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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д. т. н. профессор
/Б. А. Кулаков
«__»_____2020г.

Литейные технологии производства стальной отливки «Кронштейн масляного насоса»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ-22.03.02.2020.537.00.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
доцент, к.т.н.
А.В. Карпинский
«__»_____2020г.

Руководитель проекта
профессор, д.т.н.
В.К. Дубровин
«__»_____2020г.

Автор проекта
студент группы
П-537
М.И. Макаров
«__»_____2020г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Макаров М.И. Литейные технологии производства стальной отливки «Кронштейн масляного насоса». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-537; 2020, 88 с., 3ил., библиогр. список – 15 наим., 6 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе разработана и рассчитана технология изготовления отливки «Кронштейн масляного насоса» методом литья по выплавляемым моделям.

Спроектирован цех литья по выплавляемым моделям с годовым выпуском 200 тонн отливок из углеродистой стали, рассчитана его производственная программа.

В соответствии с производственной программой выбрано и рассчитано оборудование отделений цеха.

В графической части разработан чертеж детали с элементами литейной формы, чертеж модельного звена и форма, готовая к заливке, план цеха.

В специальной части проекта рассмотрено применение корундовых керамических форм на основе АБФК.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы по обеспечению оптимальной и благоприятной работы литейного цеха.

					22.03.02.2020.496.00.00 ПЗ			
Изм.	*Лист*	*№ докум*	*Подпись*	*Дата*				
Разраб		*Макаров М.И.*			*Литейные технологии производства стальной отливки «Кронштейн масляного насоса»*	*Литера*	*Листов*	*Лист*
Проверил		*Дубровин В.К*				*у*	*89*	*3*
						ЮУрГУ Кафедра ЛП		
Н. Контр.		*Карпинский А.В.*						
Утв		*Кулаков Б.А.*						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ…… 7
2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «КРОНШТЕЙН МАСЛЯНОГО НАСОСА»
2.1 Материал отливки и его свойства……...11
2.2 Выбор способа производства отливки……...12
2.3 Анализ технологичности изготовления отливки «Кронштейн масляного насоса»……..12
2.4 Выбор положения отливки в пресс-форме и определение поверхности разъема……..13
2.5 Разработка конструкции и расчет литниково-питающей системы….15
2.6 Разработка конструкции пресс-формы……...17
2.7 Приготовление модельного состава……...19
2.8 Технология изготовления моделей…….20
2.9 Приготовление суспензии……...22
2.10 Изготовление литейных керамических форм……..28
2.11 Формовочно-заливочное отделение…….30
2.12 Разработка технологий заливки форм, охлаждения……....31
2.13 Термообрубное отделение…….31
2.14 Разработка системы контроля техпроцесса и качества отливок……33
3 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
3.1 Состав и основные параметры литейного цеха…….35
3.2 Производственная программа……36
3.3 Выбор режима работы цеха и фондов времени…….37
3.4 Расчет производственных отделений цеха
3.4.1 Модельное отделение…….38

3.4.2 Отделение изготовления оболочек форм……46
3.4.3 Прокалочно-заливочное отделение……..53
3.4.4 Термообрубное отделение……56
4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ НА АЛЮМОБОР-ФОСФАТНОМ СВЯЗУЮЩЕМ»……59
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов……..63
5.1.1 Запыленность воздуха рабочей зоны……64
5.1.2 Микроклимат на рабочих местах……..66
5.1.3 Шум……..68
5.1.4 Вибрация……69
4.1.5 Освещение……...70
5.2 Безопасность производственных процессов и оборудования……72
5.2.1 Электробезопасность……78
5.2.2 Пожаро-взрывобезопасность……79
5.3 Охрана природной среды……81
5.3.1 Очистка выбросов в атмосферу……82
5.3.2 Очистка производственных сточных вод……82
5.3.3 Обезвреживание и утилизация отходов……...83
5.4 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации……..84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..87

ВВЕДЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления отливки «Кронштейн масляного насоса» методом литья по выплавляемым моделям. При разработке технологии необходимо обеспечить высокий технический уровень и экономическую эффективность, максимально используя достижения науки и техники.

Литейное производство – это отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением фасонных заготовок или отливок путем заливки расплавленного металла в специальную форму. При охлаждении металл затвердевает и принимает конфигурацию той полости, в которую он был залит. Литьем получают разнообразные конструкции отливок массой от нескольких граммов до 300 т, длиной от нескольких сантиметров до 20 м, со стенками толщиной 0,2…500 мм

Существует множество способов литья, самым распространённым является изготовление отливок в разовых песчано-глинистых формах, однако наиболее ответственные и точные получают методам литья по выплавляемым моделям.

Промышленное применение литья по выплавляемым моделям обеспечивает получение из любых литейных сплавов сложных по форме отливок массой от нескольких граммов до десятка килограммов со стенками, толщина которых в ряде случаев менее 1 мм, с шероховатостью от R_z = 20 мкм до R_Z = 1,25 мкм и повышенной точностью размеров. Возможности этого метода позволяют максимально приблизить отливки к готовой детали, а в ряде случаев получить литую деталь, дополнительная обработка которой перед сборкой не требуется. Вследствие этого резко снижаются трудоемкость и стоимость изготовления изделий, уменьшается расход металла и износ инструмента, экономятся энергетические ресурсы, сокращается потребность в рабочих высокой квалификации, в оборудовании, приспособлениях, производственных площадях.

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

В последнее время, ввиду повсеместного импортозамещения, разработка новых видов отечественной техники, конкурентно способной на мировом рынке в областях машиностроения, аэрокосмического комплекса, приборостроения и металлургии, а также создание уникальных образцов художественных и ювелирных изделий объективно поднимает проблему перевода на качественно новый уровень процессов точного литья сложнопрофильных, тонкорельефных отливок.

Их специфика состоит в развитой поверхности, большом объёме сложных по конфигурации полостей, тонкостенности. Одним из способов, обеспечивающим изготовление отливок высокой точности, является литьё по выплавляемым (ЛВМ) и резиновым вытяжным моделям в керамические формы [1]. Следует отметить, что основным источником брака отливок является низкое качество форм. В свою очередь доминирующее влияние на качество форм оказывают дефекты, связанные с несовершенством их технологии изготовления, хотя в равной степени оно определяется и свойствами использованных в них материалов.

В связи с этим проведён анализ применяемых в точном литье материалов и процессов и намечены направления повышения качества отливок, путем поиска новых способов закрепления слоев жидкостекольных связующих.

Для изготовления точных отливок из чёрных и цветных сплавов широкое распространение нашло литьё по выплавляемым моделям в керамические формы на основе этилсиликатных, жидкостекольных и гипсовых связующих.

При производстве отливок из стали, чугуна и бронзы литьём по выплавляемым моделям в качестве связующих в основном используются гидролизованные растворы этилсиликата (ГРЭТС) и жидкое стекло (ЖС). При этом физико-механические характеристики суспензий и форм, главным образом,

определяются свойствами указанных материалов [2]. Согласно указанным выше литературным источникам, высокое и стабильное качество форм обеспечивается при применении связующих, полученных гидролизом этилсиликата (ЭТС) в среде органических растворителей. Однако, такой способ подготовки связующего является дорогостоящим и ухудшает условия труда в цехе, что негативно сказывается на производство (использование этилового спирта, ацетона и т.д.).

Для решения указанной проблемы делались попытки частичной замены спирта водой. Полученные связующие имели стабильные свойства, но уровень физико-механических характеристик получаемых форм не обеспечивал изготовление крупногабаритных отливок.

В связи с повышенными экономическими и экологическими требованиями к формовочным материалам возрастает интерес к жидкостекольному связующему. Это недорогой, нетоксичный и недефицитный материал. Но, его широкое применение в технологиях литья по выплавляемым моделям для рабочих лицевых слоёв не пользуется популярностью из-за недостаточной смачивающей способности, низкой термопрочности керамических форм, их повышенной химической активности и нарушения точности получаемых отливок.

Известен способ получения высококремнезёмного жидкостекольного связующего, основанный на модифицировании ЖС твёрдым коллоидальным кремнезёмом или высокомолекулярными соединениями в автоклаве. Такой метод подготовки связующего резко сокращает время его хранения, что делает его нецелесообразным при небольших объёмах производства.

Перспективным способом улучшения технологических свойств жидкого стекла за счёт повышения его модуля представляется электродиализная обработка [3]. Установка для подготовки связующего малогабаритна и позволяет подготавливать любое количество связующего непосредственно на предприятии потребителе.

В точном литье цветных сплавов, в художественном и ювелирном производствах всё чаще используют формы на гипсовом связующем. При этом

наибольшее распространение получили импортные смеси «К-90», «Satincast», «Supercast», «Ultra-vest», отечественные – «Ювелирная-1» и «Ювелирная-2». Однако, импортные смеси дороги, а отечественные, являясь узкоспециализированными на ювелирное литьё, не обеспечивают достаточного уровня физико-механических свойств форм при изготовлении крупногабаритных отливок.

Огромное влияние на качество отливок оказывает технология изготовления форм. При литье цветных металлов широкое распространение получил Capacoprocess, заключающийся в проведении высокотемпературной прокалки гипсовых форм. Высокотемпературная прокалка обеспечивает полное выгорание модельного состава, удаление свободной и кристаллизационной влаги из формовочной массы, увеличение прочности за счёт частичного спекания формовочной массы. В результате формы имеют низкую газотворность и достаточную газопроницаемость. Однако, на поверхности выплавляемых моделей адсорбируются пузырьки воздуха, попадаемые в суспензию при перемешивании смеси, что в дальнейшем приводит к образованию поверхностных дефектов отливок (наплывы и наросты).

Ограниченное количество сложных отливок из алюминиевых сплавов можно изготавливать только по резиновым вытяжным моделям (Ceramcast-process). Например, колёса турбокомпрессоров имеют нерадиальные, обратнозагнутые лопатки и не могут быть изготовлены традиционным методом – получением легкоплавкой модели в пресс-форме, поскольку имеют непротяжной профиль. Использование резиновой вытяжной модели обеспечивает сохранение пространственного положения тонких лопаток при заполнении опоки с моделью формовочной массой и не нарушает поверхности рабочей полости формы при протяжке модели (происходит деформация лопаток на модели). Кроме того, материал указанной модели хорошо смачивается гипсовой суспензией, что исключает дефектность отливок по наплывам и наростам в отличие от ЛВМ.

В настоящее время для формирования пористой структуры форм используют введение в состав суспензии пористых материалов, органических пенообразователей, химически активных веществ (способ Gypsum Hydroperm), присадку в формовочную смесь веществ, которые после отверждения и нагрева формы газифицируются и удаляются из неё, обработку форм в автоклаве (Antiochprocess).

Проведённый анализ применяемых в точном литье материалов и процессов показал, что перспективным является изготовление форм с использованием в качестве связующих материалов жидкого стекла, гидролизованных растворов этилсиликата (ГРЭТС) без органических растворителей. Однако с целью улучшения их свойств перспективным направлением является их физико-химическая обработка.

2 ТЕХПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ «КРОНШТЕЙН МАСЛЯНОГО НАСОСА»

2.1 Материал отливки и его свойства

Назначение стали 35Л ГОСТ 977-88 [3]: корпуса и обоймы турбомашин, станины прокатных станов, зубчатые колеса, детали гидротурбин, тяги, бегунки, бабы паровых молотов, задвижки, балансиры, диафрагмы, катки, вилки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статистических и динамических нагрузок. Для стяжных колес, плавающих головок подогревателей и теплообменников, работающих при температуре от -30 до +450 ^{0}С.

Отливка «Кронштейн» заливается сталью 35Л ГОСТ 977-88 и имеет следующие механические свойства:

• предел текучести σ_T = 275 МПа;

• временное сопротивление разрыву σ_B = 491 МПа;

• относительное удлинение δ = 15 %;

• свариваемость – ограниченно свариваемая;

• склонность к отпускной хрупкости – не склонна;

• линейная усадка – 2,2 %.

Отливка «Кронштейн» подвергается термообработке:

• закалка 860…880 ^{0}С;

• отпуск 600…630 ^{0}С.

Химический состав стали 35Л ГОСТ 977-88 следующий:

• C – 0,32…0,4 %;

• Si – 0,2…0,52 %;

• Mn – 0,45…0,9 %;

• S – не более 0,05 %;

• P – не более 0,05 %.

2.2 Выбор способа производства отливки

Рассмотрим возможные способы изготовления отливки. Отливку с заданными свойствами можно изготовить различными методами с применением различных материалов.

При выборе способа производства отливки руководствуются следующими требованиями:

- получение качественных отливок заданной конфигурации и размеров с наименьшим процентом брака;
- обеспечение необходимых эксплуатационных свойств отливок;
- минимальная трудоемкость процесса, экономное расходование основных и вспомогательных материалов, энергии и топлива;
- снижение расхода жидкого сплава;
- снижение объёма механической обработки.

Анализ чертежа детали «Кронштейн» показывает, что её конструкция достаточно технологична для изготовления литьем по выплавляемым моделям.

2.3 Анализ технологичности отливки «Кронштейн»

При анализе технологичности литой детали изучаются свойства материала отливки, толщины стенок и их сочленений, конфигурация отверстий и полостей в отливке, технология обработки поверхностей.

Основные технологические условия для рассматриваемой отливки следующие:

- точность отливки 9-0-0-7 ГОСТ Р53464-2009;
- отливка первой группы ГОСТ 977-88;
- литейные уклоны 2^{0};
- неуказанные литейные радиусы не более 3 мм;

- допускается остаток питателя не более 5 мм;
- усадка 2 %.

Отливка «Кронштейн» изготавливается из стали 35Л ГОСТ 977-88. Масса отливки 0,940 кг, минимальная толщина стенки отливки 3,5 мм, максимальная – 12 мм, минимальное отверстие диаметром 9 мм в стенке толщиной 10 мм, что является нормой при литье по выплавляемым моделям. Отливка «Кронштейн» не имеет тонких и плоских стенок, есть сопряжение стенок, но при этом обеспечена плавность перехода от одной стенки к другой с помощью галтелей.

