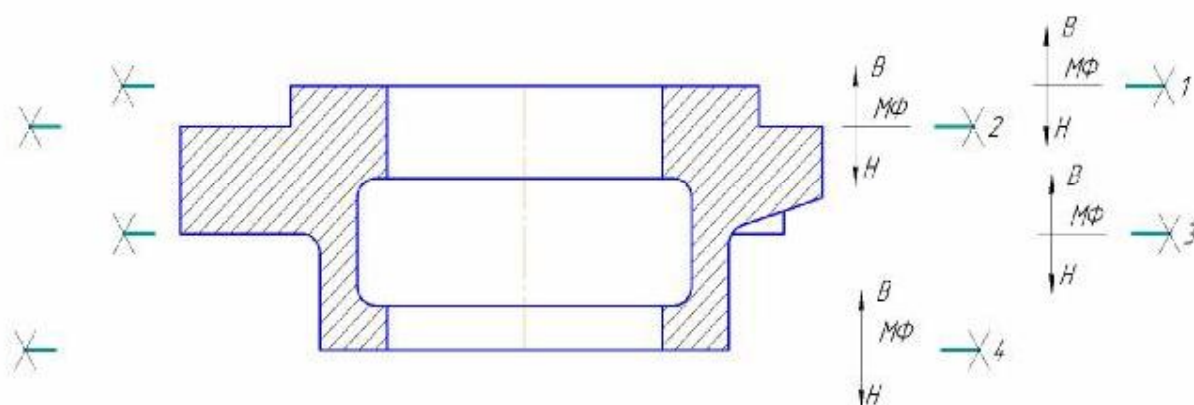


Рисунок 2.4 – Варианты линии разреза

Для изготовления отливки выбираем разъем №2. При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну поверхность разреза. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах. Выбранный разъем обеспечивает следующие технологические решения:

- минимальное количество разрезов, обеспечивающих удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- свободное извлечение модели из формы;
- простая конструкция модели без отъемных частей;
- поверхность разреза является плоскостью.

## 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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист  
17

класса точности отливки, ее номинальных и габаритных размеров, положения при заливке, способа литья и вида сплава [5].

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

Точность отливки 9 – 8 – 7 – 8 по ГОСТ Р53464–2009:

- 9 – класс размерной точности;
- 8 – степень коробления;
- 7 – степень точности поверхностей;
- 8 – класс точности массы.

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

Припуски на механическую обработку представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Припуски на механическую обработку

Параметр	Размер		
	Ø120	60	Ø80
Номинальный размер, мм	Ø120	60	Ø80
Допуск на размер, мм	2,60	2,4	2,4
Класс размерной точности	9	9	9
Шероховатость	Rz 40	Rz 40	Rz 20
Припуск на сторону	3	3	3
Размер оливки	Ø 126	66	74

Величины припусков приведены на чертеже детали с элементами литейной формы.

## 2.6 Определение формовочных уклонов

Для легкого извлечения модели из формы, на ее рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212–92. Формовочные уклоны для данной отливки назначаются в сторону увеличения толщины стенки и не превышают 2° [6].

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

18

На рисунке 2.5 показаны формовочные уклоны, на рисунке 2.6 показана 3D модель отливки «Колонка».

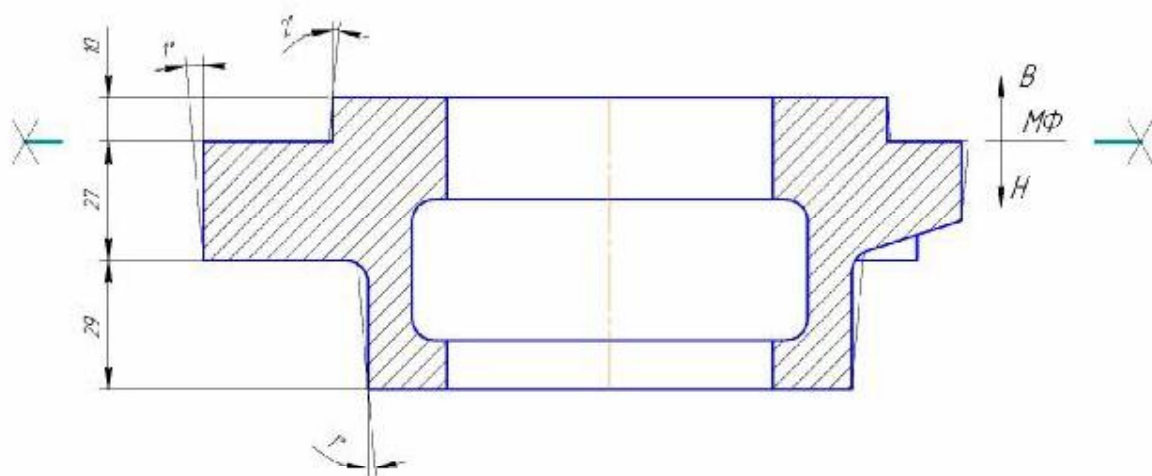


Рисунок 2.5 – Уклоны формовочные



Рисунок 2.6 – 3D модель отливки «Колонка»

## 2.7 Определение литейной усадки

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
19

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 1 %.

## 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 стержней и формой, конструктивное оформление и размеры фиксаторов на знаках выполняются в соответствии с ГОСТ 3212–92. Для изготовления данной отливки необходим один стержень.

Стержень занимает вертикальное положение, габаритные размеры стержня  $\varnothing 90 \times 106$  мм. Для получения отливки необходим 1 стержень.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

20

Зазор между формой и знаком стержня равен  $S_1=0,5$  мм для нижней полуформы,  $S_2=0,7$  мм для верхней полуформы. Высота нижнего знака 25 мм, уклон на знаке стержня  $10^\circ$ , высота верхнего знака 15 мм, уклон на верхнем знаке стержня  $10^\circ$ . Эскиз стержня №1 представлен на рисунке 2.7.

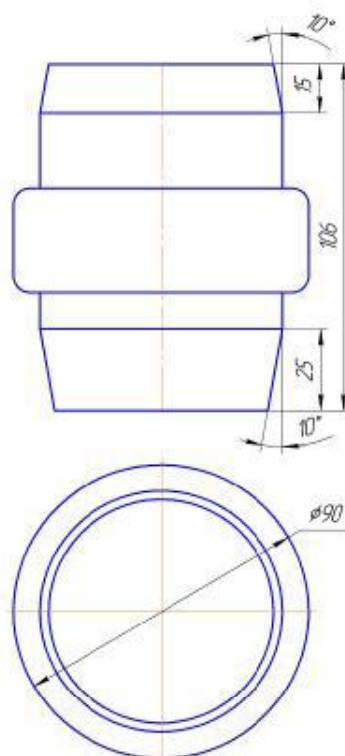


Рисунок 2.7 – Эскиз стержня №1

## 2.9 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 легко отделить, не повредив отливку. Для определения размеров каналов литниковой системы воспользуемся методикой расчета при заливке форм из поворотного ковша. Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [7]:

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
21

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;

$\delta$  – 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 [7]:

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

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.

$$G = 4,0 + 0 + 0,2 = 4,2.$$

Подставляя в формулу (2.1) значения коэффициента  $S=2$  (для отливок из чугуна), преобладающая толщина стенки отливки  $\delta=15$  мм,  $G=4,2$  кг получим:

$$\tau_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt[3]{15 \cdot 4,2} = 7,95 \text{ с.}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спай в отливке [7]:

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

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

$C$  – высота отливки по положению в форме, мм;

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

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

Подставляем в формулу (2.3) значения высоты отливки  $C=66$  мм,  $\tau_{\text{опт}}=7,95$  с, получим:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

22

$$V_{\text{ср}} = \frac{66}{7,95} = 8,29 \text{ мм / с.}$$

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

Пересчитаем оптимальную продолжительность заливки формы:

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

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{66}{15} = 4,4 \text{ с.}$$

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле [7]:

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

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

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

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

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

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

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

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле [7]:

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

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

$P$  – высота отливки над питателем, мм;

$C$  – высота отливки по положению в форме, мм.

$$H_{\text{ср}} = 150 - \frac{10^2}{2 \cdot 66} = 149,24 \text{ мм} = 0,149 \text{ м.}$$

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

23

Подставляя в формулу (2.4) значения  $G=4,2$  кг;  $\mu_f=0,42$ ;  $\tau_{\text{отг}}=4,4$  с;  $\rho=7000$  кг/м<sup>3</sup>;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H_{\text{ср}}=0,149$  м определим суммарную площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки [7]:

$$F_{\text{уз}} = \frac{4,2}{0,42 \cdot 7000 \cdot 4,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,149}} = 0,000190 \text{ м}^2 = 1,90 \text{ см}^2.$$

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  $\tau_{\text{отг}}$  [7]:

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

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

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

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

Один шлакоуловитель будет подводить металл к двум отливкам:

$$\Sigma F_{\text{шл}} = 2 \times F_{\text{шл}} = 2 \times 1,1 \times F_{\text{п}} = 2 \times 1,1 \times 1,9 = 4,18 \text{ см}^2.$$

Один стояк будет подводить металл к четырем отливкам:

$$\Sigma F_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} = 4 \times 1,2 \times F_{\text{п}} = 4 \times 1,2 \times 1,9 = 9,12 \text{ см}^2.$$

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

Так как сечения питателей и шлакоуловителей имеют форму трапеции, то размеры определяются по формуле [8]:

$$F_{\text{тр}} = \frac{1}{2}(a + b) \times c, \quad (2.7)$$

где  $a$  – нижнее основание трапеции, мм;

$b$  – верхнее основание трапеции, мм;

$c$  – высота трапеции, мм.

Высоту питателя принимаем  $0,5a$ , верхнее основание трапеции принимаем  $0,8a$ .

$$a=21 \text{ мм};$$

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

24



$$b=0,8a=0,8\cdot 21=16,8\approx 17 \text{ мм};$$

$$h=0,5a=0,5\cdot 21=10,05\approx 10 \text{ мм}.$$

Высоту шлакоуловителя принимаем  $a$ , верхнее основание трапеции принимаем  $0,8a$ .

$$a=22 \text{ мм};$$

$$b=0,8a=0,8\cdot 22=17,6\approx 18 \text{ мм};$$

$$h=a=22 \text{ мм}.$$

Так как сечение стояка имеет форму круга, то размеры определяются по формуле [8]:

$$F_{\text{ст}} = \pi R^2, \quad (2.8)$$

где  $R$  – радиус стояка, мм.

$$R = \sqrt{\frac{F_{\text{ст}}}{\pi}},$$
$$R = \sqrt{\frac{9,11}{3,14}} = 1,7 \text{ см}.$$

Диаметр стояка принимаем 34 мм.

Эскизы сечений литниковой системы представлены на рисунках 2.8 – 2.10.

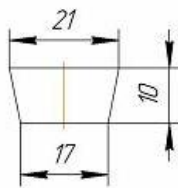


Рисунок 2.8 – Эскиз питателя

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
25

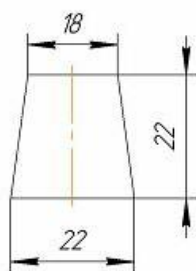


Рисунок 2.9 – Эскиз шлакоуловителя

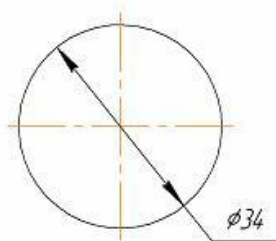


Рисунок 2.10 – Эскиз стояка

## 2.10 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 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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
26

литейной воронки. На рисунке 2.11 показана форма литейная с минимально допустимыми размерами, которые обеспечивают минимальные толщины формовочной смеси на различных участках формы.

Расчет показывает, что при расположении четырех отливок в одной форме минимально допустимым размером опок в свету является 393,2x444x62,25/131,81 мм. Выбираем ближайшие в сторону увеличения размеры опок: 600x500x150/150 мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
27

A-A

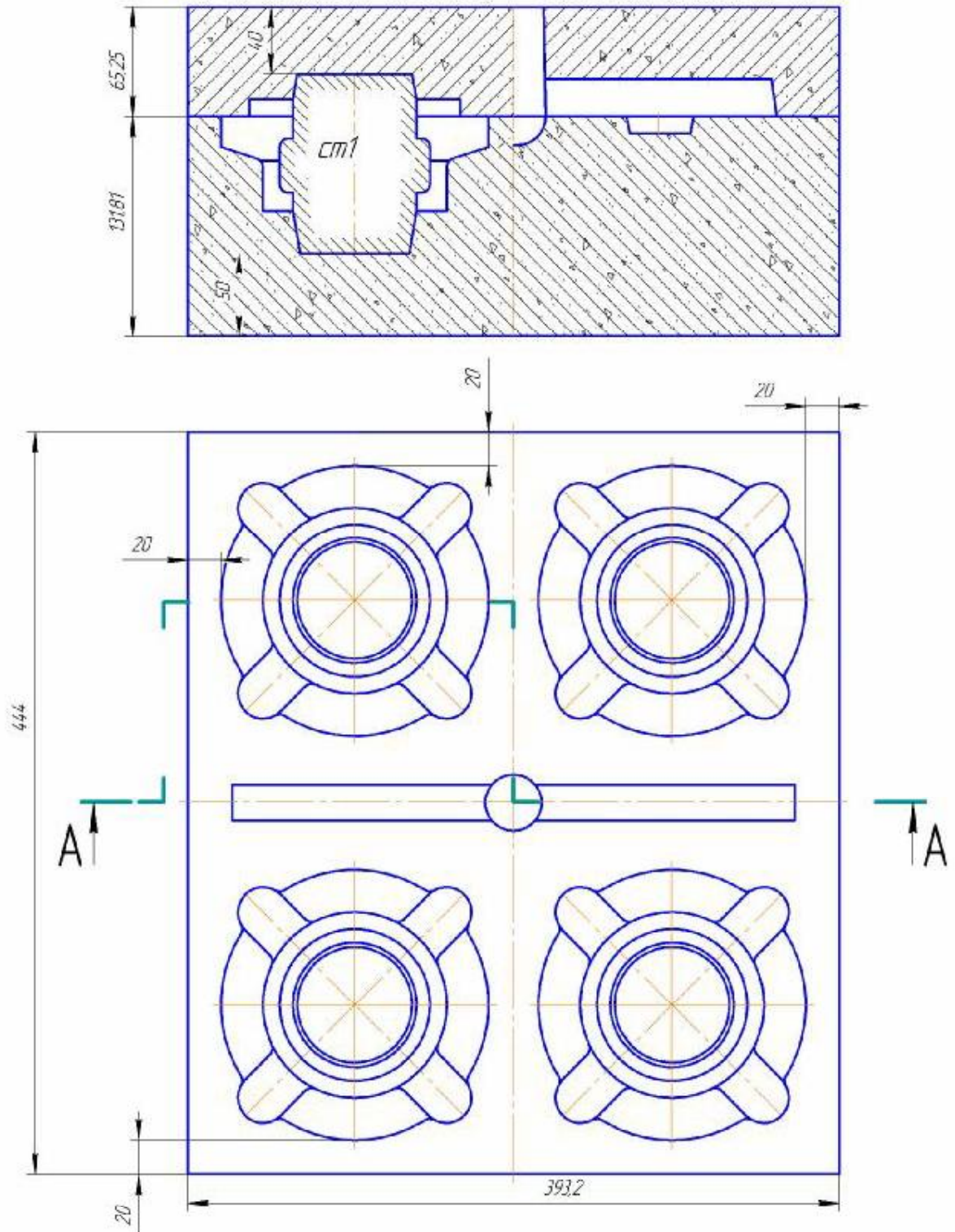


Рисунок 2.11 – Форма для четырех отливок с минимальными размерами

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
28

## 2.11 Выбор модельного комплекта

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

Модель – это приспособление для получения внутренних рабочих поверхностей в литейных песчаных формах. Стержневой ящик – это приспособление для получения стержней из песчаных смесей. К универсальной оснастке относятся опоки, подопочные и подмодельные плиты.

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

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

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

Состав модельного комплекта, применяемые материалы и количество приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Состав модельного комплекта

Название	Материал	Количество, шт
Модель верха	АК7	4
Модель низа	АК7	4
Ящик стержневой №1	АК7	1
Модель питателя	АК7	4
Модель шлакоуловителя	АК7	2
Модель стояка	АК7	1

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
29

На монтаже верха закреплены четыре модели верха. Каждая модель устанавливается на подмодельную плиту при помощи штифтов и закрепляется болтами со стопорными шайбами. Модель литниковой системы закрепляется при помощи винтов, головки винтов замазывают холодной сваркой. Модель стояка закрепляется при помощи болта.

На монтаже низа закреплены четыре модели низа, при помощи болтов и штифтов. Модель зумпфа устанавливается на подмодельную плиту при помощи болта со стопорной шайбой.

## 2.12 Выбор оборудования и технология получения сплава

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

По сравнению с индукционными печами промышленной частоты (ИППЧ) плавка чугуна на средней частоте также имеет преимущества, состоящие в следующем [9]:

- расход электроэнергии вдвое меньше, чем в ИППЧ, работающих в непрерывном цикле плавки с частичным сливом металла и периодической дозагрузки шихты;
- садочный режим плавки, т.е. без использования переходящего от плавки к плавке остатка жидкого металла («болота») позволяет исключить предварительную

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
30

сушку шихты и связанные с ней затраты, кроме этого, сократить расходы на футеровку, т.к. долговечность футеровки при садочном режиме плавки возрастает, и, наконец, исключить непроизводительные затраты труда, электроэнергии и материалов, связанные с невозможностью отключения ИППЧ на время перерывов в работе литейного производства;

– возможность работы в режиме стабилизации активной мощности на всем цикле плавки, начиная с «холодного» состояния шихты, при котором передача активной мощности на средних частотах происходит за счет ферромагнитных свойств шихты, и заканчивая расплавом металла, когда активная мощность подводится за счет протекания вихревых токов в узком слое ванны расплава, что позволяет повысить эффективность использования установленной мощности электрооборудования при высоких показателях качества потребляемой электроэнергии.

Для получения СЧ20 применяется моно-процесс: индукционная тигельная печь средней частоты MFT Ge 3000 фирмы OTTO JUNKER.

Среднечастотная тигельная печная установка состоит из следующего:

- плавильной печи (корпус печи с катушкой, наклонную раму печи, гидравлическую силовую установку, защиту ямы, панель оператора, вытяжной колпак);
- системы электроснабжения (выпрямительный трансформатор, преобразователь частоты, модуль конденсаторов, силовые кабели);
- системы управления процессом (систему взвешивания, шкаф управления оператора, процессор плавки JOKS, систему контроля тигля);
- вспомогательного оборудования (система водяного охлаждения с воздушным охладителем, система пылеулавливания, загрузочное оборудование, система составления шихты, система выталкивания тигля). Схема плавильной печи приведена на рисунке 2.12.

Технические характеристики печи MFT Ge3000 [10]:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

31

- мощность, кВт; 3000;
- производительность max, т/ч; 6;
- номинальная емкость, т; 3.