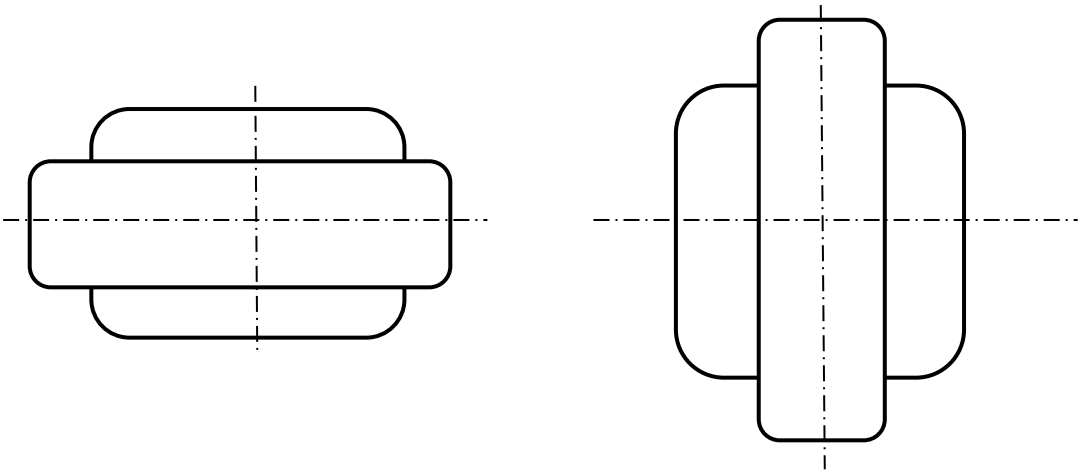
Два сквозных отверстия в отливке выполняют в выплавляемой модели конфигурацией пресс формы, применение отъёмных частей и металлических вкладышей не требуется.

Модели следует вынимать из пресс-формы без поломок и нарушения их геометрии. Поэтому необходима конусность на поверхностях, перпендикулярных к плоскости разъёма пресс-формы. Для отливки «Кронштейн» неуказанные литейные уклоны 2^{0} [5].

2.4 Выбор положения отливки в пресс-форме и определение поверхности разъёма

Одним из важнейших факторов получения качественной отливки является рациональное расположение её в момент заливки и затвердевания. Для данной отливки можно предложить два варианта – горизонтальное и вертикальное расположение. Наиболее рациональным является горизонтальное расположение, так как оно обеспечит направленное затвердевание от тепловых узлов к коллективной прибыли-стояку.

Варианты расположения отливки в процессе затвердевания показаны на рисунке 1.



1 – рациональное 2 – нерациональное

Рисунок 1 – Варианты расположения отливки в форме

Поверхность разъема пресс-формы горизонтальная и является плоскостью. Положение модели в форме обеспечивает её направленное затвердевание и отсутствие стержней в пресс-форме. Выбранное положение модели в пресс-форме обеспечивает наиболее простое оформление литниковой системы: в одном звене располагается одна отливка, питатели располагаются в плоскости разъёма пресс-формы и имеют оптимальную длину 10 мм.

Таким образом, обеспечено максимальное количество требований для поучения отливки литьем по выплавляемым моделям требуемого качества. Поверхность разъёма пресс-формы показана на рисунке 2 [6].

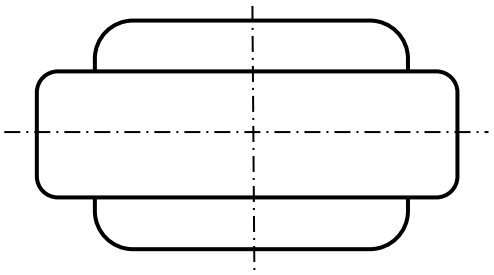


Рисунок 2 – Поверхность разъёма пресс-формы

2.5 Разработка конструкции и расчет литниково питающей системы

Благодаря характерной для литья по выплавляемым моделям неразъёмной форме конструктивные элементы ЛПС удаётся расположить наиболее эффективно, максимально используя объём формы. Для отливки «Кронштейн» выбрана литниковая система типа – центральный стояк. ЛПС этого типа представляет собой стояк компактного сечения, непосредственно к которому с разных сторон присоединяются небольшие отливки с одним индивидуальным питателем. Центральный стояк является одновременно и литниковым ходом, и коллективной прибылью, а питатели соответственно выполняют и роль шеек прибылей. Зумпф в нижней части стояка смягчает отрицательное действие механического и теплового ударов, имеющих место в начальный момент заливки. Центральный стояк служит основой для создания комплексно-механизированного технологического процесса производства отливок массой до 3 кг.

Применение унифицированного металлического каркаса в качестве несущей конструкции обеспечивает удобство звеньевой сборки, модельного блока и его высокую прочность при изготовлении оболочковой формы.

Расчет ЛПС методом приведенных толщин [7]:

Для обеспечения направленного затвердевания необходимо соблюсти условие непрерывного увеличения приведенной толщины от удаленных тонкостенных участков отливки к стояку-прибыли.

Тепловой узел отливки условно представим трубой толщиной а = 11 мм, длиной l = 25 мм.

Рассчитаем приведенную толщину теплового узла:

$$R_{уз} = \frac{V_{уз}}{S_{уз}}, \quad (1)$$

где $V_{уз}$ – объём теплового узла, мм^3;

$S_{уз}$ – площадь теплового узла, мм^2.

$$R_{УЗ} = \frac{a}{2(a + l)},$$

где a – толщина трубы, мм;

l – длина трубы, мм.

$$Rуз = \frac{11 \cdot 25}{2 \cdot (11 + 25)} = 3{,}81 \text{ мм.}$$

Далее принимаем длину питателя $L_{ПИТ}$ = 12 мм и диаметр стояка $d_{СТ}$ = 41 мм, исходя из рационального размещения деталей.

Рассчитаем приведенную толщину сечения стояка:

$$R_{СТ} = \frac{F_{СТ}}{P_{СТ}} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d_{СТ}^2}{\pi \cdot d_{СТ}} = \frac{1}{4} \cdot d_{СТ}, \quad (2)$$

где $F_{СТ}$ – площадь стояка, мм^2;

$P_{СТ}$ – периметр стояка, мм

$d_{СТ}$ – диаметр стояка, мм.

$$R_{СТ} = \frac{1}{4} \cdot 41 = 10{,}25 \text{ мм.}$$

Рассчитаем приведенную толщину сечения питателя:

$$R_{ПИТ} = k \cdot \sqrt[4]{R_{УЗ}^3 \cdot m_{ОТЛ}} \cdot \frac{\sqrt[3]{L_{ПИТ}}}{R_{СТ}}, \quad (3)$$

где k – коэффициент пропорциональности эмпирический; k = 11.

$m_{отл}$ - масса отливки, кг;

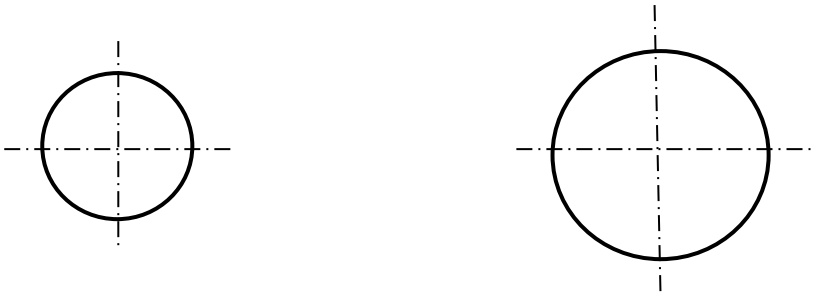
$$R_{ПИТ} = 11 \cdot \sqrt[4]{3{,}81^3 \cdot 0{,}940} \cdot \frac{\sqrt[3]{12}}{10{,}25} = 6{,}2 \text{ мм.}$$

Принимая круглое сечение питателя, находим его диаметр по формуле:

$$d = R_{ПИТ} \cdot 4, \quad (4)$$

$$d = 6{,}2 \cdot 4 = 24{,}8 \text{ мм}.$$

Условие направленного затвердевания $R_{УЗ} < R_{ПИТ} < R_{СТ}$ выполняется. На рисунке 3 изображены сечения элементов литейной формы.



$F_{ПИТ} = 1{,}13$ см^2 | $F_{СТ} = 13{,}20$ см^2

Кол. = 4 шт | Кол. = 1 шт

$\Sigma F_{ПИТ} = 4{,}52$ см^2 | $\Sigma F_{СТ} = 13{,}20$ см^2

Рисунок 3 – Сечения элементов литейной формы

2.6 Разработка конструкции пресс-формы

Пресс-формы должны отвечать следующим основным требованиям:

• обеспечивать поучение моделей с заданной точностью и чистотой поверхности;

• иметь минимальное число разъёмов при обеспечении удобного и быстрого извлечения моделей;

• иметь устройства для удаления воздуха из рабочих полостей;

• быть технологичным в изготовлении, долговечным и удобным в работе.

Выбор типа пресс формы обусловлен в основном характером производства (опытное, серийное, массовое), а также требованиями, предъявляемыми к отливкам по точности размеров и чистоте поверхности.

При крупносерийном, а особенно при массовом производстве следует применять стальные пресс-формы, изготовленные механической обработкой. В

таких пресс-формах за одну запрессовку получают звено моделей с готовой частью литниковой системы. Для отливки «Кронштейн» применяют пресс-форму из стали 45Х ГОСТ 4543-71.

Для получения звеньев моделей на автоматических установках используют пресс-формы по ГОСТ 19999-74 преимущественно с вертикальным разъёмом.

Формообразующие поверхности пресс-форм, изготовляемых на металлорежущих станках, необходимо полировать. Сопрягаемые поверхности пресс-форм (стыковые), поверхность штырей и втулок, колодок и других подвижных частей следует выполнять с шероховатостью R_a = 1,25…0,63 мкм; поверхности, образующие литниковую систему выполнять с шероховатостью R_a = 2,5 …1,6 мкм; остальные нерабочие части пресс-форм можно выполнять с R_z = 40…10 мкм.

Из-за непостоянной усадки модельной композиции и металла, а также расширения оболочки формы при нагреве невозможно точно рассчитать размеры полостей пресс-форм. Так как суммарная усадка модельной композиции и металла больше расширения оболочки при нагреве, то для предварительных расчётов можно принять среднюю усадку для легированных сталей 1,35 %. С учетом обязательной последующей доводки элементы пресс-формы, оформляющие наружные части отливки, должны иметь уменьшенные размеры, а оформляющие внутренние части – увеличенные.

Исполнительные размеры полости пресс-форм подсчитывают по приближенным формулам.

Для наружных (охватываемых) размеров отливки:

$$D_П = D_0 + D_0 \cdot \frac{y_{общ}}{100} - 0.5 \cdot \delta_0 = D_0 \left(1 + \frac{y_{общ}}{100}\right) - 0{,}5 \cdot \delta \cdot \delta_0, \quad (5)$$

Для внутренних (охватывающих) размеров отливки:

$$D_П = D_0 \cdot (1 + y_{общ}/100) + 0{,}5 \cdot \delta_0, \quad (6)$$

где $D_П$ – номинальный размер формообразующей полости пресс-формы, мм;

D_0 – номинальный размер отливки, мм;

δ_0 – допуск на размер отливки, мм;

$у_{общ}$ – суммарная линейная усадка, %.

$$У_{общ} = у_m + у_о – у_ф , \quad (7)$$

где $у_m$ – свободная линейная усадка модели, %;

$у_ф$ – относительное расширение формы перед заливкой, %;

$у_{общ}$ – суммарная линейная усадка, %.

2.7 Приготовление модельного состава

При массовом выпуске мелких стальных отливок и при серийном производстве сложных по конфигурации тонкостенных отливок из специальных сплавов применяют модельные составы первой группы. Поэтому для изготовления отливок применяют модельный состав МВС-15 ТУ0258-001-51570957-2002 (парафин – 60 %, синтетический церезин – 25 %, полиэтиленовый воск ПВ-200 – 15 %):

- температура плавления 77,5 ^{0}С;
- теплоустойчивость ≥40 ^{0}С;
- температура состава в пастообразном состоянии 62…64 ^{0}С;
- свободная линейная усадка 1,25 %;
- предел прочности при статическом изгибе при 18…20 ^{0}С 5,2 МПа;
- кинематическая вязкость при 100 ^{0}С 7,84 мм;
- зольность 0,02 % по массе;
- коксуемость 0,02 %.

Приготовление пастообразного модельного состава происходит за счёт охлаждения расплавленного модельного состава при одновременном

непрерывном перемешивании. При этом в него замешивается воздух до 20 % объёма. В результате снижается плотность модельного состава и его расход. В пресс-форме пастообразный модельный состав и содержащийся в нём воздух стремится расшириться, что способствует более точному воспроизведению модельным составом формы и размеров полостей пресс-формы. При выплавлении моделей воздушные включения, равномерно распределённые в них, частично выполняют роль компенсаторов расширения модельного состава, в результате снижается давление модельного состава на стенки оболочки формы и уменьшается вероятность его растрескивания.

При подготовке выплавляемого модельного состава используют до 80 % возврата, собранного при удалении моделей из оболочек форм и брака моделей.

2.8 Технология изготовления моделей

Модели изготавливаются из модельного состава МВС-15 ТУ 6-05-1516-72 на основе парафина, церезина и полиэтиленовых восков ПВ-200 [8].

Свойства состава:

- температура плавления 77,5 ^{0}C;
- температура состава в пастообразном состоянии 62…64 ^{0}C;
- свободная линейная усадка 1,1…1,25 %;
- зольность 0,02 % по массе.

Модельный состав приготавливают на глицериновой бане с электрическим подогревом. Исходные материалы перед загрузкой измельчают до кусков, размером не более 50 мм, что ускоряет процесс расплавления.

В установке 652А объединены плавильный агрегат, четыре ёмкостных бака, четыре мазе-приготовительных агрегата, четыре насосно-нагревательных станций.

Плавильный агрегат обогревается паром, который поступает от насосно-

нагревательных станций. Из плавильного агрегата модельный состав перекачивается центробежным насосом в ёмкостные баки, из которых поступает в мазе-приготовительный бак с шестерёнчатыми смесителями. Приготовленный модельный состав пневматическими насосами транспортируется по трубопроводам к запрессовочным автоматам приготовления моделей.

Технические характеристики установки 652А [8]:

- производительность установки, $м^3/ч$ 0,150;
- давление модельного состава, МПа до 1;
- температура пара, ^0C 100 …110;
- расход сжатого воздуха, $м^3/ч$ не более 0,5;
- расход воды, $м^3/ч$ не более 1;
- габаритные размеры установки, мм 1300×4000×2400;
- особая установленная мощность, кВт 133,1.