Температура заливки зависит от вида сплава, массы и габарита отливки, толщины ее стенок. Причем температура расплава при выпуске из плавильной печи должна быть на 30...100 °С выше температуры его заливки в форму. При этом надо учитывать, что чем выше металлоемкость ковша, тем ниже скорость снижения температуры расплава в ковше во времени. В цехе применяются раздаточные ковши емкостью 3 тонны и разливные емкостью 1 тонна.

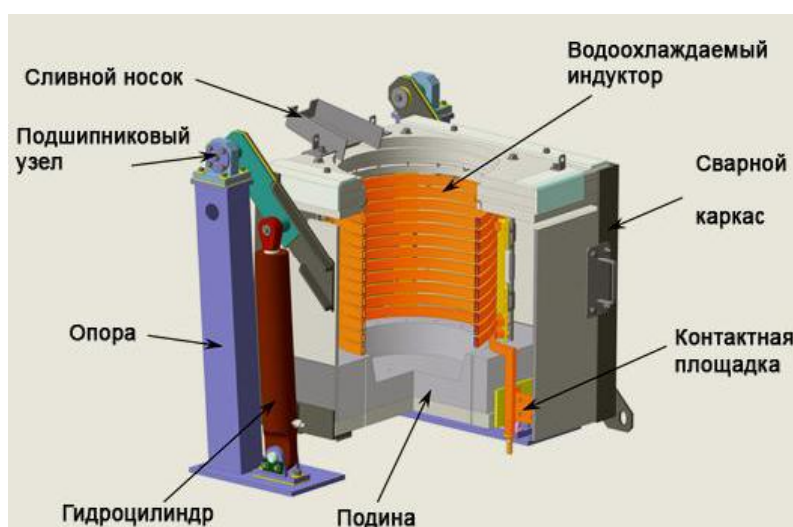


Рисунок 2.12 – Схема плавильной печи

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

Температура расплава при выпуске из печи – 1400...1380°С. Температура заливки форм – 1320...1340°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.

Пирометр находится в металлическом корпусе с лазерным целеуказателем и оптическим прицелом, оптическим прицелом, с возможностью установки

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист
32



коэффициента излучения, световая и звуковая сигнализация за установленный порог температуры, память 2000 измерений, часы реального времени [11].

Технические параметры:

- диапазон измеряемых температур, °С 600...1800;
- диапазон рабочих температур, °С 10...50.

## 2.13 Изготовления форм

### 2.13.1 Выбор состава формовочных смесей

Изготовление данной отливки происходит в песчано-глинистой форме, изготавливаются формы на основе Сейтасу процесса и заливают чугуном СЧ20.

Состав формовочной смеси, %:

- обратная смесь 94...95 % масс;
- песок 2К<sub>2</sub>О<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138–91 5...6 % масс;
- бентонитовая глина П1Т<sub>2</sub> ГОСТ 28177–89 0,8...1,0 % масс;
- графит ГОСТ4404–78 до 1,5 %.

Свойства формовочной смеси:

- прочность при сжатии, МПа 0,7...0,8;
- влагосодержание, % 3,2...3,8;
- газопроницаемость, ед 100;
- содержание активного бентонита, % 7,0...8,0.

### 2.13.2 Оборудование и технология приготовления формовочной смеси

Практика производства формовочных смесей на основе бентонитовых глин показывает, что есть два способа введения глины в формовочную смесь: в виде порошка и в виде водной суспензии. Причем, исходя из технологических особенностей SEATSU-процесса, применение бентонитовых суспензий весьма затруднено: данная формовочная смесь характеризуется высокими прочностными

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
33

характеристиками, что связано с использованием высококонцентрированных бентонитовых суспензий, однако суспензии таких бентонитов уже при содержании 10...12 масс. % твердой фазы образуют высоковязкие структуры, что не позволяет перекачивать их по трубам. Поэтому в рамках данного технологического процесса будет использоваться введение бентонита в виде порошка.

Для такого способа приготовления формовочной смеси подойдет смеситель D31 фирмы EIRICH.

Преимущества смесителей EIRICH [12]:

- оптимальная гомогенизация и обработка смешиваемого материала;
- кратчайшее время смешивания;
- малый износ;
- конструкция, не требующая особого ухода;
- непрерывный и периодический режим работы.

Технические характеристики смесителя D31 фирмы EIRICH:

- производительность, т/час 25...30;
- объем однократной загрузки max, т 6,4;
- мощность привода, кВт 45.

## 2.14 Изготовления стержней

### 2.14.1 Выбор способа изготовления стержней

Новейшие разработки ведущих производителей связующих показывают, что в настоящее время идет активный поиск в области создания «экологически» чистой системы для изготовления разовых литейных стержней. Сам факт, что этот поиск продолжается более 10-ти лет и что результаты исследований положительные является доказательством, как сложно создать универсальную систему, предлагающую литейщикам удовлетворяющий комплекс технологических характеристик. Производители оборудования для литейного производства всячески поддерживают новаторство в области литейной химии и сами участвует в

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
34

различных автономных проектах по созданию «экологически» чистых связующих. На смену «Hot-Box»-процессу с конца 70-х годов в литейной практике широкое применение получил процесс «Cold-Box» для отверждения стержней в оснастке без нагрева с продувкой газовым катализатором. Наиболее применяемыми разновидностями процесса стали в США: «Cold-Box-Amin», «Эпокси-SO<sub>2</sub>» и «Redset», в Европе: «Cold-Box-Amin», «Betaset», «FRS» и в небольших объемах другие. В отечественном литейном производстве до настоящего времени применяются процессы тепловой сушки в специальных сушилах и отверждения стержня в ящике за счет тепла его нагрева. Эти процессы не обеспечивают требуемой точности геометрических размеров стержней и, соответственно, отливки, требуют повышенных затрат энергоресурсов, имеют низкие экологические показатели.

Причины развития процессов "Cold-Box" с газовой продувкой известны. Это в первую очередь снижение энергетических затрат, высокие качественные параметры изготавливаемых стержней, возможность получать крупные стержни, превышающие по объему емкость пескострельной головки, за счет проведения нескольких выстрелов. Стоимость не нагреваемой оснастки в зависимости от материала изготовления снижается от 10 до 12 раз. Процесс замены и наладки нового комплекта существенно снижается. Выше размерная точность стержней, хорошая выбиваемость. Равномерное распределение прочности по сечению стержня. На рабочем месте более благоприятные условия труда.

#### 2.14.2 Технология изготовления стержней

Cold-Box-Amin-процесс разработан в США фирмой Ashland. Стержневая смесь содержит, %: 100 кварцевого песка и 0,6...0,8 фенольной смолы с 0,6...0/8 полиизоцианата (связующая композиция). После уплотнения смеси в ящике пескодувным или пескострельным способом стержень продувается смесью паров низкокипящей жидкости - третичного амина (триэтиламина, диметилэтиламина), с воздухом, и стержень приобретает начальную прочность, которая составляет -60%

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
35

конечного ее значения. Время продувки 2...5 с, далее 10...20 с стержень продувают воздухом для его очистки от паров амина. Расход катализатора < 1,5 г на 1 кг стержневой смеси. В результате взаимодействия компонентов связующего в присутствии катализатора (амин) образуется твердый полимер - полиуретан, который и обеспечивает высокую прочность стержня. Для подготовки, дозирования и подачи амина применяют специальные газогенераторы, которые испаряют амин, смешивают его с воздухом и подают в стержневой ящик. Смесь амина с воздухом после прохода через стержневой ящик направляется в нейтрализатор, где полностью нейтрализуется разбавленной серной кислотой с образованием водорастворимой соли - сульфата аммония.

Для производства стержней применяется стержневой автомат типа LB25 фирмы LAEMPE. Схема стержневого автомата приведена на рисунке 2.13.

Техническая характеристика стержневого автомата LB25 [13]:

– габаритные размеры стержневого ящика, мм	
в плане	600x500;
по высоте	380;
– производительность цикловая, съёмов/ч	25...45;
– объем вдува (max), кг	100.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист
36

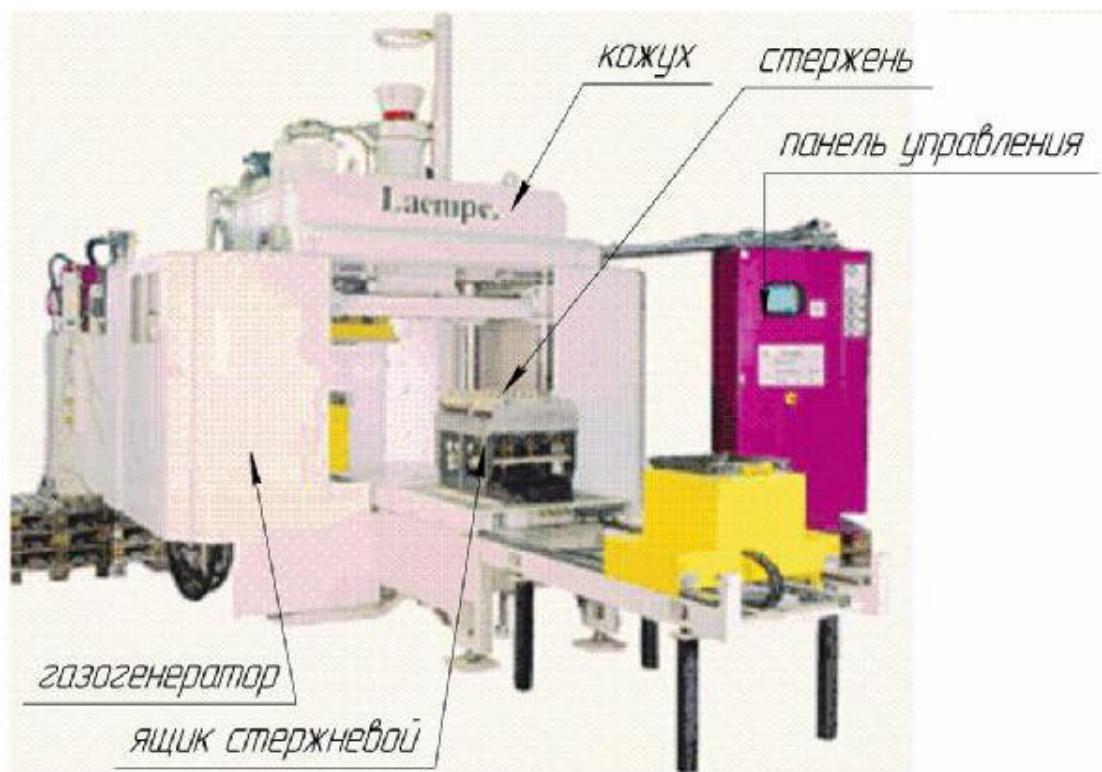


Рисунок 2.13 – Схема стержневого автомата LB25

### 2.14.3 Выбор состава стержневых смесей

Состав стержневой смеси, %:

- кварцевый песок 2K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>02 ГОСТ 2138–91 100;
- смола фенольная (сверх 100 %) 0,6...0,8;
- полиизоционат (сверх 100 %) 0,6...0,8.