Модельные звенья приготавливаются на карусельных десятипозиционных автоматах модели 653. Охлаждение пресс-форм осуществляется водой с температурой 6…10 ^0C. Температура модельной массы при запрессовке 48…52 ^0C. Работа шприца сблокирована с работой поворотного стола. Вращение стола плавное. Удаление модельных звеньев из водяной ванны осуществляется по мере ее наполнения. Не допускается загрязнение установки модельным составом. Периодически в течение смены производится очистка полостей пресс-форм при выключенном автомате.

Технические характеристики установки 653 [8]:

- производительность установки, звеньев в час 190 – 360;
- размеры поверхностей для крепления пресс-форм, мм 250×250;
- температура работы стола, ^0C 10 … 14;
- число устанавливаемых пресс форм, шт 10;
- ход подвижной плиты, мм 160;
- расход воздуха не более, $м^3/ч$ 50;
- давление сжатого воздуха, МПа 0,5;

• усиление смыкания, кН 10;

• габаритные размеры, мм 3700×2900×1400.

Сборку моделей осуществляют механическим креплением. Это высокопроизводительный метод сборки моделей в блоки на металлический стояк-каркас с механическим зажимом. Стояк-каркас предназначен для сборки моделей звеньями, изготовленными в многоместных пресс-формах с частью модели стояка (втулкой) с замком на торцовой части, исключающим относительное перемещение звеньев, собранных в блок. К преимуществам звеньевой сборки на стояк-каркас по сравнению с припаиванием относятся в 10…20 раз большая производительность и обеспечение полной повторяемости конструкции блока, разработанной технологом. Исключается возможность смещения моделей, наблюдаемого при некачественной сборке припаиванием, искажение размера питателя в результате излишнего его оплавления, непрочного присоединения моделей.

Собранный блок обдувают сжатым воздухом от модельной крошки, капель воды, и отправляют на подвесном конвейере в отделение изготовления оболочек форм.

2.9 Приготовление суспензии

Высокую чистоту поверхности отливки получают вследствие нанесения на выплавляемую модель слоя покрытия из твердой составляющей – пылевидного кварца и жидкого связующего – гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла.

Подготовка связующих растворов заключается в приготовлении гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла в гидролизаторах.

Этилсиликат (ЭТС) – прозрачная или слабоокрашенная жидкость с запахом эфира. Это продукт реакции этилового спирта с четырёххлористым кремнием при непрерывном их смешивании и охлаждении в реакторе. Реакция

этерификации, или эфиризации, может быть схематически представлена следующим уравнением (если применят обезвоженный спирт) [9]:

$$SiCl_4 + 4C_2H_5OH = (C_2H_5O)_4Si + 4HCl, \quad (8)$$

где $(C_2H_5O)_4Si$ – этиловый моноэфир ортокремниевойй кислоты с температурой кипения 165,5 ^{0}C, называемый также тетраэтоксисиланом, или моноэфиром.

Для использования этилсиликата в качестве связующего его необходимо подвергнуть гидролизу, т.е. произвести замещение в эфирах этоксильных групп C_2H_5O гидроксильными OH, которое в общем можно записать [9]:

$$(C_2H_5O)_4Si + 3H_2O = H_2SiO_3 + 4C_2H_5OH. \quad (9)$$

При этом кремниевая кислота переходит в коллоидное состояние – золь двуокиси кремния. С целью ускорения процесса гидролиза используют катализатор – соляную кислоту HCl в количестве 1,0…1,4 % от объёма этилсиликата, подвергаемого гидролизу. Для достижения необходимой прочности форм в растворе связующего следует иметь 12 …20 мас. % диоксида кремния, это обеспечивается вводом соответствующего количества разбавителя – этилового спирта.

Этилсиликат и вода являются взаимно-нерастворимыми жидкостями, и чтобы обеспечить равномерное протекание процесса гидролиза, связующее готовят с применением в качестве разбавителей органических растворителей, хорошо растворяющих в себе и воду и этилсиликат.

Расчёт компонентов для гидролиза этисиликата (ЭТС-40).

ЭТС-40, ρ = 1050 кг/м^3,в количестве 1 л; спирт этиловый, ρ = 803,30 кг/м^3; кислота соляная, ρ = 1190 кг/м^3.

Гидролиз поводим на 16 % SiO_2 в установке приготовления суспензии, отверждение в воздушной среде.

Рассчитаем количество растворителя Р, которое требуется для получения заданного содержания SiO_2 в связующем n = 16 % SO_2 по формуле [9]:

$$P = Q \cdot \rho / \rho_1 \cdot (m/n - 1), \quad (10)$$

где m – содержание SiO_2 в этисиликате, %;

Q – объём гидролизуемого этилсиликата, $м^3$;

ρ – плотность этилсиликата, кг/ $м^3$;

ρ_1 – плотность разбавителя, кг/ $м^3$.

$$P = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050/803{,}3 \cdot (40/16 - 1) = 1{,}9607 \cdot 10^{-3} м^3 = 1960{,}7 \text{ мл.}$$

Рассчитываем общее количество воды, требуемое для гидролиза [9]:

$$H = K \cdot Q_P \cdot A \cdot M_1 / M_2 \cdot 100, \quad (11)$$

где А – содержание этоксильных групп, %;

M_1 – молекулярная масса воды, кг;

M_2 – молекулярная масса этоксильных групп, кг.

При соблюдении условий отверждения связующего в сухом воздухе принимаем соотношение количества молей воды и этоксильных груп К = 0,9. Содержание этоксильных групп в исходном этилсиликате принимаем средним для данной марки ЭТС-40, т.е. А = 70%. Молярная масса воды M_1= 18 г (0,018 кг).

$$H = 0{,}9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1050 \cdot 70 \cdot 0{,}018}{0{,}045 \cdot 100} = 0{,}2646 \text{ кг} = 64{,}6 \text{ мл.}$$

Определяем количество воды, вносимое растворителем – этиловым спиртом [9]:

$$H_1 = P \cdot \rho_1 \cdot A_1/100, \quad (12)$$

где A_1 – содержание воды в спирте, мас. %;

A_1= 3,2 мас. %.

Количество воды, вносимое растворителем:

$$H_1 = \frac{1{,}9607 \cdot 10^{-3} \cdot 803{,}3 \cdot 3{,}2}{100} = 0{,}0504 \text{ кг.}$$

Количество соляной кислоты для ускорения процесса гидролиза принимаем [9]:

$$B = 0{,}01 \cdot Q = 0{,}01 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0{,}01 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 10 \text{ мл.} \quad (13)$$

Количество воды, вносимое с катализатором – соляной кислотой [9]:

$$H_2 = B \cdot \rho_2 \cdot A_2/100, \quad (14)$$

где B = (0,01…0,014);

ρ_2 – плотность соляной кислоты, кг/м^3;

A_2 – содержание воды в соляной кислоте, мас. %.

$$H_2 = \frac{0{,}01 \cdot 10^{-3} \cdot 1190 \cdot 62{,}78}{100} = 0{,}00747 \text{ кг.}$$

При ρ_2 = 1190 кг/м^3, A_2 = 62,78 мас.%.

Количество воды, которое необходимо внести непосредственно в этилсиликат при его гидролизе, составит [9]:

$$H_3 = H - (H_1 + H_2). \quad (15)$$

Количество компонентов гидролиза на один литр ЭТС-40:

- этилсиликат ГОСТ 26371-84 – 1000мл;
- вода дистиллированная ГОСТ 6709-72 – 206,7 мл;
- спирт этиловый ГОСТ 17299-85 – 1960,7 мл;
- кислота соляная ГОСТ 3118-77 – 10 мл;
- всего – 3177,4 мл.

Жидкое стекло (ЖС) относят к основным связующим, так как его водная вытяжка после прокаливания о оболочки – щелочная; его получают растворением в горячей воде при повышенном давлении раздробленной силикат-глыбы. Последнюю изготовляют наиболее часто сплавением кремнезёма с содой [9]:

$$SiO_2 + nNa_2CO_3 = SiO_2 \cdot nNa_2O + nCO_2. \quad (16)$$

ЖС может быть натриевым, калиевым или литиевым.

ЖС характеризуется химическим составом, модулем, удельным весом. Модуль – это отношение числа грамм-молекул кремнезёма к числу грамм-молекул окиси натрия в продукте. Модуль должен быть 2,56…3.

$$M = A/D \cdot 1{,}032, \quad (17)$$

где A – весовой состав % SiO_2 в растворе;

D – весовой состав % Na_2O в растворе.

В цех жидкое стекло поступает готовым. Применяют натриевое содовое жидкое стекло, в котором кремнезём составляет 32 %, окись натрия 12 % и имеет удельный вес $1{,}4 \cdot 10^3$ г/см^3, плотность 1,22 … 1,25 г/см^3.

Компоненты суспензии:

- связующее (гидролизованный раствор этисиликата или жидкое стекло);
- огнеупорный наполнитель;
- высокоглинозёмистый дисперсный порошок (ВГДП).

В качестве огнеупорного наполнителя используют пылевидный кварц. Его свойства следующие:

- температура плавления – 1710 ^{0}С;
- плотность физическая – 2650 кг/м^3;
- коэффициент термического линейного расширения – 13,7·10^{-6} 1/^{0}С.

Приготовление огнеупорной суспензии на основе этилсиликатного связующего совмещенным способом:

- вливают в бак расчетное количество смеси ЭТС-40 и спирта. Смесь ЭТС-40 и спирта готовят в специально отведенных копильниках;
- добавляют серной кислоты в объёме согласно рецептуре;
- отмеряют необходимое количество воды и соляной кислоты, вливают кислоту в воду и добавляют в гидролизёр, температура гидролизёра 25…35 ^{0}С;
- после этого добавляют расчётное количество пылевидного кварца и серной кислоты для нейтрализации железа и его окислов.
- суспензию перемешивают в течение 40…60 минут при скорости вращения крыльчатки мешалки 2800 об/мин. Затем суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20…30 минут;
- замеряют условную вязкость по вискозимеру ВЗ-4. Оптимальная вязкость поученной суспензии 60…75 с.
- в суспензию для первого слоя за 5…10 минут до конца перемешивания вливают 0,5 л глицерина, для увеличения времени его подсыхания.

Приготовление суспензии на основе жидко-стекольного связующего:

- подготовленное жидкое стекло заливают в установку для приготовления суспензии;
- затем засыпают ВГДП и включают мешалку на 1…2 мин;
- затем засыпают пылевидный кварц и включают мешалку на 10…15 мин до получения однородной суспензии;

• суспензию выдерживают в спокойном состоянии 20…30 минут и замеряют условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 32…40 с. Температура огнеупорного покрытия должна быть равна 12… 20 ^{0}С.

2.10 Изготовление литейных керамических форм

Литейная форма – оболочка: неразъёмная, горячая, негазотворная, газопроницаемая, жесткая, с гладкой контактной поверхностью, точная.

Поверхность блока моделей смачивают суспензией окунанием и тут же обсыпают зернистым материалом-песком. Суспензия прилипает к его поверхности и точно воспроизводит конфигурацию; зернистый материал внедряется в слой суспензии, смачивается ею, фиксирует суспензию на поверхности блока, создаёт скелет оболочки и утолщает её.

Свеженанесённый слой оболочки практически не обладает прочностью и удерживается на поверхности бока только благодаря действию сил смачивания; упрочнение его происходит в процессе сушки – химического твердения. Наносят 6 слоёв: два слоя на основе этилсиликатного связующего, четыре на основе жидкостекольного связующего. Первый облицовочный слой обсыпают мелким песком марки 1К$_3$О$_1$016 ГОСТ 2138-91, чтобы получить гладкую контактную поверхность, а для последующих – более крупным песком марки 1К$_3$О$_1$02 ГОСТ 2138-91.

После нанесения суспензии блоки поступают в камеру сушки. Процесс сушки длится в общем 8 часов при определенной температуре, влажности воздуха в камере сушки.

Для ускорения процесса сушки жидкостекольных слоёв и увеличения термостойкости оболочки блок после 3, 4, 5, 6 слоёв окунают в специальный трёхкомпонентный раствор. В состав раствора входит ортофосфорная кислота,

алюмохлорид, и спирт в соотношении 1:1:1. В результате продолжительность сушки жидкостекольного слоя сократилась до 30 мин.

Таблица 1 – Параметры суспензий и атмосфера воздушной среды в камерах сушки

Суспензия	Слой	Вязкость суспензии, с	Температура суспензии, ^{0}C	Параметры воздушной среды в камерах сушки	
				Температура, ^{o}C	относительная влажность, %
Этилсиликатная	1 2	70…90 45…50	16…22	20…25	30…40
Жидкостекольная	3 4 5 6	32…40	12…20	25…33	≤30

Свойства керамических форм:

• сырая прочность, кг/см^2 46,84…54,6;

• горячая прочность, кг/см^2 54,05…63,9.

Для повышения термостойкости оболочек в жидкостекольную смесь добавляют высокоглинозёмистый порошок (ВГДП) ТУ-134-0-ШИ-82.

2.11 Формовочно-заливочное отделение

Формирование оболочек на блоках моделей и выплавление последних производится на автоматических линиях изготовления оболочек модели 6Б60. В линию объединены автоматы изготовления оболочек (мод. 6А67), камера сушки (мод. 6А82) и ванна выплавления моделей (мод. 672).

Огнеупорное покрытие готовится в агрегатах для приготовления суспензии мод. 661А.

Расход суспензии на 200 тонн годных отливок при двух слоях этилсиликатного связующего – 4 т.

Технические характеристики установки 661А [10]:

• время перемешивания, мин 30…60;

• производительность max, $м^3$/ч 0,06;

• мощность, кВт 3.

Расход суспензии на 200 тонн годных отливок при четырёх слоях жидкостекольного связующего – 80 т.

Далее на блок наносят шесть слоев огнеупорного покрытия: первые два слоя на основе элтилсиликатного связующего, остальные четыре – на основе жидкостекольного связующего. При этом блок медленно погружают в суспензию, поворачивая его в различных направлениях. Смачивать суспензией модели можно только после полного завершения процессов их усадки. При нанесении первого слоя суспензия удаляет с поверхности моделей адсорбированный воздух и смачивает поверхность блока. Затем модельный блок присыпается песком в установках «кипящего слоя». Для обсыпки облицовочного (контактного) слоя применяют кварцевый песок марки $1К_3О_1016$ ГОСТ 2138-91, а для последующих – более крупные $1К_3О_102$ ГОСТ 2138-91.

После нанесения каждого слоя производится зачистка кромки модельной воронки на подрезных приспособлениях конвейера, установленных при входе блоков в камеры сушки.

Для послойного нанесения суспензии на модельные блоки и обсыпки их в кипящем слое песка используют автоматическую линию мод. 64001-15.

Технические характеристики линии 64001-15:

• расход сжатого воздуха $м^3$/ч 5;

• расход воды, $м^3$/мин 4;

• производительность max, покрытий/час 125;

• скорость конвейера, м/мин 1,67;

• мощность, кВт 36,1.

2.12 Разработка технологий заливки форм, охлаждения

Прокалка, формовка, заливка оболочек форм, выбивка и охлаждение отливок производится на автоматической линии модели 675А. Температура прокаливания 900 ^{0}С, время 1,5 ч, температура блока при заливке 750 ^{0}С, температура заливаемого металла 1540…1580 ^{0}С. Охлаждаются отливки водяным душем. Время охлаждения 10…15 мин, температура охлаждённой отливки 150…200 ^{0}С.

Модель 675А состоит из печи прокаливания, заливной карусели и камеры охлаждения, объеденённых конвейером. Керамические оболочки устанавливают на подвески конвейера, литниковые чаши для предохранения полости оболочки от засоров при формовке накрывают колпачком. Цепной конвейер транспортирует оболочки через газовую печь обжига; обожженные оболочки у выхода из печи пневматическим лифтом погружают в жёлоб заливочной карусели, заполненный горячим песком, приводимый в псевдоожиженное состояние продувкой снизу горячими газами. При дальнейшем движении конвейера оболочки выходят из зоны «кипящего слоя» заформованными, колпачки с них снимают, производят заливку. При движении к камере охлаждения блоки отдают тепло опорному слою песка. У входа в камеру охлаждения подвески с залитыми оболочками извлекаются из песка пневматическим лифтом. Охлаждение производится водяным душем.

2.13 Термообрубное отделение

В термообрубном отделении очищают отливки от остатков оболочек, отделяют отливки от литниково питающей системы, проводят термообработку, зачищают питатели и исправляют дефекты отливок.

Отливки очищают в электрогидравлических установках периодического действия модели ЭГУ 36151Т.

Технические характеристики ЭГУ36151Т [10]:

- производительность, кг/ч 400;
- максимальная масса загрузки, кг 600;
- расход воды, $м^3$/ч 0,2…0,5;
- расход электроэнергии, кВт×ч 6;
- установленная мощность, кВт 65;
- габариты, мм 8100×7200×4720.

Для более полного удаления керамики с поверхности отливок применяют выщелачивание в агрегате модели 498А.

Технические характеристики агрегата 498А [10]

- производительность, кг/ч 400;
- температура водного раствора щёлочи, ^{0}С 125…130;
- температура воды для промывки, ^{0}С 60;
- частота вращения его барабана, об/мин 600;
- время обработки в щёлочи, мин 30;
- установленная мощность, кВт 0,6;
- габариты, мм 5200×1800×2720.

Для отделения литников от отливок применяется гидравлический пресс модели 6А93.

Технические характеристики гидравлического пресса модели 6А93 [10]:

- производительность, блок/ч 100;
- наибольшее усилие, развиваемое верхним цилиндром, кН 630;
- скорость среза отливок, мм/с 40;
- скорость выталкивания стояка, мм/с 80;
- установленная мощность, кВт 30;
- габариты, мм 2150×1000×2900.

Очищенные от остатков керамики и помытые отливки поступают на термообработку. Отливки нормализуют в газовых печах светлого отжига ГТСХМ с радиационным нагревом с защитной атмосферой при температуре 910…930 ^{0}С.

Технические характеристики газовой печи светлого отжига ГТСХМ [10]:

• производительность, кг/ч 200;

• время нормализации, ч 2,5;

• габариты, мм 10700×3000×2500.

2.14 Разработка системы контроля техпроцесса и качества отливок

На модельном участке проверяют модельный состав, модели, блоки моделей, на участке формовки контролируют связующий раствор, суспензию, соблюдение режимов сушки после каждого нанесённого слоя, состояние оболочки после выплавления моделей, на плавильно-заливочном участке проверяют режим прокаливания форм, качество и количество шихты, состояние форм перед заливкой, температуру металла перед заливкой, производят экспресс-анализ его химического состава. Операция выбивки отливок, очистки и обрубки их совмещают со 100%-ной визуальной проверкой залитых блоков и отделённых от ЛПС отливок.

Оснастку проверяют периодически в измерительной лаборатории или цеховых контрольно-проверочных пунктах. Пресс-формы следует проверять периодически обмером и разметкой партий отливок.

Отливка «Кронштейн масляного насоса» относится к отливкам общего назначения, расчет на прочность для них не проводится. Качество таких отливок контролируется по внешнему виду, размеру, химическому составу.

Химический состав отливок определяют методами химического или спектрального анализа. Пробой на химический и спектральный анализ служит обычно прилитый к отливкам образец.

Геометрические размеры отливок контролируют с помощью шаблонов, специальных приспособлений и по плите. Отклонения размеров не должны превосходить допускаемых.

Структуру металла отливок устанавливают макро- или микроанализом при рассмотрении излома специально изготовленных образцов или шлифа.

Контроль отливок на отсутствие трещин проводят люминисцентным (флюоресцентным) способом. Флюоресценция – свойство вещества поглощать свет одной длины волны и превращать его в свет другой длины волны. Для дефектоскопии используют невидимый глазом ультрафиолетовый (чёрный) свет, под действием которого флюоресцирующая жидкость ярко светится.

Предварительно очищенные и обезжиренные отливки погружают на 10…20 мин. в ванну с флюоресцирующей жидкостью. Под действием капилярных сил жидкость проникает в трещины. Затем «проявляют» дефекты, для чего поверхность отливки опыляют порошком, адсорбирующим жидкость при выдержке 5…10 мин.

Порошок не флюоресцирует. После этого отливки облучают ультрафиолетовым светом. Жидкость, вытянутая порошком на поверхность, флюоресцирует, обрисовывая дефекты.

3 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

3.1 Состав и основные параметры литейного цеха

Литейные цеха состоят из производственных и вспомогательных отделений, размещенных в различных пролетах и объединенных транспортными средствами таким образом, что маршруты грузопотоков исходных материалов, формовочной и стержневой смесей, форм, стержней, готовых отливок и отходов не пересекаются.

Выбор основных параметров литейного цеха и оптимизацию проектных решений следует проводить на основе классификации:

- по массе отливок, связанных с видом сплава и серийности производства;
- по зависимости съема с общей площади цеха от сложности отливок;
- по объему производства;
- по оптимальному объему производства.

Заданный цех классифицируем:

- по виду литейного сплава – цех сталелитейный из углеродистой стали;
- по массе отливок – цех крупного литья;
- по серийности – массовое производство;
- по технологическому процессу – цех литья по выплавляемым моделям;
- по сложности отливок – цех простого литья;
- по степени механизации – автоматизированный;
- по режиму работы – двухсменный с параллельным режимом.

В состав цеха входят производственные отделения (участки), вспомогательные отделения (участки) и склады.

К производственным отделениям, где выполняется собственно технологический процесс изготовления отливок, относятся следующие:

- модельное;
- изготовления оболочек форм;

• прокалочно-заливочное;

• термообрубное, где очищают отливки от остатков оболочек, отделяют отливки от литниково-питающей системы, зачищают питатели, проводят термообработку и исправляют дефекты отливок.

К вспомогательным относят следующие отделения:

• подготовки формовочных материалов и шихты;

• ремонта пресс-форм и другой технологической оснастки;

• мастерские механика и энергетика;

• цеховая лаборатория;

• КПД.

К складам относят закрытые склады шихтовых, формовочных, горючих материалов, готовых отливок.

В цехе предусматривают также помещения для культурно-бытового обслуживания работающих: санитарно-бытового назначения, общественного питания, здравоохранения, культурного обслуживания, учебных занятий и общественных организаций, управлений.

3.2 Производственная программа

При проектировании применяют три вида производственной программы и соответствующие им методы разработки проектов литейных цехов: точная, приведенная и условная программы.

В соответствии с темой курсового проекта была разработана точная производственная программа на годовой выпуск 200 т отливок из углеродистой стали 35Л представленная в таблице 2. Данная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства с устойчивой и ограниченной номенклатурой отливок.

Таблица 2 – Производственная программа цеха

№	Наименование отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовая программа, шт.	Масса отливки на годовую программу, т
	1	2	3	4	5
1	Кронштейн	35Л	0,940	50000	47,0
2	Кронштейн	35Л	0,980	50000	49,0
3	Вилка	35Л	0,950	40000	38,0
4	Петля	35Л	0,950	30000	28,5
5	Распределитель	35Л	0,920	40800	37,5
					200,0

3.3 Выбор режима работы цеха и фондов времени

В настоящее время в литейных цехах применяются два режима работы: последовательный (ступенчатый) и параллельный.

При последовательном режиме работы основные технологические операции выполняются последовательно в различные периоды суток на одной и той же площади.

Для цеха литья по выплавляемым моделям целесообразно принять параллельный режим работы, так как проектируемый цех – массового производства.

При параллельном режиме работы цеха все технологические операции выполняются одновременно на различных производственных участках. Бывают односменные, двухсменные трехсменные параллельные режимы работы.

Для цеха по выплавляемым моделям наиболее эффективным является двухсменный режим с третьей подготовительной сменой, т.е. третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

В соответствии с установленным режимом работы в литейных цехах устанавливается фонд времени работы оборудования. Действительный фонд времени равен номинальному (годовое время, в течении которого цех работает

без потерь) за вычетом плановых потерь. Плановые потери для оборудования – это время на проведение капитальных, средних и планово-предупредительных ремонтов.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования при рабочей неделе 40 часов, двухсменном режиме работы, в году восемь праздничных дней, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен	$Ф_Н$	Потери	$Ф_Д$
Сушильные печи	1	2070	2	2030
Автоматическое оборудование и автоматические линии	2	4036	10	3645
Дуговые печи		4036	3	3890
Печи для т/о отливок		4036	2	3975

3.4 Расчет производственных отделений цеха

3.4.1 Модельное отделение

В модельном отделении выполняются следующие технологические операции: приготовление модельного состава и подготовка его для запрессовки, запрессовка состава в пресс-формы, охлаждение моделей и извлечение их из пресс-форм, изготовление элементов литниковых систем и сборка моделей в блоки.

При изготовлении отливок по выплавляемым моделям трудоемкость получения моделей зависит от выбора состава и способа его приготовления. Поэтому принятый модельный состав должен иметь низкую температуру плавления, хорошую жидкотекучесть, достаточную твердость и прочность, быть безвредным, недефицитным

Для изготовления отливок в проектируемом цехе применим модельный состав первой группы ПЦПэв 67-25,5-7,5 (на основе парафина, церезина и полиэтиленового воска ПВ-300):

• температура плавления – 76,9 ºС;

• теплоустойчивость – 43 ºС;

• температура состава в пастообразном состоянии – 55…56 ºС;

• свободная линейная усадка – 0,7…1,0 %;

• предел прочности при статическом изгибе при 18…20 ºС – 6,3 МПа;

• кинематическая вязкость при 100 ºС – 8,13 мм;

• зольность – 0,02 % по массе;

• коксуемость – 0,04 %.

Модельные составы первой группы применяются как при массовом выпуске мелких стальных отливок, так при серийном производстве сложных по конфигурации тонкостенных отливок из специальных сплавов.

При подготовке выплавляемых модельных составах используют до 90 % возврата, собранного при удалении моделей из оболочек форм.

Для приготовления пастообразного модельного состава ПЦПэв67-25,5-7,5 используем малогабаритное устройство с шестеренными смесителями мод. 651. В установке объединены плавильный агрегат, емкостной бак, пастоприготовительный агрегат, две насосные станции, обеспечивающие подачу нагревательной воды с температурой, соответствующей расплавленному и пастообразному состояниям модельного состава, а также шкафы управления. Установка универсальна, так как может работать в автоматической линии в комплекте с двумя карусельными автоматами мод. 653.

Установка мод. 651 имеет электрическое и пневматическое управление исполнительными механизмами и может работать как в автоматическом, так и в наладочном режиме. Температура пастообразного состава регулируется в пределах 40…60 °С. Содержание воздуха в составе также регулируется и может составлять до 20 % по объему. Наибольшая производительность установки при

непрерывном режиме работы 0,063 м^3/ч. Температура пара 100…110 °С, давление 0,11…0,14 МПа, давление его 0,4…0,6 МПа, расход воды не более 1 м^3/ч, габаритные размеры установки 7600×2700×1850 мм.

Для расчета количества модельной массы на годовую программу воспользуемся ведомостью расхода металла на залитые формы.

Таблица 4 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Номер отливки		1	1	2	3	4	5	Итого
Наименование отливки		2	Кронштейн	Кронштейн	Вилка	Петля	Распределитель	
Масса отливки, кг		3	0,94	0,98	0,95	0,95	0,92	
Марка сплава		4	35Л	35Л	35Л	35Л	35Л	
Годовая программа	Шт.	5	50000	50000	40000	30000	40800	
	т	6	47,0	49,0	38,0	28,5	37,5	200,0
Брак по вине литейного цеха	%	7	3	3	3	3	3	
	Шт.	8	1500	1500	1200	900	1224	6324
	т	9	1,410	1,470	1,140	0,855	1,125	6,000
Отливается в год	Шт.	10	51500	51500	41200	30900	42024	217124
	т	11	48,410	50,470	39,140	29,355	38,625	206,000
Масса на одну отливку, кг	Литников и прибылей	12	0,470	0,490	0,475	0,475	0,460	
	Отливки с литниками и приблями	13	1,410	1,470	1,425	1,425	1,380	
Расход металла в год, т	На литники и прибыли	14	24,205	25,235	19,570	14,677	19,331	103,018
	Всего	15	72,612	75,705	58,710	44,012	57,956	308,995

Количество модельной массы Q на годовую программу:

$$Q = \frac{M_1 \cdot r}{K \cdot r_1}, \quad (18)$$

где M_1 – годовая потребность в жидком металле, кг;

r – плотность модельной массы, кг/м^3;

r_1 – плотность металла, кг/м^3;

К – коэффициент использования возврата модельной массы, равный 0,8.

$$Q = \frac{308{,}955 \cdot 10^3 \cdot 900}{0{,}8 \cdot 7800} = 44{,}566 \cdot 10^3, \text{ кг}$$

Количество установок для приготовления модельной массы:

$$P_1^{/} = \frac{B_Г \cdot K_Н}{Ф_Д^{/} \cdot N_{расч}^{/}}, \quad (19)$$

где $B_Г$ – годовое количество потребляемого жидкого металла, число съемов со стержневых машин, количество смесей и т.п. (с учетом брака, просыпи смесей и т.п.), т;

$K_Н$ – коэффициент неравномерности потребления и производства ($K_Н$ = 1,0…1,2);

$Ф_Д^{/}$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования, ч/год;

$N_{расч}^{/}$ – производительность оборудования (расчетная), принятая, исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации.

$$P_1^{/} = \frac{44{,}566 \cdot 10^3 \cdot 1{,}1}{2030 \cdot 34} = 0{,}71.$$

Количество установок для приготовления модельной массы, принимаемое к установке в цехе $P_2^{/}$=1 единица.