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;
- влажность, % 3;
- живучесть, мин 25;
- газотворность, см<sup>3</sup>/г до 14.

### 2.15 Выбор состава противопригарных красок

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

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

Для производства данной отливки применяется противопригарное покрытие для стержней TRIOFLEX WK–DS фирмы ПОЛИМЕТ [14].

Технические параметры:

- |   |          |
|---|----------|
| – цвет                                    | бежевый; |
| – объем твердых веществ, %                | 65;      |
| – плотность (при 20°C), г/см <sup>3</sup> | 1,5;     |
| – вязкость (при 20°C), Па с               | 5.       |

## 2.16 Разработка технологии сборки форм

Все рабочие операции при изготовлении форм осуществляются на линии последовательно: выдавливание и выбивка форм, распаривание и очистка опок, изготовление новых форм, простановка стержней и спаривание, все шаги со съема заливаемых форм с тележечного конвейера до поставки новых, готовых к заливке форм на тележечный конвейер.

Для отвода выбитых отработавших смесей и просыпей на формовке нужен один ленточный конвейер. Поэтому нужен только один канал для уборочного конвейера под формовочной линией. Расходы на фундамент минимальные, так как все агрегаты линии расположены над полом в хорошо доступных местах. Стандартная формовочная линия занимает незначительное место. Расширение

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
38

линии определяется, прежде всего, участком охлаждения форм в зависимости от требуемого времени охлаждения отливки в форме до выбивки.

Процесс уплотнения формы «СЕЙАТСУ» осуществляется следующим образом: опока и наполнительная рамка устанавливаются на модельную оснастку. Затем наполняются приготовленной формовочной смесью. Уплотняющее устройство, состоящее из кожуха с гидравлическим прессом, сверху плотно перекрывает опоку. Кратковременно открывается подача сжатого воздуха. Воздух протекает через формовочную смесь сверху до модельной плиты и уходит через венты в держатель подмодельной плиты. Поток воздуха давит на частицы песка с усилением вниз - в сторону модели.

Прочность формы уже после предварительного уплотнения потоком воздуха весьма высокая. Последующее уплотнение плоской прессовой плитой или с многоплунжерной головкой обеспечивает высокие результаты уплотнения формы, удовлетворяющие требования получения качественных форм. Уровень шума при уплотнении ниже 85 дВ.

Уплотненные формы кантуются и проходят участок простановки стержней. В верхней опоке высверливается литниковая воронка.

На конце участка простановки стержней находится спариватель. Вокруг двойной барабанообразной рамы спаривателя имеется втулочно-роликовая цепь, на которой висит передвижная тележка. Под кантователем расположено устройство подъема нижней опоки. Верхняя опока эксцентрично транспортируется в кантователь, кантуется при повороте на 180° и поднимается. Одновременно втулочно-роликовая цепь тянет передвижную тележку по наклонному направляющему рельсу в барабан. Нижняя опока транспортируется на передвижную тележку, поднимается подъемным устройством под верхнюю опоку и затем спаренная форма опускается. Обратным поворотом барабана передвижная тележка с формой передается на участок заливки и охлаждения. Этот универсальный спариватель может быть заменен на традиционно применяемые устройства для спаривания полуформ .

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

39

Готовая к заливке форма транспортируется рольгангом на позицию заливки и заливается. Температура расплава при выпуске из печи – 1400...1380 °С. Температура заливки форм – 1320...1340 °С.

После прохода участка охлаждения передвижная тележка транспортирует остывающую форму по наклонному рельсу на участок формовки.

В начале участка формовки находится выбивное устройство, выдавливающее ком смеси из опоки на выбивную решетку (или подобную установку). Затем специальным механизмом очищаются внутренние стенки опок и опоки верха и низа распариваются.

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. Чугунные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 400...600 °С.

## 2.17 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

40



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

Процесс обрубки заключается в отделении от отливки прибылей, литников, выпоров, в удалении облоев (залитов) по месту разъема полуформ или в области стержневых знаков. Прибыли и выпоры от чугунных отливок отрезают с помощью ленточных пил и дисковых станков. Для удаления остатков питателей, прибылей, залитов, заусенцев, перекосов и неровностей применяют зачистные полуавтоматы.

Очистка поверхности металла осуществляется в дробеметном барабане.

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

Технические характеристики дробеметного барабана 42203 фирмы АМУРЛИТМАШ [15]:

– наибольшая объемная диагональ детали, мм	450;
– высота, мм	5700;
– ширина, мм	4370;
– длина, мм	5700;
– производительность, т/ч	3.

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

Для термообработки применяются печи электрические камерные с выкатным подом, просты по конструкции, универсальны для различных изделий и

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист  
41

технологических процессов, позволяют широко варьировать режимы термообработки. Печи укомплектованы волокнистой теплоизоляцией, современными системами нагрева, тиристорными системами управления.

Технические характеристики печи ТермоМастер – ДО-13.20.15/1000 [16]:

- размеры рабочей камеры, мм 2000x1300 x1500;
- размеры печи, мм 3200x2500 x2500;
- мощность, кВт 200;
- масса садки печи, т 5.

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

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;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
42

- ГОСТ 1415–93 Ферросилиций;
- ГОСТ 4755–91 Ферромарганец;
- ГОСТ 2138–91 Пески формовочные.

Формовочные смеси проверяют на влажность, газопроницаемость, прочность при сжатии. Стержневые смеси проверяют на газотворность, прочность при растяжении в 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 1412–85.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист
43

### 3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК В «СЫРЫХ» ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ

В настоящее время развитие процессов изготовления литейных форм на базе песчаных смесей идет по нескольким направлениям. Основными из них являются опочные и безопочные формы ХТС на базе современных связующих, вакуум-пленочная формовка, дифференциальное прессование и Сейатцу-процесс.

Универсальный способ уплотнения встряхиванием с полной амортизацией удара и одновременным прессованием из-за высокого уровня шума (> 95 дБ) и значительной вибрации практически не применяется во многих странах и распространен лишь в России, странах СНГ и в незначительных объемах в других странах.

Ограничения на уплотнение встряхиванием привели к интенсивному развитию способа уплотнения газовым, а потом и воздушным импульсом. Сначала использовали "чистый" импульс, потом возникла потребность в допрессовке. Фирмы G.Fischer и BMD продали многие десятки АФЛ с использованием импульсного способа уплотнения. Параллельно с этим фирма «Кюнкель Вагнер» применила способ уплотнения с использованием вакуума при заполнении опоки смесью и прессовании, фирма HWS широко применяет способ уплотнения потоком воздуха, проходящим через смесь в опоке, и далее через венты в трудно уплотняемых местах на подмодельной плите и модели с последующей подпрессовкой.

Применение непосредственно энергии сжатого воздуха в описанных способах в качестве предварительного уплотнения смеси позволило получать качественные формы, существенно снизить уровень шума и сократить операцию уплотнения до 4...6 секунд.

Сокращение длительности уплотнения и совмещение в одном агрегате механизмов, осуществляющих предварительное и окончательное уплотнение

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

44

прессованием, привело к сокращению длительности цикла работы формовочного автомата и позволило закрепить применение в АФЛ одного формовочного агрегата, последовательно изготавливающего верхнюю и нижнюю полуформы.

Перемещение форм на прямолинейных параллельных участках заливки и охлаждения по конвейерам на подопочных плитах и без них или на щитках - тележках по рельсовым путям делает линии более компактными и позволяет на параллельных участках охлаждения организовать охлаждение форм с различной заданной длительностью.

Возникли предпосылки к созданию линий, которые должны эффективно работать в условиях непрерывного расширения номенклатуры отливок, уменьшения размеров их партий и сокращения сроков поставки.

Получают развитие направления по расширению технологических возможностей АФЛ и приближению их к созданию гибких автоматизированных производств отливок.

Совершенствуются способы уплотнения смеси с использованием в качестве предварительного уплотнения энергии сжатого воздуха. Практически все основные производители АФЛ, несмотря на значительный расход воздуха (до 13 объемов опоки), используют в формовочных автоматах для предварительного уплотнения различные варианты продувки сжатым воздухом смеси в опоке через венты в подмодельной плите (HWS -Seiatsu, G.Fischer Disa —Impact Multi Sistem, KW-Airpress plus) с последующим прессованием многоплунжерной или эластичной плитой.

Этот способ уплотнения наиболее полно удовлетворяет требованиям по точности отливок и экологическим нормам.

Фирма HWS стала выпускать формовочные автоматы и успешно заменять формовочные агрегаты на действующих линиях вместо применявшихся формовочных автоматов с уплотнением встряхиванием с прессованием, пескострельно-прессовых, вакуумно-прессовых и импульсных без подпрессовки. Такой подход позволяет производителям отливок с малыми затратами решить проблемы расширения технологических возможностей линий и их экологичности.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

45

В последнее время решена проблема автоматической (в цикле работы формовочного автомата) замены модельных комплектов, что обеспечило возможность изготовления на автомате двух, трех и более различных форм с повторением такого цикла до тех пор, пока не отпадет необходимость в производстве одной или всех форм.

В европейских странах отказались от горизонтально замкнутых литейных конвейеров, резко уменьшилось число линий с двухстадийным охлаждением (охлаждение в форме, а затем в коме). Увеличилось количество линий с компактными многоэтажными системами охлаждения форм и линий с регулируемым охлаждением.

Фирмы-производители АФЛ стали более внимательны к требованиям и возможностям заказчиков. Линии поставляются любой компоновки, комплектации и уровня автоматизации, с перспективой наращивания до полной АФЛ.

Многие литейные предприятия не могут приобрести сегодня дорогостоящие современные АФЛ. Но они могут приобрести формовочные автоматы разного уровня комплектации и автоматизации и, максимально сохраняя имеющееся оборудование, по мере накопления средств, расширить состав линии и повысить уровень ее автоматизации. Хороших результатов в применении АФЛ можно достичь, если вся инфраструктура цеха соответствует высокому уровню АФЛ.

### 3.1 Тенденции развития способов изготовления разовых форм из сырых песчано-глинистых смесей

А. Ю. Коротченко (МВТУ им. Баумана) проведен анализ тенденций развития способов изготовления разовых форм из сырых песчано-глинистых смесей, который предоставляет специалистам возможность сделать выбор наиболее оптимальных способа уплотнения форм и формовочного оборудования [17].

В настоящее время основную долю отливок (по массе) производят литьем в разовые формы из сырых песчано-глинистых смесей. При выборе способа

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
46

уплотнения необходимо иметь в виду выполнение основной задачи - изготовить форму требуемого качества с минимальными затратами энергии и времени.

Под качеством формы понимается комплекс ее свойств, обеспечивающий заданную массовую и размерную точность и шероховатость поверхности отливки.

Качество формы связано с плотностью смеси. Изготовленная форма будет качественной, если достигнуто технологически необходимое распределение плотности смеси по ее объему. Технологически необходимое распределение плотности смеси по объему формы можно получить, обеспечив равномерную плотность смеси в горизонтальных сечениях формы (в узких и широких зазорах между стенками отливок и опоки). По высоте формы плотность смеси должна уменьшаться к контрладу.

Отливки, изготовленные в формах из песчано-глинистых "сырых" смесей, по точности размеров и шероховатости поверхности значительно уступают отливкам, полученным другими способами литья: в сухие формы, кокиля, оболочковые формы.

Развитие за рубежом новых техпроцессов изготовления форм привело к тому, что класс точности отливок, получаемых в сырых песчано-глинистых формах, сравнялся с классом точности отливок, получаемых при литье в металлических формах.

Таким образом, в разовых сырых песчано-глинистых формах можно получать прецизионные отливки.

Исследования особенностей поведения смеси при уплотнении позволяют сформулировать общие требования к способам изготовления форм, выполнение которых обеспечит получение форм хорошего качества.

Первое требование - это независимость действия внешних нагрузок, приложенных к различным областям формы, друг от друга. При прессовании плоской плитой основная часть внешней нагрузки воспринимается смесью в надмодельной области формы. При этом смесь в околосмодельной области формы оказывается недоуплотненной. Применение профильной плиты, эластичной

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

47

диафрагмы и профильной засыпки смеси позволяют распространить действие полной внешней нагрузки на все области формы.

Основной недостаток уплотнения смеси прессованием - низкая плотность смеси в узких зазорах (карманах) между стенками опоки и моделей, а также избыточная плотность смеси на контрладе формы. Отметим, что рассмотренные способы прессования относятся к статическим способам, т.е. скорость приложения внешней нагрузки очень мала и на процесс уплотнения смеси влияния не оказывает.

Второе требование - динамическое приложение внешней нагрузки. При скоростном нагружении в смеси резко снижается коэффициент бокового давления и, как следствие, уменьшаются силы внешнего трения смеси о стенки опоки и моделей, появляется возможность получать высокую плотность смеси в узких зазорах между стенками опоки и моделей.

Один из способов, удовлетворяющий этим двум требованиям - уплотнение смеси встряхиванием. При встряхивании смесь уплотняется как в узких, так и в широких карманах формы, наибольшая ее плотность достигается на ладе формы и уменьшается к контрладу

Недостатки: местная рыхлота смеси около верхних углов моделей, десятки ударов встряхивающего стола на одну форму, превышение санитарных норм по шуму.

Третье требование - простота и надежность оборудования, соблюдение санитарных норм.

В 70-е гг. за рубежом возникла и сразу заняла лидирующее положение воздушно-импульсная формовка. Благодаря специальной конструкции клапана импульсной головки, однократному его действию в процессе изготовления формы и низкому шуму этот способ вытеснил (за рубежом) применявшееся встряхивание. В последнее время однократный воздушный импульс используется меньше из-за главного недостатка - местной рыхлоты над верхними углами моделей. Дальнейшие исследования процесса показали, что качество форм можно

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
48



обеспечить, управляя как величиной, так и очередностью приложения внешней нагрузки на разные области формы.

Четвертое требование - управление действием внешней нагрузки на различные области формы. Впервые это требование было реализовано при изготовлении форм прессованием многоплунжерной головкой. При одновременном воздействии плунжеров на смесь увеличение давления прессования над плунжерами, прессующими смесь в около модельных областях формы, обеспечивает практически равномерное распределение плотности смеси в форме. Давление прессования должно быть  $\sim 2...2,5$  МПа. Эти рекомендации получены для статического прессования и, хотя качество форм по сравнению с другими способами прессования получается выше, разнородность плотности смеси в узких и широких карманах все же сохраняется.

Выполнить первое, второе и четвертое требования удалось при способе изготовления форм "воздушным импульсом - плюс" (фирма Г.Фишер), вариоимпульс (фирма ВМД). Особенность уплотнения смеси этими способами заключается в том, что сначала воздушный поток направляется в узкие карманы, что позволяет получать высокую плотность смеси в этих местах формы, а затем уже внешняя нагрузка прилагается ко всем областям формы.

Всем этим требованиям отвечал и предложенный фирмой ВМД способ DINAPLUSE - смесь динамически уплотняется многоплунжерной головкой, причем под каждый плунжер подводится свое давление сжатого воздуха и обеспечивается последовательность прессования плунжерами, обусловленная конфигурацией моделей.

Однако, современные клапаны импульсных головок довольно сложны, не говоря уже о способе DINAPLUSE. Дальнейшее развитие этого способа уплотнения сдерживается из-за усложнения конструкции формовочных машин.

В исследованиях процесса уплотнения форм сжатым воздухом (ф. "Г. Фишер", В.В. Приходько) установлено, что основным технологическим параметром, который обеспечивает различные механизмы уплотнения смеси при уплотнении продувкой и импульсном уплотнении, является скорость подъема давления над

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

49

смесью. Максимальная скорость подъема давления для продувки составляет 1,5...4,0 МПа/с.

Двухступенчатое уплотнение смеси (предварительное воздушным потоком и последующее прессованием) было успешно применено более чем на 350 формовочных машинах и линиях в Европе и сейчас уже является стандартом при изготовлении форм.

В последних конструкциях формовочных машин ф. "Г.Фишер Диса" в дополнение к импульсному клапану применяет специальный клапан для медленного подъема давления над формой. Одновременно фирма стала выпускать модели машин, не имеющих традиционного импульсного клапана, уплотнение на которых производится продувкой с последующим прессованием.

Многие другие разработанные за последние годы методы уплотнения утратили свое значение или же во многом были приближены к уплотнению воздушным потоком с последующим прессованием (методу Seiatsu - СЕЙАТСУ), авторство на который принадлежит фирме HWS. Фирма HWS продолжает работу над дальнейшим совершенствованием метода уплотнения СЕЙАТСУ.

### 3.2 Уплотнение формовочной смеси по способу СЕЙАТСУ

Заполнение формовочной смеси в опоку происходит равномерно по всей плоскости формы. Во избежание превышения уровня смеси в составе формовочного автомата посередине бункера-дозатора находятся склизы (облицованные тефлоновыми плитами) для сбрасывания смеси от транспортной ленты в углы бункера. Угол склизов регулируется. Дозировка формовочной смеси от ленточного транспортера регулируется по выбору: по весу или по времени. Бункер-дозатор, облицованный антифрикционными тефлоновыми плитами, имеет специальный рычажный механизм открытия, который обеспечивает одновременное открытие жалюзи для подачи песка.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
50

Уплотнение формовочной смеси происходит способом Сейатцу – воздушным потоком с последующим прессованием. Пространство у модельной оснастки, состоящее из подмодельной плиты/держателя подмодельной плиты, опоки и наполнительной рамы, заполняется необходимым количеством формовочной смеси открыванием жалюзийных затворов бункера-дозатора, показанного на рисунке 3.1.