Определим $K_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования:

$$К_{ЗО} = \frac{Р_1^/}{Р_2^/}, \quad (20)$$

$$К_{ЗО} = \frac{0,71}{1} = 0,71.$$

Необходимое количество модельных блоков и оборудования для их изготовления рассчитывают с учетом брака моделей и форм на следующих технологических переделах: при запрессовке, обмазке и вытопке моделей, прокалке и заливке форм (таблица 5).

Таблица 5 – Ведомость годовой потребности в модельных звеньях и блоках

Наименование отливки	Номер отлвки	Годовая программа с учетом брака, шт.	Количество моделей в звене, шт.	Количество звеньев в блоке, шт.	Количество моделей на блоке, шт.	Требуемое количество блоков, шт.
1	2	3	4	5	6	7
Кронштейн	1	51500	4	3	12	4290
Кронштейн	2	51500	4	3	12	4290
Вилка	3	41200	4	3	12	3430
Петля	4	30900	4	3	12	2570
Распределитель	5	42024	4	3	12	3500
Итого		217124				18080

Продолжение таблицы 5

Потери блоков при обмазке		Потери блоков при вытопке		Потери блоков при прокалке и заливке форм		Количество блоков на годовую программу, 10^3шт.
%	шт.	%	шт.	%	шт.	
8	9	10	11	12	13	14
7	300	8	343	5	214	4877
	300		343		214	4877
	240		274		172	4116
	180		205		128	3083
	245		280		175	4200
	1265		1445		903	21153

Продолжение таблицы 5

Требуемое количество звеньев, шт.	Потери звеньев при запрессовке и сборке		Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.
	%	шт.	
15	16	17	18
12870	14	1802	14672
12870		1802	14672
10290		1441	11731
7710		1079	8789
10500		1470	11970
54240		7594	61834

В массовом и крупносерийном производствах стояк блока моделей собирается на металлический стержень для подвески на конвейер. Поэтому следует дополнительно учесть производство литниковых чаш и колпачков (таблица 6).

Таблица 6 – Ведомость годовой потребности в литниковых чашах и колпачках

Количество блоков на годовую программу, шт.	Потребность, шт.		Количество моделей в звене, шт.		Потребность в звеньях, шт.	
	в чашах	в колпачках	чаш	колпачков	чаш	колпачков
1	2	3	4	5	6	7
4877	4877	4877	4	4	1219	1219
4877	4877	4877	4	4	1219	1219
4116	4116	4116	4	4	1029	1029
3083	3083	3083	4	4	0771	0771
4200	4200	4200	4	4	1050	1050
Итого	21153				5288	5288

Продолжение таблицы 6

Брак при запрессовке				Количество модельных звеньев на годовую программу, шт.	
чаш		колпачков			
%	шт.	%	шт.	чаш	колпачков
8	9	10	11	12	13
14	181	14	181	1400	1400
	181		181	1400	1400
	144		144	1173	1173
	108		108	879	879
	147		147	1197	1197
	761		761	6049	6049

Сумма данных графы 18 таблицы 5 и граф 12, 13 таблицы 6, определяющая требуемое число запрессовок в год, служит для расчета необходимого количества запрессовочных модельных автоматов.

Для приготовления модельной массы используем установку модели ПБ 1646.Техническая характеристика установки модели ПБ 1646: наибольшая производительность, 63 л/ч; наибольшее давление в мазепроводе, 1 МПа; температура модельной массы на выходе, 70…80 ˚С; содержание воздуха в модельной массе, 0…20 %; температура воды в насосно-нагревательной станции, 40…90 ˚С; давление пара, 0,11…0,14 МПа; температура пара, 100…110 ˚С; расход: пара, 25 кг/ч сжатого воздуха, 0,5 $м^3$/ч воды, 1 $м^3$/ч; мощность нагревателей, 24 кВт; установленная мощность, 34,1 кВт; габаритные размеры, мм: длина ширина высота 1100×900×1300; масса, 500 кг.

Необходимое количество запрессовочных модельных автоматов рассчитывают по формуле (19):

$$P_1^{/}=\frac{73,952\cdot 10^3\cdot 1,1}{2030\cdot 20}=2,003.$$

Количество запрессовочных модельных автоматов, принимаемое к установке в цехе $P_2^{/}$=3 единицы.

$$К_{ЗО}=\frac{2,003}{3}=0,67.$$

Готовые модели после извлечения их из пресс-форм и предварительного визуального контроля охлаждают в проточной воде или обдувкой воздухом.

Сборка моделей осуществляется механическим креплением. Это высокопроизводительный метод сборки моделей в блоки на металлический стояк-каркас с механическим зажимом. Стояк-каркас предназначен для сборки моделей звеньями, изготовленными в многоместных пресс-формах с частью модели стояка (втулкой) с замком на торцовой части, исключающим относительное перемещение звеньев, собранных в блок. К преимуществам звеньевой сборки на стояк-каркас по сравнению с припаиванием относятся в 10…20 раз большая производительность и обеспечение полной повторяемости конструкции блока, разработанной технологом.

Исключается возможность смещения моделей, наблюдаемого при некачественной сборке припаиванием, искажения размера питателя в результате излишнего его оплавления, непрочного присоединения моделей, образования вследствие неполного припаивания зазора между питателем и соединяемым с ним элементом литниковой системы.

3.4.2 Отделение изготовления оболочек форм

В отделении изготовления оболочек форм выполняются следующие операции: подготовка материалов покрытия, приготовление покрытия, нанесения его на модельные блоки, сушка покрытия, извлечение стояков и выплавление модельного состава.

Высокая чистота поверхности отливки получается вследствие нанесения на выплавляемую модель слоя покрытия из твердой составляющей – пылевидного кварца и жидкого связующего – гидролизованного раствора этилсиликата и жидкого стекла.

Подготовка твердого материала состоит в измельчении, промывке, прокаливании и просеве. Измельчение производится в шаровых мельницах, футерованных внутри плитами из кварца. Прокаливание осуществляют в печах барабанного типа, выдерживают при 250…300 ºС в течении 2…3 часов, затем охлаждают до комнатной температуры. Просев осуществляется с помощью сит.

Подготовка связующих растворов заключается в приготовлении гидролизованного раствора этилсиликата в гидролизаторах и жидкого стекла.

Этилсиликат (ЭТС) – прозрачная или слабоокрашенная жидкость с запахом эфира. Это продукт реакции этилового спирта с четыреххлористым кремнием при непрерывном их смешивании и охлаждении в реакторе. Реакция этерификации, или эфиризации, может быть схематически представлена следующим уравнением (если применяют обезвоженный спирт):

$$SiCl_4 + 4C_2H_5OH = (C_2H_5O)_4\,Si + 4HC1,$$

где $(C_2H_5O)_4Si$ – этиловый эфир ортокремниевой кислоты с температурой кипения 165,5 °С, называемый также тетраэтоксисиланом, или моноэфиром.

Приготовление связующего раствора получают гидролизом ЭТС, для чего вводят воду. Гидролиз – это процесс замещения содержащихся в ЭТС этоксильных групп (C_2H_5O) гидроксильными (ОН), содержащимися в воде. Гидролиз сопровождается поликонденсацией.

Расчет гидролиза.

ЭТС-40, ρ =1050 кг/м^3, в количестве 1л.; спирт этиловый, ρ= 803,3 кг/м^3; кислота соляная, ρ=1190 кг/м^3.

Гидролиз проводим на 16 % SiO_2 в гидролизате, отверждение в воздушно-аммиачной среде.

Рассчитываем количество растворителя Р, которое требуется для получения 16 % SiO_2 в связующем по формуле:

$$P = \frac{Q\rho}{\rho_1}\left(\frac{m}{n} - 1\right), м^3 \qquad (21)$$

где m – содержание SiO_2 в этилсиликате, %;

Q – объем гидролизуемого этилсиликата, м^3;

ρ – плотность этилсиликата, кг/м^3;

ρ_1 – плотность разбавителя, кг/м^3.

$$P=\frac{1\cdot10^{-3}\cdot1050}{803,3}\left(\frac{40}{16}-1\right)=1,9607\cdot10^{-3}\ м^3=1960\ мл.$$

Рассчитываем общее количество воды, требуемое для гидролиза:

$$H=K\frac{Q\rho AM_1}{M_2\cdot100},\ кг \qquad (22)$$

где А – содержание этоксильных групп, %;

M_1 – молекулярная масса воды, кг;

M_2 – молекулярная масса этоксильных групп, кг.

При условий отверждения связующего в среде аммиака принимаем соотношение количества молей воды и этоксильных групп К = 0,3.

Так как содержание этоксильных групп в исходном этилсиликате не оговорено условием задания, принимаем его средним для данной марки ЭТС-40, т.е. А = 70 %. Молекулярная масса воды M_1 = 18 г (0,018 кг), молекулярная масса этоксильных групп:

$$M_2 = 14 + 15 + 16 = 45 \text{ г, т.е. } M_2 = 0{,}045 \text{ кг.}$$

$$H = 0{,}3\,\frac{1\cdot10^{-3}\cdot1050\cdot70\cdot0{,}018}{0{,}045\cdot100} = 0{,}0882 \text{ кг} = 88{,}2 \text{ мл.}$$

Определяем количество воды, вносимое растворителем – этиловым спиртом:

$$H_1 = \frac{P\rho_1 A_1}{100}, \text{ кг} \qquad (23)$$

где A_1 – содержание воды в спирте, % масс. A_1 = 3,2 % масс.

Количество воды, вносимое растворителем:

$$H_1 = \frac{1{,}9607\cdot10^{-3}\cdot803{,}3\cdot3{,}2}{100} = 0{,}0504 \text{ кг.}$$

Количество соляной кислоты для ускорения процесса гидролиза принимаем:

$$B = 0{,}01\cdot Q = 0{,}01\cdot1\cdot10^{-3} = 0{,}01\cdot10^{-3} \text{ м}^3 = 10 \text{ мл.} \qquad (24)$$

Количество воды, вносимое с катализатором – соляной кислотой:

$$H_2 = \frac{B\rho_2 A_2}{100}, \text{ кг} \qquad (25)$$

где B = (0,01…0,014)·Q – количество соляной кислоты, взятое для гидролиза, $м^3$;

ρ_2 – плотность соляной кислоты, кг/$м^3$;

A_2 – содержание воды в соляной кислоте, % масс.

$$H_2 = \frac{0{,}01\cdot10^{-3}\cdot1190\cdot62{,}78}{100} = 0{,}00747 \text{ кг,}$$

При ρ_2 = 1190 кг/$м^3$, A_2 = 62,78 % масс.

Количество воды, которое необходимо ввести непосредственно в этилсиликат при его гидролизе, составит:

$$H_3 = H - (H_1 + H_2), \text{ кг.} \qquad (26)$$

$$H_3 = 0{,}0882 - (0{,}0504 + 0{,}00747) = 0{,}03033 \text{ кг} = 30{,}33 \text{ мл.}$$

Количество компонентов гидролиза на один литр ЭТС-40:

• этилсиликат ГОСТ 26371-84 1000 мл;

• вода дистиллированная ГОСТ 6709-72 30,3 мл;

• спирт этиловый ГОСТ 17299-85 1960,7 мл;

• кислота соляная ГОСТ 3118-77 10 мл;

Всего 3001 мл.

Расход суспензии на 200 т годных отливок при трех слоях этилсиликатового связующего – 62 т. Гидролизованный раствор ЭТС-40 в суспензии составляет 40 %, т.е. 24,8 т.

Приготовка связующего раствора этилсиликата осуществляют в гидролизаторе конструкции НИИавтопром с производительностью 40 л/ч, емкостью бака 50 л, скоростью вращения мешалки 2800 об/мин, габариты установки 750×600×1470 мм.

Рассчитаем необходимое количество гидрализаторов по формуле (19):

$$P_1^{/} = \frac{24,8 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{2030 \cdot 20} = 0,67.$$

Количество гидролизаторов, принимаемое к установке в цехе $P_2^{/} = 1$ единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО} = \frac{0,67}{1} = 0,67.$$

Жидкое стекло (ЖС) относят к основным связующим, так как его водная вытяжка после прокаливания оболочки — щелочная; получают растворением в горячей воде при повышенном давлении раздробленной силикат-глыбы. Последнюю изготовляют наиболее часто сплавлением кремнезема с содой:

$$SiO_2 + nNa_2CO_3 = SiO_2 \cdot nNa_2O + nCO_2.$$

ЖС может быть натриевым, калиевым или литиевым.

Жидкое стекло характеризуется химическим составом, модулем, удельным весом. Под модулем понимается отношение числа грамм-молекул кремнезема к числу грамм-молекул окиси натрия в продукте. Модуль должен быть 2,56…3.

Приготовление огнеупорной суспензии.

Компоненты суспензии:

• связующее (гидролизованный раствор этилсиликата или жидкое стекло);

• огнеупорный наполнитель.

Наполнитель перед использованием выдерживают при 250…300 ºС в течении 2…3 часов, затем охлаждают до комнатной температуры.

В качестве огнеупорного наполнителя используется пылевидный кварц. Его свойства следующие:

• температура плавления – 1710 ºС;

• плотность – 2650 кг/м^3;

• коэффициент термического линейного расширения – $13{,}7 \cdot 10^{-6}$ 1/ºС.