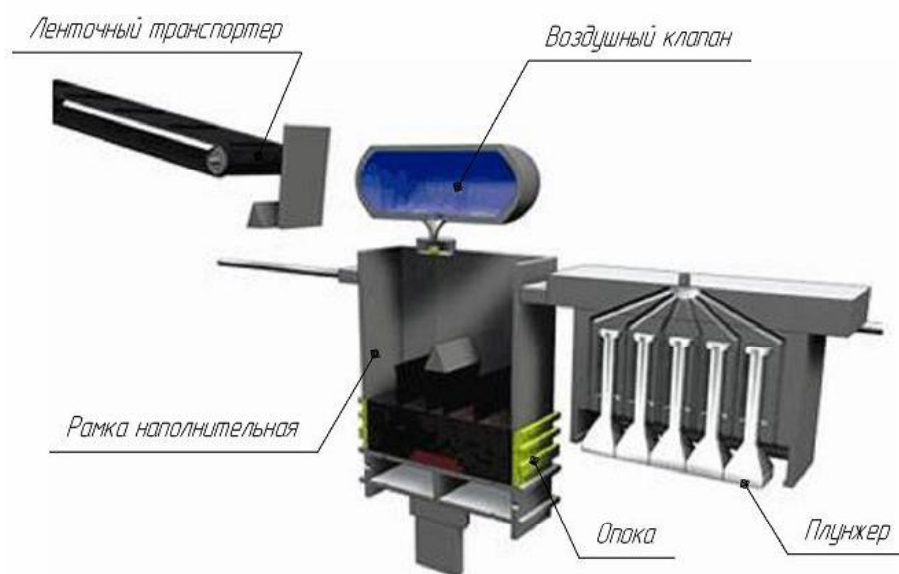


Рисунок 3.1 – Заполнение опоки песчано-глинистой смесью

Затем бункер-дозатор передвигается под ленточный питатель бункера смеси, а плунжерная головка занимает положение над пространством формы.

Стол машины поднимается и давит держатель подмодельной плиты с опокой и наполнительной рамой к прессовой головке таким образом, что все пространство формы оказывается герметично закрытым. Затем кратковременно открывается клапан воздушного потока. Воздушный поток проходит формовочную смесь от контрлада полуформы в сторону модели и уходит через венты в держателе подмодельных плит и/или в самой подмодельной плите, показанной на рисунке 3.2. Дополнительное прессование сверху плоской прессовой плитой, мембраной или многоплунжерной головкой производит окончательное уплотнение формы, что показывает рисунок 3.3. Во время процесса уплотнения бункер-дозатор снова заполняется смесью. Протяжка модели из формы происходит путем опускания

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
51

стола машины. Одновременно в исходное положение передвигаются бункер-дозатор смеси и прессовая головка, показанные на рисунке 3.4.

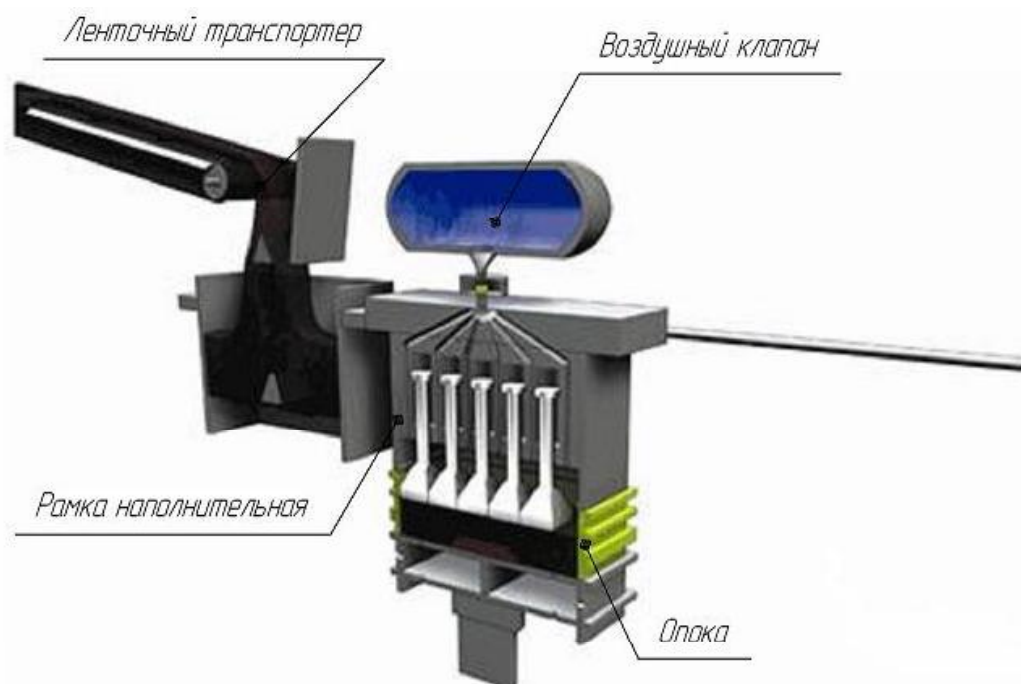


Рисунок 3.2 – Схема процесса уплотнения форм воздушным потоком по технологии Сейатцу-процесс

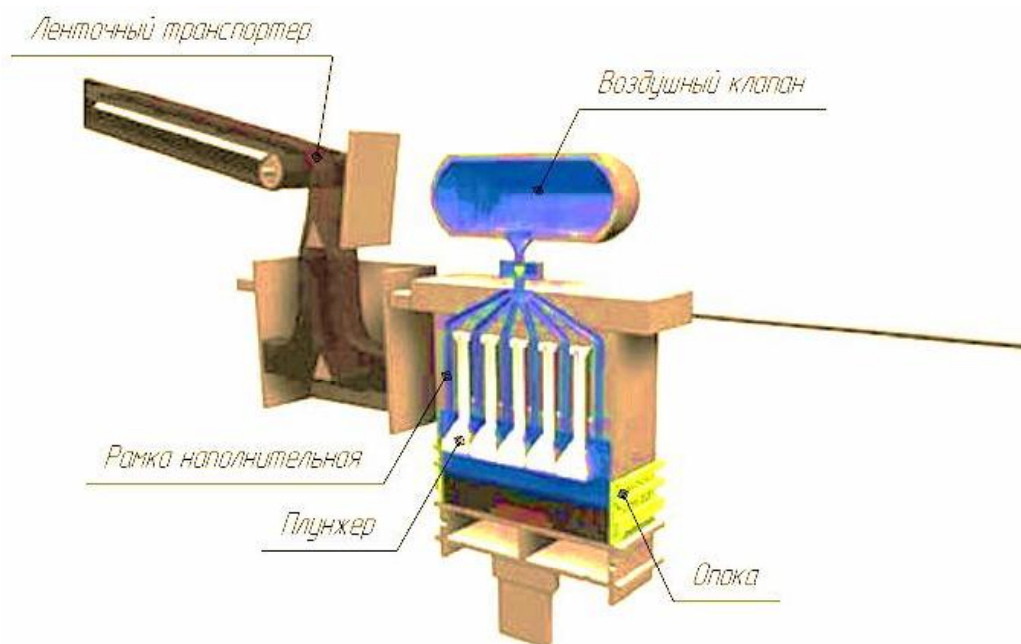


Рисунок 3.3 – Схема последующего уплотнения многоплунжерной головкой

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
52

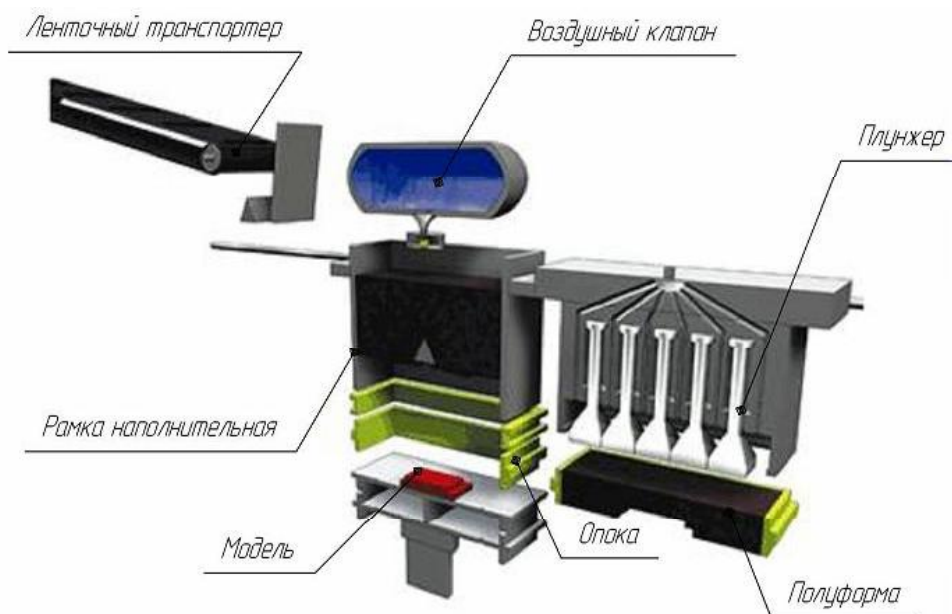


Рисунок 3.4 – Протяжка моделей и готовых полуформ

### 3.3 Воздушный поток и эффект от его применения

При прохождении формовочной смеси в сторону модели воздушный поток оказывает на каждую частицу смеси усилие, направленное вниз. Вместе с потоком воздуха песчинки попадают в самые различные по конфигурации части полуформы. В направлении потока вниз плотность смеси возрастает с каждым слоем, поэтому у подмодельной плиты и самих моделей достигается наивысшее уплотнение, что проиллюстрировано на рисунке 3.5.