Для приготовления суспензии на ЭТС связующем в бак механической мешалки влить гидролизат, включить мешалку и засыпать порциями наполнитель. Суспензию перемешать в течении 40…60 минут при скорости вращения крыльчатки мешалки 2800 об/мин. Затем суспензию выдержать в спокойном состоянии 20…30 минуты и замерить условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Оптимальная вязкость полученной суспензии 60…75 сек. Активное и длительное перемешивание необходимо для дезагрегирования пылевидной составляющей и смачивания связующим пылевидной частицы. За 5…7 мин. до окончания перемешивания вводят антииспаритель. Вследствие активного перемешивания понижается вязкость суспензий, поэтому необходимо вводить больше пылевидной составляющей. На пылевидных зернах образуются тонкие пленки связующего и достигается плотная укладка зерен в слоях, наносимых на модели.

Для приготовления суспензии используют установку модели 661. Наибольшая производительность 0,06 м^3/ч, время перемешивания 30…60 мин., частота вращения крыльчатки 2800 об/мин., мощность 3 кВт, габаритные размеры 700× 940×2830 мм.

Рассчитаем необходимое количество установок 661 для приготовления 62 т этилсиликатового связующего по формуле (19):

$$P'_1 = \frac{62 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{2030 \cdot 40} = 0,83.$$

Количество установок 661, принимаемое к установке в цехе P'_2=2 единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО} = \frac{0,83}{1} = 0,83.$$

Расход суспензии на 200 т годных отливок при двух слоях жидкостекольного связующего – 42 т. Приготовление суспензии на основе жидкостекольного связующего происходит аналогично приготовлению суспензии на ЭТС связующем.

Рассчитаем необходимое количество установок 661 по формуле (19):

$$P'_1 = \frac{42 \cdot 10^3 \cdot 1,1}{2030 \cdot 30} = 0,75.$$

Количество установок 661, принимаемое к установке в цехе P'_2=1 единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО} = \frac{0,75}{1} = 0,75.$$

Далее блоки моделей смачивают в суспензии. При этом блок медленно погружают в суспензию, поворачивая его в различных направлениях. Смачивать суспензией модели можно только после полного завершения процессов их усадки. При нанесении первого слоя суспензия удаляет с поверхности моделей адсорбированный воздух и смачивает поверхность блока. Затем модельный блок присыпается песком в установках «кипящего слоя» Последний слой оболочки наносят без последующей обсыпки зернистым материалом.

Для послойного нанесения суспензии на модельные блоки и обсыпки их в кипящем слое песка используют автомат 6А67. Производительность автомата 200 покрытий/ч, рабочий объем ванны для суспензии 160 л, ванны «кипящего слоя» – 460 л, площадь зеркала ванны обмазки 0,64 м^2, «кипящего слоя» – 1 м^2,

расход сжатого воздуха 3,6 м^3/ч, охлаждающей воды 5…8 л/мин., габариты 3825×2290×1930 мм.

Рассчитаем необходимое количество установок 6А67 по формуле (19):

$$P'_1=\frac{21,153\cdot10^3\cdot1,1}{3645\cdot10}=0,63.$$

Количество установок 6А67, принимаемое к установке в цехе P'_2=1 единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО}=\frac{0,63}{1}=0,63.$$

В установках сушки блоков 6А82 происходит послойное отверждение и сушка огнеупорного покрытия. Производительность сушила 200 блоков/ч, скорость цепи конвейера 2,13 м/мин,, число камер сушки 5 шт., мощность 12 кВт, габариты 6600×1870×3400 мм. Установка сушки блоков 6А82 входит в линию с установкой 6А67.

Рассчитаем необходимое количество установок 6А82 по формуле (19):

$$P'_1=\frac{21,153\cdot10^3\cdot1,1}{3645\cdot10}=0,63.$$

Количество установок 6А82, принимаемое к установке в цехе P'_2=1 единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО}=\frac{0,63}{1}=0,63.$$

Торец литниковой воронки покрыт оболочкой при ее формировании, что препятствует удалению модельного состава, а применение металлического стояка – извлечению его из блока моделей. Торцовый слой оболочки на воронке отрезают вращающимся тонким абразивным отрезным кругом.

Воскообразные модели выплавляют в горячей воде в установке 672. Наибольшая производительность 200 блоков/ч, размер площадки для установки блоков 400×850 мм, рабочая температура воды 95…98 ºС, рабочий объем ванны 14 м^3, мощность 21 кВт, габариты 17530×5350×1940 мм.

Рассчитаем необходимое количество установок 672 по формуле (19):

$$P_1^{/}=\frac{21{,}153\cdot 10^3\cdot 1{,}1}{3645\cdot 10}=0{,}63.$$

Количество установок 672, принимаемое к установке в цехе $P_2^{/}=1$ единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО}=\frac{0{,}63}{1}=0{,}63.$$

Освобожденные стояки промывают в специальных установках и возвращают к столам сборки.

3.4.3. Прокалочно-заливочное отделение

В прокалочно-заливочном отделении оболочки форм заформовывают в опорный наполнитель и прокаливают, плавят и заливают в формы металл, охлаждают и выбивают блоки отливок.

На дно опоки, представляющей собой коробку, насыпают небольшой слой наполнителя, чтобы верхний уровень торца литниковой воронки оболочки был примерно на уровне верха опоки; ставят оболочки, воронки закрывают крышками и насыпают наполнитель. В качестве сыпучего опорного наполнителя применим шамотную крошку (0,2…1 мм). Опоку ставят на вибростол с амплитудой колебаний 0,5…0,6 мм и частотой колебаний 50 Гц. После уплотнения наполнителя снимают крышки и формы направляют для прокаливания в печь. Оболочки прокаливают 7…10 ч и заливают их горячими, при литье стали они имеют температуру 600…700 °С.

Формуют оболочки в опоки на формовочном столе мод. АВА740Л, который имеет габаритные размеры опоки 600×270×400 мм, наибольшая производительность при двух блоках диаметром 250 мм в одной опоке 25 форм/ч,

производительность элеватора 5,7 т/ч, объем верхнего бункера 0,4 м^3, нижнего – 0,3 м^3, 2 вибратора, габариты 1075×1068×2954 мм.

Рассчитаем необходимое количество установок АВА740Л по формуле (19):

$$P_1^{/}=\frac{21,153\cdot 10^3\cdot 1,1}{3975\cdot 8}=0,7.$$

Количество установок АВА740Л, принимаемое к установке в цехе $P^{/}_2$=1 единица.

$$К_{ЗО}=0,73.$$

Прокаленные формы, расположенные на роликовом конвейере, заливают металлом из разливочных ковшей.

Для выплавки стали 35Л в проектируемом цехе примем индукционную печь средней частоты с основной футеровкой ИПСЧ-0,15/0,20. Вместимость печи 0,15 т, скорость плавки 45 мин., угар шихтовых материалов 2 %.

Для расчета количества печей воспользуемся балансом металла.

Таблица 7 – Баланс металла

	Расход стали 35Л		Всего
	%	т	
1.Годные отливки	63,000	200,000	200,000
2. Литники и прибыли	32,500	103,018	103,018
3. Брак отливок	2,000	6,000	6,000
4. Технологические пробы и опытные отливки	0,500	1,580	1,580
5. Сливы и всплески	0,500	1,580	1,580
Итого жидкого металла	98,000	312,178	312,178
6. Угар и безвозвратные потери	2,000	4,750	4,750
Металлозавалка	100,000	316,900	316,900

Рассчитаем необходимое количество печей ИПСЧ-0,15/0,20 по формуле (19):

$$P_1^{/}=\frac{316,9\cdot 1,2}{3890\cdot 0,15}=0,7.$$

Количество, печей ИПСЧ - 0,15/0,20 принимаемое к установке в цехе $P^{/}_2$=1 единица.

Определим $К_{ЗО}$ – коэффициент загрузки оборудования по формуле (20):

$$К_{ЗО}=\frac{0,7}{1}=0,7.$$

Необходимое количество разливочных ковшей определим по формуле:

$$П=\frac{Q_{ME}\cdot Т_Ц\cdot К_Н}{Q_К\cdot Ф_Д}, \quad (27)$$

где, Q_{ME} - годовой объем жидкого металла, т;

$Т_Ц$ – время цикла работы ковша, ч;

$К_Н$ – коэффициент неравномерности производства;

$Ф_Д$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования, ч/год;

$Q_К$ – вместимость ковша, т.

$$П=\frac{312,178\cdot 0,1\cdot 1,4}{0,02\cdot 3890}=0,6.$$

Принимаем 1 ковш емкостью 20 кг.

Число ковшей постоянно находящихся в ремонте определим по формуле:

$$п_{РК}=\frac{п_{РК}\cdot t_Р\cdot п_Р\cdot к_Н}{Ф_Р}, \quad (28)$$

где $п_{РК}$ — число ковшей, находящихся в ремонте;

$п_К$ — общее число ковшей, находящихся постоянно в работе;

tp — время ремонта одного ковша, ч;

$п_Р$ — число ремонтов в году;

$к_Н$ — коэффициент неравномерности производства;

$Ф_Р$ — действительный фонд времени работы футерровщиков, ч.

$$п_{РК}=\frac{1\cdot 8\cdot 24\cdot 1,4}{1640}=0,16.$$

Итого, постоянно находится в ремонте один ковш. Количество резервных ковшей, на случай их выхода из строя, две штуки. Сушку ковшей и тиглей осуществляют на газовых стендах.

Таблица 8 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материалов	Расход материала на марку сплава 35Л	
	%	т.
1. Металлическая шихта а) чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	1,843	5,799
б) лом стальной 1А ГОСТ 2787-86	60,272	191,002
в) возврат	36,960	117,126
г) ферромарганец ФМн78А ГОСТ755-91	0,538	1,705
д) ферросилиций Фс75 ГОСТ 1415-93	0,387	1,226
Итого	100,000	316,900
2. Окислители	5,000	15,845
3. Шлакообразующие	3,000	9,507
4. Раскислители и модификаторы	2,000	6,338

3.4.4 Термообрубное отделение

В общей трудоемкости изготовления отливок на долю финишной обработки приходится до 30% и более, причем в очистных отделениях применяется наибольшее количество ручного труда.

Финишная обработка включает в себя следующие операции:

• удаление литников, выпоров, прибылей;

• удаление заливов, приливов;

• выбивку стержней, грунтовка и окраска.

Отрезка литников: принимаем галтовочный барабан – 1 шт.

Очистка отливок: принимаем барабан очистной галтовочный периодического действия модели 42224 с производительностью q = 3 т/ч.

Зачистка отливок: принимаем специальный станок для обдирки и зачистки отливок модели МЗ-11В с производительностью 1,5 т/ч.

Термообработка отливок: сталь 35Л является среднеуглеродистой и относится к улучшаемым сталям, такие стали часто подвергают улучшению – термической обработке (ТО), заключающейся в закалке и отпуске при высоких температурах. Улучшаемые стали должны иметь высокую прочность, пластичность, высокий предел выносливости, малую чувствительность к отпускной хрупкости, должны хорошо прокаливаться.

Принимаем для ТО стальных отливок продолжительностью 20 часов, агрегат для отжига отливок с производительностью q = 5 т/ч.

3.4.5 Склад формовочных материалов и участков взвешивания шихты

На складах осуществляется приемка, складирование, подготовка шихтовых и формовочных материалов, огнеупорных изделий и т.д. При определении площади закромов используют данные расчетов плавильного и смесеприготовительного отделений. Расход вспомогательных материалов принимается по данным базового предприятия. Количество хранящихся на складе материалов определяется нормативным запасом по каждому виду и суточной потребностью.

Площадь, занимаемую материалом на месте хранения, рассчитывают по формуле:

$$F_M = \frac{Q}{H \cdot k \cdot y}, \text{ м}^2 \qquad (29)$$

где Q – масса соответствующего материала, хранящегося на складе, т;

Н – высота хранения материала, м;

у – насыпная массы материала, т/м^3;

к – коэффициент использования емкости склада (не более 0,8).

При определении площади складов учитываются также площади, занятые приемными приямками, разгрузочными площадками, эстакадами, приемными устройствами для подачи материалов в цех, оборудованием для подготовки материалов, а также проходами и проездами.

3.4.6 Вспомогательные отделения и участки цеха

Отделение подготовки шихтовых материалов предназначено для дробления последних с целью придания им необходимых размеров, сортировки и грохочения для отбора мелочи и для очистки поверхности от ненужных примесей. На данном участке для разделки длинномерного стального лома и бракованного проката, прибылей и литников используют газовые резаки.

Бункера для щихтовых материалов оборудованы электровибрационными питателями. Навески шихты к плавильной печи подают от весовой тележки самоходной электроталью.

Песок подают в цех просушенным с базисного склада завода. Системами пневмотранспорта.

Жидкие химикаты хранятся в баках и системой трубопроводов подаются к местам использования.

Лаборатории цеха предназначены для контроля поступающих в цех материалов, готовой продукции и текущего контроля технологических процессов.

В цехе предусматривается ремонтно-слесарное отделение. В задачи ремонтно-слесарного отделения входит проведение текущего, профилактического и среднего ремонтов, технологического ремонта оборудования цеха, согласно графику планово-предупредительных ремонтов.

4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ «ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ НА АЛЮМОБОРФОСФАТНОМ СВЯЗУЮЩЕМ»

При изготовлении точных отливок для нужд машиностроения, аэрокосмического комплекса и приборостроения традиционно применяют прогрессивный специальный способ – литье по выплавляемым моделям. При этом в литейных процессах сплавов химически активных металлов (жаропрочные никелевые и титановые сплавы, сложнолегированные стали и др.) используют керамические корундовые формы на гидролизованном растворе этилсиликата (ГРЭТС), которые до недавнего времени в целом удовлетворяли требованиям производства.

Традиционный способ изготовления форм по выплавляемым моделям включает нанесение на модель лицевого слоя, его подсушку, нанесение последующих внутренних слоев из суспензии с этилсиликатным связующим, их обсыпку и сушку, лицевой слой наносят из суспензии с подкисленным водным растворителем состава, мас. %: вода 15,0…30,0, неорганическая кислота 1,0…3,0, поверхностно-активное вещество анионактивного или неионогенного класса 0,05…0,2, огнеупорный наполнитель – остальное, или из суспензии с подкисленным водно-органическим растворителем состава, мас. %: смесь воды и органического растворителя в соотношении 1:1, 3:1 15,0…30,0; неорганическая кислота 1,0…3,0; огнеупорный наполнитель – остальное, подсушку облицовочного слоя осуществляют по крайней мере 5 мин. с последующим упрочнением его суспензией из огнеупорного наполнителя и этилсиликатного связующего. К недостаткам данного способа относятся продолжительность изготовления форм, время для изготовления одного слоя от 1,5 до 2,5 часов, а для изготовления 4-5-слойных оболочковых форм соответственно около 6…12,5 часов, а также плохая выбиваемость литья, связанная с высокой

остаточной прочностью, образующейся при обжиге керамики. В связи с этим представлялось целесообразным изучить структуру и физикомеханические характеристики керамических оболочек на безкремнеземном связующем нового поколения – АБФК, и на основе полученных данных разработать технологию изготовления оболочковых керамических форм, обеспечивающую высокое качество отливок и универсальность по отношению к заливаемому сплаву наряду со снижением ресурсозатратности, повышением экологичности и сокращением производственного цикла изготовления отливок. Разработка состава суспензии была основана на применении в качестве связующего водного раствора алюмоборфосфатного концентрата и отвердителя к нему – периклаза. Химический состав АБФК и его основные свойства представлены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9 – Химический состав АБФК (ТУ 113-08-606-87)

Содержание компонентов, % масс.				
P_2O_5	B_2O_3	Al_2O_3	H_2O	Прочие примеси
30,0…47,5	0,8…1,0	6,0…9,5	40…60	1,0…2,0

Таблица 10 – Свойства АБФК (ТУ 113-08-606-87)

Внешний вид	Вязкость по ВЗ-4, с	Плотность, г/см^3	pH, не менее	Длительность хранения
вязкая жидкость без механических примесей	15…25	1,5…1,7	0,1	6 месяцев

Цвет АБФК может меняться от прозрачного до серого или светло-зеленого. Вязкость связующего оценивалась по вискозиметру ВЗ-4 при комнатной температуре. Заявленная длительность хранения обусловлена стабильностью внешнего вида связующего. В случае хранения АБФК сверх срока годности в нем

выпадает мутный осадок хлопьевидных частиц, причем выпадание такого осадка не связующие свойства материала существенного влияния не оказывает.

Разработанная суспензия предназначена для изготовления керамических оболочковых форм. С целью химического отверждения смеси использовали периклаз (MgO). Существуют периклазовые порошки трех видов: каустический, спеченый и плавленный. Анализ литературных данных показал, что с целью применения в качестве обсыпочного материала рационально использовать спеченный периклаз. Исходным сырьем для производства спеченных периклазовых порошков является сырой магнезит. Получение спеченного периклаза осуществляется обжигом магнезита в печах при температуре 1600 °С. Этот материал имеет достаточную огнеупорность и термостойкость. Промышленностью выпускается спеченный периклаз различного химического и фракционного состава по ГОСТ 24862-81.

Классификация по маркам данного материала осуществляется в зависимости от доли активного MgO в составе. Определение оптимальной плотности АБФК, вязкости суспензии, а также ориентировочного содержания периклаза в смеси, осуществляли на основе кинетических кривых отверждения в системе «суспензия на АБФК-периклаз». Варьируемые параметры процессы представлены в таблице 10.

Таблица 11 – Основные параметры взаимодействия системы «суспензия на АБФК-периклаз»

Наименование параметра	Значение параметра
1. Плотность АБФК, г/см^3	1,2…1,5
2. Количество затворителя, %	30,0…50,0
3. Дисперсность периклаза, мм	0,1…0,5

С целью достижения необходимой плотности связующего осуществляли смешивание концентрированного АБФК и дистиллированной водой. Полученный

раствор размешивали лабораторной мешалкой в течение 2…3 минут со скоростью вращения крыльчатки 3000 об/мин., до получения однородной полупрозрачной жидкости, бледно-зеленого цвета. Сравнительные данные двух способов изготовления керамических форм приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительные данные способов изготовления керамических форм

Показатель	Формы на ЭТС	Формы на АБФК
Живучесть суспензии, ч	4…6	Не менее 20 сут.
Продолжительность отверждения слоя суспензии, мин	30…40	15
Прочность керамических образцов, МПа после вытопки моделей; после термообработки; остаточная (выбиваемость)	 3,8…4,1 4,2…4,8 3,2…3,5	 5,2 6,4 1,8
Газопроницаемость, ед.	1…2	3
Склонность к образованию трещин, м/м2	26…40	10…16
Шероховатость поверхности отливок, Rz	60…80	40

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 – ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в цехе литья по выплавляемым моделям можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, различные подъемно-транспортные устройства, повышенная температура поверхности оборудования, пыль, выделение паров и газов, тепловой поток, избыточное выделение теплоты, повышенный уровень шума, вибрация, электромагнитные излучения, повышенное значение напряжения в электрических цепях.

Природно-климатические условия местности расположения цеха представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Природно-климатические условия местности расположения цеха

Наименование показателя	Холодный период	Тёплый период
Экстремальная температура, ºС	-47,0	40,0
Наиболее холодная пятидневка, ºС	-38,0	-
Скорость ветра, м/с	3,7	4,0
Количество осадков, мм	114,0	383,0

В литейном цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:
подвижные части производственного оборудования;

• повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;

• пониженный уровень освещённости;

• повышенный уровень шума;

• повышенный уровень вибрации;

• запылённость воздуха рабочей зоны;

• повышенные значения напряжения в электрической цепи.

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

5.1.1 Запыленность воздуха рабочей зоны

В литейном цехе к вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, тепловой поток, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления суспензии, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-07 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным производственным факторам можно отнести пыль, выделяющиеся газы и пары, источниками которых являются плавильные агрегаты, оборудование для приготовления смесей и стержней, участки формовки, выбивки и очистки отливок.

На жизнедеятельность рабочего большое влияние оказывает газовый состав воздуха. Условия считаются благоприятными при следующем составе воздуха:

• кислорода 19–20 %;

• углекислого газа не более 1 %.

ПДК и классы опасности вредных веществ приведены в таблице 13 по ГОСТ 12.1.007-99 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Материалом, содержащим марганец является ферромарганец, применяемый при выплавке стали. Физические и химические свойства марганца температура плавления 1224 °С, температура кипения 2095 °С, плотность 7440 кг/м. Взаимодействует с галогенами, серой, фосфором, углеродом,

кремнием. При выплавке стали пары марганца соединяются с кислородом воздуха, образуя окислы в виде бурого дыма. Собранный над расплавленной поверхностью дым состоит из MnO. Введенный из вне Mn, накапливаясь в митохондриях, изменяет каталитические, энергетические, обменные процессы. Повышает уровень сахара и молочной кислоты в крови. При любых путях поступления соединений марганца особо резкие нарушения обнаруживаются в головном мозге. Изменения обнаруживаются также в печени, почках, реже в сердечной мышце.

Таблица 14 – ПДК и классы опасности вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Оксид углерода	20,0	4
Оксид железа	6,0	3
Диоксид серы	10,0	3
Известняк	6,0	2
Оксид марганца	0,3	1
Соляная кислота	5,0	3
Серная кислота	1,0	2
Этилсиликат	20,0	4
Спирт этиловый	1000,0	4
Кварц	1,0	2
Керосин	300,0	4
Фенол	1,0	2
Ацетон	200,0	5

Пары серной кислоты вызывают раздражение слизистой, отравление, а при попадании жидкости на кожу – ожог.

Пыль содержит около 80 % диоксида кремния. Типичное заболевание, возникающее под действием кремнесодержащей пыли – силикоз. Наиболее

опасен прогрессирующий фиброз лёгочной ткани (пылевой пневмосклероз). Помимо естественной вентиляции, для эффективного распределения воздуха по всему производственному помещению, применяется механическая вентиляция, которая состоит из вытяжной вентиляционной установки. 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.

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».

5.1.2 Микроклимат на рабочих местах

Производственный микроклимат – сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха, а в горячих цехах ещё и теплового излучения.

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года. Правила и нормы микроклимата предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Работы, выполняемые в цехе относятся к работам средней тяжести (категория IIб).

К показателями, характеризующим микроклимат относятся:

• температура воздуха;

• относительная влажность воздуха;

• скорость движения воздуха;

• интенсивность теплового излучения.

К категории IIб (энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233…290 Вт)) относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям (согласно ГОСТ 12.1.005-88) и представлены в таблице 14.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м^2 - при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м^2, при этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Кроме того, при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

• перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 ^{O}C;

• перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ IIб) 5 ^{O}C.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих ОВФ РС и ТП.

Обеспечение рабочих надежными и эффективными СИЗ, способствует повышению безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Таблица 15 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, ºС					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	Допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных				
Холодный	IIб	17…19	21	23	15	13	40…60	75	0,2	н.б. 0,4
Теплый	IIб	20…22	27	29	16	15	40…60	70	0,3	0,2…0,5

5.1.3 Шум

Интенсивный шум оказывает негативное влияние на работоспособность человека. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев.

Уровень шума в производственных помещениях должен соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,

общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень звукового давления в производственных помещениях, на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должен превышать 80 дБ. Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки. Параметры шума и общие требования безопасности регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-01.

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-03 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85 дБ, должны быть предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 дБ.

Для снижения механического шума используем упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5…7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и дешёвым способом снижения шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудование. Основные положение» [14].

5.1.4 Вибрация

В литейном цехе по ГОСТ 10816.1-97 «Вибрационная безопасность. Общие требования» локальная и общая вибрация второй категории. Источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01.

Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь.

Поскольку технология изготовления отливок предусматривает использование формовочных вибрационных машин, то необходимо проводить следующие мероприятия по снижению уровня вибрации:

• встраивание дополнительных устройств вибропоглощения в конструкцию машин;

• рабочие обеспечиваются СИЗ – специальными рукавами свибродемпфирующей прокладкой и обувью с вибродемпфирующей подошвой.

В таблице 16 приведены гигиенические нормы вибрации.

Таблица 16 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно-технологическая	-	117	108	102	101	101	101	-	-	-	-
Технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
В служебном помещении	-	91	82	76	75	75	75	-	-	-	-
Локальная вибрация	-	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

Параметры вибрации на рабочих местах не должны превышать допустимых величин по ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

5.1.5 Освещение

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведёт к снижению производительности труда и

работоспособности. Может явиться причиной заболевания глаз и несчастных случаев.

Освещение в производственной деятельности, как фактор охраны труда, 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 2.1.2.1278-03 «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 и ДРЛ.

В соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещённости на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие ярких теней, правильность направления светового потока.

Рекомендуемые значения освещённости приведены в таблице 17.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения.

Искусственное освещение осуществляется лампами накаливания, ртутными лампами мощностью 250, 400, 700, 1000 кВт. Местное освещение осуществляется установленными на высоте 3…4 м люминесцентными лампами. Предусматривается аварийное освещение для безопасного продолжения работы и выхода людей из помещения при внезапном повреждении освещения.

Таблица 17 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, % при освещении совмещённом
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, закром	горизонталь	$IV_а$	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	$IV_г$	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	Горизонталь	$VIII_б$	200	0,7
Изготовление форм	0,8 от пола	горизонталь	VI	300	1,8

5.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность литейного производства обеспечивается выбором техпроцессов и производственного оборудования, помещений и исходных материалов, способом их хранения, транспортирования, а также правильным размещением оборудования, установлением функций работающих, их обучением, использованием средств индивидуальной защиты.

Безопасность технологических процессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.2.003-91 (2001) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.3.002–75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности», использованием средств индивидуальной защиты.

Правильная организация рабочих мест предполагает учет эргономических требований, предусмотренных ГОСТ 12.2.049-80 (2003) – ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Расстояние между единицами оборудования, а также между оборудованием и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должно соответствовать ГОСТ 12.3.002-75 (2000) – ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Для обеспечения безопасности операций по переработке исходных материалов, формовочные и шихтовые материалы хранят в закромах и бункерах. На все поступающие в цех шихтовые и формовочные материалы должны быть токсикологические характеристики. На участке приготовления суспензии, изготовления блоков, плавки стали, термообработки и выщелачивания имеется приточно-вытяжная вентиляция, пожарная сигнализация и средства пожаротушения.

Безопасность работ при заливке форм достигается механическим транспортированием расплавленного металла.

Оградительные устройства служат для предотвращения попадания человека в опасную зону, то есть в пространство, где возможно воздействие опасного или вредного производственного фактора.

Механизация и автоматизация техпроцессов освобождает рабочих от тяжелого физического труда, что снижает травматизм.

Модельное отделение

В модельном отделении технологическое оборудование имеет высокую температуру поверхности, возможно испарение, горение составляющих модельного состава.

Безопасность труда обеспечивается:

• приточно-вытяжной вентиляцией для удаления вредных паров согласно ГОСТ 21.602–09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Скорость отсасываемого воздуха не менее 0,7 м/с;

• оборудование для плавления модельных составов имеет систему терморегуляции и обогреваться паром;

• ограждением по периметру карусели у автомата изготовления модельных звеньев;

• средствами пожаротушения;

• закреплением на стенах памятки «НЕ КУРИТЬ»;

• снабжением рабочих специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества».

Отделение изготовления оболочек

На участке приготовления суспензии, применяемые в работе: технический спирт и этилсиликат-40 являются легковоспламеняющимися жидкостями, поэтому наличие противопожарных средств обязательно.

ЭТС-40 должен хранится в закрытой таре, в специально отведенном месте на складе химикатов, с надписью «НЕОПАСНО». Раз год производится проверка на содержание паров ЭТС-40. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007-76 (2003) – ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» содержание паров ЭТС-40 в воздухе не должно превышать 20 мг/м^3.

Тары, в которых хранятся химикаты, должны быть в исправном состоянии и иметь этикетку с названием химиката. Хранение «неизвестных» материалов не допускается.

Учитывая это, в отделении проводится следующий комплекс мероприятий:

• рабочие снабжены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты

по ГОСТ 12.4.016-83 (2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

• над емкостями в установках приготовления и нанесения суспензии установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров согласно ГОСТ 21.602–09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Объем отсасываемого воздуха не менее 1,0 м/с;

• гидролизёры снабжены системой циркуляции воды для поддержания необходимого температурного режима при гидролизе;

• установлены средства пожаротушения и тара с нейтрализатором кислоты;

• при наполнении кружек кислотой применяют УРАЖ (устройство для разлива агрессивных жидкостей);

• ванна для выплавки модельного состава в горячей воде оборудована укрытием и вентиляционной системой. Скорость отсасываемого воздуха 0,5 м/с.

Плавильно-заливочное отделение

Безопасность труда обеспечивается правильной эксплуатацией плавильных печей, разливочных ковшей и подъемно-транспортного оборудования, точным соблюдением шихтовки, подготовки печей и ковшей к плавке шихты.