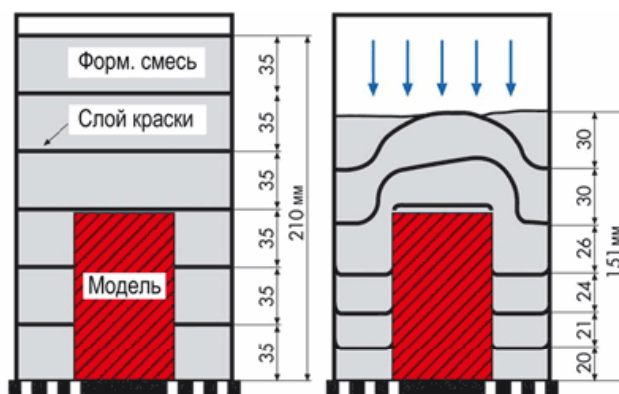


Рисунок 3.5 – Результат экспериментальных исследований послойного уплотнения смеси

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
53

### 3.4 Преимущества СЕЙАТЦУ-процесса

Равномерная твердость формы является предпосылкой для изготовления отливок высокой размерной точности. Сравнение между встряхиванием с подпрессовкой и Сейатцу-процессом наглядно показывает более равномерную твердость формы, изготовленной способом Сейатцу, что показано на рисунке 3.6.

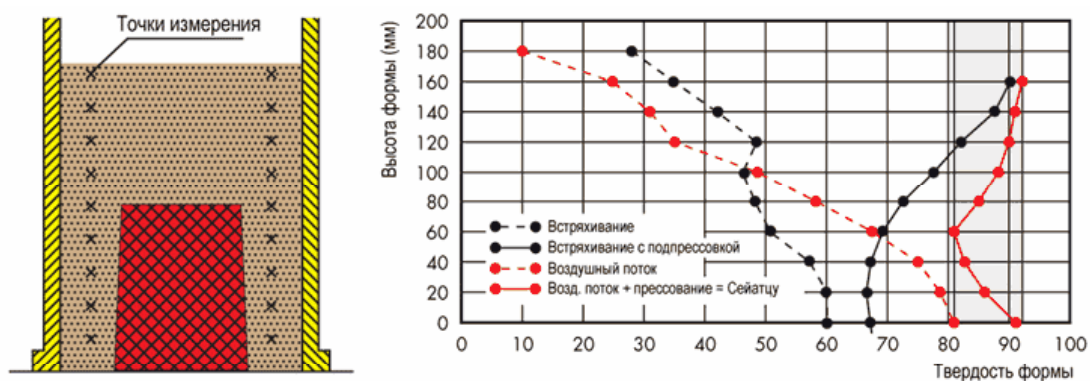


Рисунок 3.6 – Твердость формы по Сейатцу-процессу и традиционным технологиям

Во многих случаях отпадает необходимость в стержнях, т.к. возможна формовка сложных контуров моделей и различных болванов благодаря равномерной твердости формы при использовании Сейатцу-процесса. Отказ от стержней показан на рисунке 3.7.

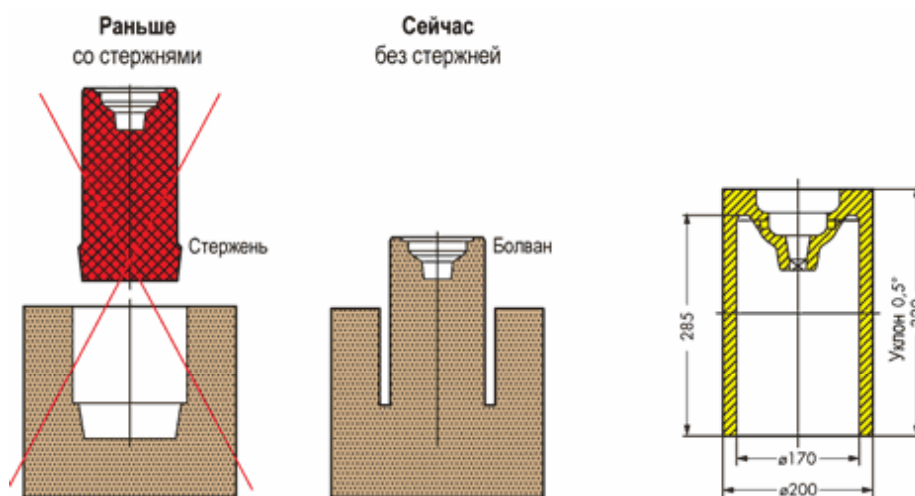


Рисунок 3.7 – Пример формовки с высоким болваном (отказ от стержней)

Расход металла и затраты на механическую обработку отливок снижаются благодаря возможности существенного уменьшения формовочных уклонов и даже менее  $0,5^\circ$ , а иногда близко к  $0^\circ$ .

В значительной мере уменьшаются затраты на очистку и окончательную обработку отливок. Это обусловлено тем, что по Сейатцу-процессу производятся высококачественные отливки с равномерным качеством в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти без заусенцев (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Допуски на мехобработку

Способ уплотнения формовочной смеси "Сейатсу" разработан в Японии на фирме "Sinto" в 60-х годах. К настоящему времени доработан и успешно используется ф. HWS, Германия. Обеспечивает высокое качество формы. Песок не прилипает к модели при ее удалении. Поэтому даже при выемке очень сложных моделей из формы проблем не возникает. Накопление микрочастичек песка на поверхности модели обеспечивает получение гладкой поверхности отливки. Газопроницаемость формы выше, чем при других способах уплотнения. Как при низких, так и при высоких степенях сложности форм обеспечивает равномерное уплотнение формы и высокую прочность формы.

### 3.5 Формовочная линия HWS стандартного исполнения

Все рабочие операции при изготовлении форм осуществляются на линии последовательно: выдавливание и выбивка форм, распаривание и очистка опок, изготовление новых форм, простановка стержней и спаривание, все шаги со съема

заливаемых форм с тележечного конвейера до поставки новых, готовых к заливке форм на тележечный конвейер.

Для отвода выбитых отработавших смесей и просыпей на формовке нужен один ленточный конвейер. Поэтому нужен только один канал для уборочного конвейера под формовочной линией. Расходы на фундамент минимальные, так как все агрегаты линии расположены над полом в хорошо доступных местах. Стандартная формовочная линия занимает незначительное место. Расширение линии определяется, прежде всего, участком охлаждения форм в зависимости от требуемого времени охлаждения отливки в форме до выбивки. На рисунке 3.9 схематически изображена формовочная линия HWS стандартного исполнения.

Процесс уплотнения формы «СЕЙАТСУ» осуществляется следующим образом: опока и наполнительная рамка устанавливаются на модельную оснастку. Затем наполняются приготовленной формовочной смесью. Уплотняющее устройство, состоящее из кожуха с гидравлическим прессом, сверху плотно перекрывает опоку. Кратковременно открывается подача сжатого воздуха. Воздух протекает через формовочную смесь сверху до модельной плиты и уходит через венты в держатель подмодельной плиты. Поток воздуха давит на частицы песка с усилением вниз - в сторону модели. По этой причине наибольшее уплотнение достигается вблизи модели.

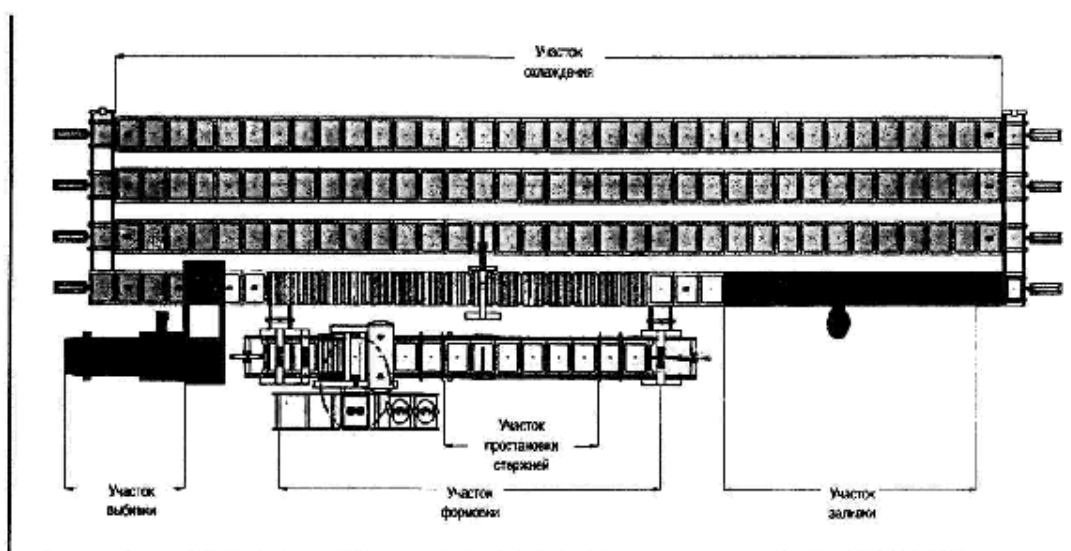


Рисунок 3.9 – Формовочная линия HWS стандартного исполнения

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

56



Прочность формы уже после предварительного уплотнения потоком воздуха весьма высокая. Последующее уплотнение плоской прессовой плитой или с многоплунжерной головкой обеспечивает высокие результаты уплотнения формы, удовлетворяющие требования получения качественных форм. Уровень шума при уплотнении ниже 85 дВ.

Уплотненные формы кантуются и проходят участок простановки стержней. В верхней опоке высверливается литниковая воронка.

На конце участка простановки стержней находится спариватель. Вокруг двойной барабанообразной рамы спаривателя имеется втулочно-роликовая цепь, на которой висит передвижная тележка. Под кантователем расположено устройство подъема нижней опоки. Верхняя опока эксцентрично транспортируется в кантователь, кантуется при повороте на 180° и поднимается. Одновременно втулочно-роликовая цепь тянет передвижную тележку по наклонному направляющему рельсу в барабан. Нижняя опока транспортируется на передвижную тележку, поднимается подъемным устройством под верхнюю опоку и затем спаренная форма опускается. Обратным поворотом барабана передвижная тележка с формой передается на участок заливки и охлаждения. Этот универсальный спариватель может быть заменен на традиционно применяемые устройства для спаривания полуформ .

Готовая к заливке форма транспортируется рольгангом на позицию заливки и заливается. После прохода участка охлаждения передвижная тележка транспортирует остывающую форму по наклонному рельсу на участок формовки.

В начале участка формовки находится выбивное устройство, выдавливающее ком смеси из опоки на выбивную решетку (или подобную установку). Затем специальным механизмом очищаются внутренние стенки опок и опоки верха и низа распариваются. Цикл завершен.

Учитывая выше перечисленные преимущества современного метода Сейатцу для изготовления форм в проектируемом цехе решено установить оборудование фирмы HWS (модель HSP-1D) [18].

Техническая характеристика линии типа HSP-1D:

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

57

- размеры опок в свету, мм 600×500;
- производительность, форм / ч 45...70;
- потребляемая мощность, кВт 11;
- усилие прессования максимальное, кН 310;
- подъем прессования, мм 200.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист

58

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции помещения выполняем по СНиП 2.04.05– 91. В помещениях объем подаваемого воздуха должен составлять не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего. В холодный и переходный периоды года воздух, подаваемый в здание системой механической вентиляции должен подогреваться, а удаляемый местными отсосами воздух должен обязательно очищаться перед выбросом в атмосферу. Литейный цех относится к 1-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.1/2.1.1.567–96. Поэтому территория предприятия должна быть удалена от жилого массива санитарно-защитной зоной равной 200 м с озеленением не менее 15%. В соответствии со НПБ 2.09.02–85 литейное производство относится к категории взрывопожароопасных. Категория производства – Б. По СНиП 21–01–97 огнестойкость здания 1 степени. Помещения цеха по опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным помещениям, характеризующимися наличием токопроводящей пыли и пола, а также имеется возможность одновременного касания корпуса электроустановки и корпуса заземленного оборудования.

Электробезопасность на производстве обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок, применяемых технических способов и средств защиты (защитное заземление), организационно-технические мероприятия (обучение, инструктаж, электрозащитные средства).

### 4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В литейном цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», при проведении технологического процесса на всех стадиях обработки металлов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделение паров и газов;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

59

избыточное выделение теплоты; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; наличие движущихся машин и механизмов и т.д. Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм людей работающих в цехе, приводят к различным заболеваниям и быстрой утомляемости, опасные же факторы влекут за собой травматизм и летальный исход.

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

#### 4.2 Вредные вещества

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

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

Большинство случаев профессиональных заболеваний и отравлений связано с поступлением токсичных газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Вредные вещества могут попадать в организм человека через неповрежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе на рабочих местах. Разновидность вредных веществ в

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
60

воздухе производственного помещения является пыль. Она может быть во взвешенном состоянии – аэрозоль и осевшем – аэрогель.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест не должно превышать установленных ПДК. В таблице 4.1 приведен ПДК вредных веществ, сопутствующих литейному производству.

Таблица 4.1 – ПДК и классы опасности вредных веществ

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

Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция. В общем случае цеховая приточная установка включает в себя: воздухоприемное устройство, пористый фильтр для очистки поступающего воздуха, систему кондиционирования для подогрева и охлаждения воздуха, вентилятор.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

Лист  
61

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

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

#### 4.3 Освещение

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

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

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

Аварийное освещение предусматривается для безопасного продолжения работы или при внезапном повреждении освещения. Аварийное и охранное освещение литейного цеха должно предусматриваться в соответствии со СанПин 2.1.1.1278-03. Рекомендуемые значения освещенности приведены в таблице 4.2.

#### 4.4 Электробезопасность

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

62

Электробезопасность в проектируемом литейном цехе должна обеспечиваться конструкцией электроустановок; техническими требованиями и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями, а также контролем по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». Повышение электробезопасности также достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения и других средств и методов защиты, в том числе знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей. Применением в системах местного освещения, в ручном электрифицированном инструменте пониженного напряжения.

Таблица 4.2 – Освещенность участков при использовании газоразрядных ламп

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

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

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
63

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

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

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

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

#### 4.5 Пожаровзрывобезопасность

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

Пожаро-взрывоопасные вещества и материалы для их тушения приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Пожаро-взрывоопасные вещества и материалы для их тушения

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

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

64



Формальдегид	4	435
Керосин	28	216

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

В таблице 4.4 приведены рекомендации по применению средств пожаротушения в литейном цехе.

Таблица 4.4 – Рекомендации по применению средств пожаротушения в цехе

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

#### 4.6 Обезвреживание и утилизация отходов

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

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

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные формовочные и стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистной аппаратуры 80...85 %, литейные шлаки 10...15 %, абразивную и галтовочную пыль,

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

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
65

огнеупорные материалы 2...3 %. При производстве 1 т отливок из стали выделяется около 40 кг пыли, 200 кг оксидов углерода, 1,5...2 кг оксидов серы и азота и до 0,5 кг других вредных веществ.

Поэтому с целью экономии ресурсов и снижения расхода исходных материалов, 80% отходов литейного цеха (из расчета на одну тонну залитого металла) идет на дальнейшую переработку, для введения их в производственный цикл (регенерация отработанных смесей, переплав возврата и т.д.), остальные же 20 % увозятся на заводские отвалы [19].

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

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

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

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

Поскольку литейный цех относится к категории средних и мелких и его расположение не позволяет иметь свой полигон для захоронения, то для утилизации отходов будем отправлять их - шлаки 80 % (15 кг на 1 тонну годного

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

66

литья) на ближайшие цементные, кирпичные, бетонные и асфальтные заводы за оплату, которая ниже налога на захоронение после предварительной очистки от металла и других особо вредных составляющих.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

67

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления отливки «Колонка» из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 в соответствии с техническими требованиями на литую деталь.

Проанализировав технологичность отливки, выбрано изготовление отливки в разовую песчано-глинистую форму с использованием холоднотвердеющей смеси для стержней. Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, определена технология плавки чугуна.

Готовые отливки проходят обязательный контроль. Отработанная смесь проходит соответствующую обработку и возвращается в технологический процесс. Для осуществления всех операций технологического процесса было выбрано оборудование.

Процесс производства отливки отвечает всем требованиям по безопасности и санитарным нормам.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

68

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евсеев, В.И. Развитие и поддержка отечественной промышленности – общая забота государства и бизнеса. Журнал для собственников и топ-менеджеров высокотехнологичных компаний «Умное производство», №3(15), сентябрь 2011, с.8-12.
2. Сайт «Студопедия», статья «Современное состояние производства отливок из чугуна и стали в России и в мире». - [http://studopedia.su/9\\_66862\\_sovremennoe-sostoyanie-proizvodstva-otlivok-iz-chuguna-i-stali-v-rossii-i-v-mire.html](http://studopedia.su/9_66862_sovremennoe-sostoyanie-proizvodstva-otlivok-iz-chuguna-i-stali-v-rossii-i-v-mire.html)
3. Журнал «Литейщик России», статья «Перспективные направления развития литейного производства России и задачи Российской ассоциации литейщиков». – <http://www.is.tula.ru/lib/napravlenia.pdf>.
4. Чуркин, Б.С. Технология литейного производства: Учебник / Б.С. Чуркин – Екатеринбург: Изд. Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2000. – 662 с.
5. ГОСТ 26645 – 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на мехобработку. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 56 с.
6. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Москва: Издательство стандартов, 1992. – 24 с.
7. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л. Г. Знаменский, В. К. Дубровин, Б. А. Кулаков, В. И. Швецов. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1999. - 163 с.
8. Выгодский, М.Я. Справочник по элементарной математике / М.Я. выгодский. – М.: Издательство Кодис, 2006. – 514 с.
9. Официальный сайт компании «РЭЛТЕК». - [http://www.reltec.biz/ru/txt\\_013.php](http://www.reltec.biz/ru/txt_013.php)
10. Печь MFT Ge3000. - <http://attachment/228/3947.htm>
11. Сайт фирмы «ЕВРОМИКС». – <http://zaeuromix.ru/pirometri/123>
12. Сайт «Российская ассоциация литейщиков». Оборудование фирмы «EIRICH». - <http://www.ruscastings.ru/work/168/170/174/3232>.
13. Сайт «Российская ассоциация литейщиков». Оборудование фирмы «LAEMPE». - <http://www.ruscastings.ru/work/168/170/176/3442>.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист

69

14. Сайт «Российская ассоциация литейщиков». Продукция фирмы «ПОЛИМЕТ». - <http://www.ruscastings.ru/work/168/441/444/6159>.

15. Оборудование фирмы «Амурлитмаш». - <http://www.amurlitmash.ru/products/3f3eda39c245d/4d0949b8586c3>.

16. Оборудование фирмы «ТермоМастер». - <http://ceramgzhel.ru/item666/>.

17. Технологические процессы и оборудование: Сборник руководящих технических материалов по современным эффективным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении.- Москва, 2002. – 285 с.

18. Информационный ресурс по литейному производству «Союз-литье». - [http://lityo.com.ua/li/s\\_275.html](http://lityo.com.ua/li/s_275.html)

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

22.03.02.2017.489.00.00 ПЗ

лист  
70