В плавильном отделении используются индукционные печи, которые работают практически бесшумно.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 18 согласно ГОСТ 12.1.005-88 (2001) – ССБТ «Общие санитарногигиенические требования к воздуху санитарной зоны» и СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Учитывая это, в цехе проводится следующий комплекс мероприятий:

• для предотвращения замыкания в системе электропитания индукционных печей на щитах и пусковых установках устанавливаются сигнальные лампы;

• для удаления вредных испарений над плавильными печами, печами прокалки и в местах охлаждения форм установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров согласно ГОСТ 21.602–09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

Таблица 18 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела, работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, $Вт/м^2$, не более
50 и более	35
25 – 50	70
Не более 25	100

• процесс загрузки шихты в плавильные печи специальными механизированными устройствами;

• после каждого ремонта печи или ковша контролируется качество его выполнения;

• бункеры для шихты имеют угол наклона, обеспечивающий легкое соскальзывание материала;

• грузовые крюки, траверсы, сварные цепи мостового крана перед пуском в работу, подвергаются освидетельствованию, согласно правилам Гостехнадзора;

• на выходе из цеха имеется световое табло, во время работы крана на нем высвечивается надпись: «Проход закрыт. Работает кран»;

• печи снабжены системой контроля футеровки, которая измеряет утечку тока через футеровку печи, обеспечивает индикацию нормальной работы печи, с выдачей аварийного сигнала и отключением установки;

• безопасность выдачи расплава из плавильных печей достигается тщательной подготовкой и просушкой футеровки желобов печей и ковшей;

• заполнять ковш расплавленным металлом допускается не более чем на 7/8 его высоты;

• для предупреждения травматизма и защиты от теплового и электромагнитного излучения, рабочие снабжены специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

• электрогидравлическая установка полностью механизирована, оборудована блокировкой, закорачивающей батарею конденсаторов, обеспечена световым табло «Высокое напряжение».

Безопасная работа на складе шихты обеспечивается:

• автоматизацией операций навески шихты и доставки ее к печам;

• движущиеся и вращающиеся детали и механизмы имеют защитные ограждения;

• спецодежда для защиты от повышенных температур по ГОСТ 12.4.01683(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

• запрещается загружать шихту в грузовую тару выше борта;

• емкости для хранения сыпучих материалов оснащены крышками, их передача производится пневмотранспортом.

Термообрубное отделение

Вредными факторами термообрубного отделения являются выделение тепла от термической печи, образующиеся во время выщелачивания отливок испарения едкого калия, угарного газа, шум на станках.

Для снижения вредного влияния этих факторов предусмотрено следующее:

• станки и пресса оборудованы защитным ограждением;

• установлена приточно-вытяжная вентиляция для удаления пыли и вредных паров ГОСТ 21.602–09 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

• рабочие снабжены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.016-83(2001) – ССБТ «Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества»;

• механизмы управления и обслуживания печи расположены в местах неподверженных воздействию высокой температуры и газов согласно ГОСТ 12.2.064-81(2001) – ССБТ «Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности».

5.2.1 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе, его отделениях 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».

Цех литья по выплавляемым моделям по опасности поражения электрическим токам относится ко второй категории согласно ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», характеризуется наличием химически активной среды, влажностью.

Для защиты электроустановок от перегрузки применяются плавкие предохранители. Рубильники располагаются в заземленных кожухах – ГОСТ 12.1.030-81 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» (особоопасное).

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции проводится раз в два месяца. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме

электроустановки, не должны превышать: напряжения 2.0 В, силы тока 0.3 мА. По ГОСТ 12.1.038-82 (2001)– ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

На электрощитах и питающих установках должна содержаться предупредительная надпись типа «Высокое напряжение. Опасно для жизни».

Все оборудование должно быть заземлено. Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта.

Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления – ГОСТ 12.1.019-79 (2001) – ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

5.2.2 Пожаровзрывобезопасность

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, горючей пыли. Пожаровзрывобезопасность объекта должна обеспечиваться системой предотвращения взрыва и пожара, системой противопожарной защиты и организационно-техническими мероприятиями по ГОСТ 12.1.004-91(2004) – ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.010-76 (2004) – ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования».

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории В пожароопасных.

Наиболее частыми причинами пожаров служат нарушения технологического режима, неисправность электрооборудования.

В цехе постоянно присутствует расплавленный металл, горючие газы, пыль, пары, поэтому имеет место высокая взрывопожароопасность.

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

Конструкция здания относится ко второй степени огнестойкости. В профилактических целях на участках устанавливаются щиты с противопожарным инвентарем, ящики с песком и огнетушители, сигнализаторы взрывоопасных концентраций и аварийную вытяжную вентиляцию.

В таблице 19 представлены температуры воспламенения материалов и гасящие материалы.

Парафины, применяемые в модельном отделении, относятся к горючим жидкостям и обладают температурой вспышки 158…195 ºС.

Для предотвращения пожара от коротких замыканий и перегрузки электропроводки устанавливаются плавкие предохранители, а на электродвигателях – тепловые реле. Также предусматривается звуковая сигнализация и связь со службой пожарной охраны завода.

Таблица 19 – Пожаро- и взрывоопасные вещества, гасящие материалы

Вещество	Температура Воспламенения, ^{O}C	Температура самовоспламенения, ^{O}C	Взрывоопасное содержание в воздухе, %	Материалы, применяемые при тушении пожара
Спирт этиловый	13	425	3…19	Ящик с песком, асбест, огнетушащие пены
Керосин	40	465	1…7	
Этилсиликат	18	507	8…45	
CO	280…320	610	12…75	

Взрыв или возгорание газообразных или смешанных горючих веществ, смесей наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе.

Основными мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли. Причем температура деталей оборудования, соприкасающихся с пылью должна быть ниже температуры воспламенения.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть.

5.3 Охрана природной среды

Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

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

5.3.1 Очистка выбросов в атмосферу

Для очистки вентиляционных выбросов в цехе используются аспирационные системы. Система аспирации включает в себя: бортовой отсос, который помогает уловить вредные выбросы, наклонные воздуховоды из толстостенной стали, которые отводят воздух с пылью от местного отсоса до улицы, высоконапорный вентилятор, систему очистки выбросов.

Для очистки воздуха, выбрасываемого вытяжной вентиляцией от содержания в нем вредных примесей в виде пыли неорганической и спирта этилового установлен циклон-промыватель типа ЦС-11-400 со степенью очистки 70 %, производительность по воздуху 970…1270 $м^3$/ч.

Для очистки вентиляционных выбросов от загрязняющих веществ (пыли неорганической, пыли абразивной) применяются циклоны типа ВЦНИИОТ №9 со степенью очистки 65 %, производительность по воздуху 300 $м^3$/ч.

В плавильном отделении уходящие газы от индукционных печей очищают от взвешенных в них твердых или жидких частиц электрофильтры и циклоны типа СИОТ № 4 со степенью очистки 73 %, производительность 6000 $м^3$/ч. Для удаления абразивно-металлической пыли из зоны обдирочно-шлифовальных станков применяют кожух-пылеуловитель КПТОК.

5.3.2 Очистка производственных сточных вод

Очистка сточных вод производится механическим способом. Для этого применяют отстойники и фильтры. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, а поверхностные загрязнения (нерастворенные и частично коллоидальные загрязнения минерального и органического происхождения) – радиальным отстойником 2К-30М с производительностью по воде 2900 $м^3$/ч.

Крошку отработанной керамики, полученную после предварительной чистки отливок, вывозят в отвал при соблюдении СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления».

На одну тонну годного литья по выплавляемым моделям образуется 100…200 кг керамической крошки. Ее вместе со шлаками плавильного производства, возможно использовать в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт и так далее. Отходы отработанной керамики относят к первому классу опасности. Степень вредного воздействия на окружающую среду очень высокая [15]. На одну тонну годного литья по выплавляемым моделям образуется 600…700 кг маршалитовых стоков и шлама после выщелачивания. Эти отходы перекачивают в очистные сооружения, где их нейтрализуют серной кислотой согласно СанПиН 2.1.7.1322-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» и направляют в систему гидрошламоудаления для доочистки. Шлам в течении 3…4 часов обрабатывают острым паром, затем известью для извлечения из раствора 95 % щелочи. При захоронении остатка необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.027-2004 ССБТ – «Работы литейные. Требования безопасности».

Тепло отходящих газов термической печи и установки для сушки ковшей используется в хозяйственно-бытовых нуждах цеха. Получить водяной пар, необходимый для технологических нужд, позволяют котлы-утилизаторы.

5.3.3 Обезвреживание и утилизация отходов

Литейное производство характеризуется высоким расходом сырьевых и энергетических ресурсов, и поэтому очень важным является решение вопросов экономии и организации процессов замкнутого цикла.

Твердые отходы литейного цеха включают: отработанные стержневые смеси, просыпи и шлаки из отстойников пылеочистной аппаратуры. Данные отходы относятся к четвертой категории опасности. При условии соответствующего складирования и последующей рекультивации отходы не должны наносить серьезного ущерба окружающей среде.

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 % увозится в отвалы.

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

Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. Согласно Федерального закона № 89-ФЗ от 24.06.98 г "Об отходах производства и потребления".

5.4 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации

Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 года № 28 (в ред. Федеральных законов от 09.10.2002 N 123-ФЗ, от 19.06.2004 N 51-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ) определяет задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны.(преамбула в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ).

Рассматривая завод как объект гражданской обороны, следует определить, где в первую очередь в полном объеме должны приниматься меры по защите людей и оборудования от оружия массового поражения. При ядерном взрыве

разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны. Под воздействием гамма-излучения в живых организмах нарушаются биологические процессы, что приводит к тяжелым заболеваниям. Под воздействием тепловых излучений происходят пожары промышленных объектов. Исходя из этого, проектом предусмотрена система мероприятий по пожаротушению цеха. По наружному периметру здания проложен водопровод с интервалом 30 метров, предусмотрены пожарные краны.

Основным способом защиты людей от поражающих факторов являются:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в убежищах;
- обеспечение людей индивидуальными средствами защиты;
- организация специальных служб.

В литейном цехе предусмотрено специальное убежище, рассчитанное на рабочих и служащих. Убежище располагается в подвальном помещении административно-бытового корпуса.

На случай чрезвычайных ситуаций, определены места эвакуации людей, документации и оборудования, созданы аварийно-пожарные бригады из числа сменного состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проведена разработка технологии изготовления отливки «Кронштейн с уклоном».

Применение комплексной автоматической линии изготовления моделей, полуавтоматической линии изготовления оболочек, комплексной механизированной поточной линии прокаливания, формовки, заливки оболочек форм, выбивки охлаждения отливок, позволяют получать отливки с низкой трудоемкостью изготовления.

Разработанная технология изготовления отливки позволяет получать качественные отливки за счет хорошего питания и с низким уровнем брака, характерного для производства литья по выплавляемым моделям.

Спроектирован сталелитейный цех с годовым выпуском 200 тонн. В целях повышения производительности цеха, качество выпускаемой продукции, улучшения условия труда и наименьшего загрязнения среды был разработан технологический процесс, основанный на современном оборудовании и прогрессивных технологиях.

Специальная часть посвящена сравнению методов изготовления форм при литье по выплавляемым моделям, приведено сравнение традиционной технологии на ЭТС и современных разработок по изготовлению форм на АБФК.

Раздел безопасности жизнедеятельности посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов, которые могут оказывать влияние на персонал и окружающую среду. Также в разделе приведены необходимые меры для снижения влияния этих факторов и по обезвреживанию и утилизации отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емельянов, В.О. Получение отливок с развитым рельефом для художественных изделий / В.О. Емельянов, А.А. Бречко // Литейное производство. – 2000. – № 1. – С. 25–27.

2. Александров, В.М. «АлЗнаС-процесс» для изготовления стержней / В.М. Александров, Л.Г. Знаменский, А.А. Солодянкин // Литейное производство. – 1993. – № 1. – С. 13–14.

3. Харт, Э. Гидратированный электрон / Э. Харт, М. Анбар. – М.: Атомиздат, 1973. – 280 с.

4. Сайт «Марочник стали и сплавов». - http://www.splavkharkov.com/mat_start.php?name_id=86.

5. Сайт «Электронный фонд». - http://docs.cntd.ru/document/1200079568

6. Чуркин, Б.С. Специальные способы литья: учебно-методическое пособие / Б.С. Чуркин, А.Б. Чуркин, Ю.И. Категоренко; под ред. Б.С. Чуркина. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2012. – 189 с.

7. Литье по выплавляемым моделям / В.Н. Иванов, С.А. Казеннов, Б.С. Курчман и др; под общ. ред. Я.И. Шкленника, В.А. Озерова. — 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.

8. Степанов, Ю.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья / Ю.А. Степанов, Г.Ф. Баландин, В.А. Рыбкин. – М.: Машиностроение, 1983.– 287 с.

9. Кулаков, Б.А. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Специальные способы литья: Учебное пособие / Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин, О.В. Ивочкина. – Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – 105 с.

10. Александров, В. М. Вопросы теории и технологии литейных процессов: сборник научных трудов / В.М. Александров. – Челябинск: ЧГТУ, 1991 – 159 с.

11. Моисеев, В.С. Повышение качества литых лопаток ГТД / В.С. Моисеев, М.С. Варфоломеев, А.С. Муркина, Г.И. Щербакова // Литейщик России. – 2012. – № 5. – С. 36 – 38.

12. Знаменский, Л. Г. Процессы ускоренного формообразования в литье по выплавляемым моделям: монография / Л. Г. Знаменский, А. С. Варламов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 246 с.

13. Илларионов, И. Е. Металлофосфатные связующие и смеси: моногр. / под общ. ред. И.Е. Илларионова. – Чебоксары: Изд-во при Чуваш. ун-те, 1995. – 524 с.

14. Кукин, П. П. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учебное пособие для вузов / П.П Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. – М: Высшая школа,2001. – 319с.

15. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2013. — 682 с.

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документация		
А1			22.03.02.2020.496.04 СБ	Сборочный чертеж	1	
				Детали		
		1		Матрица подвижная	1	
		2		Фиксатор	1	
		3		Матрица неподвижная	1	
		4		Колонна направляющая	1	
		5		Толкатель	1	
		6		Стойка	2	
		7		Втулка направляющая	2	
		8		Плита толкательная	1	
		9		Плита прижимная	2	
		10		Основание	2	
		11		Ниппель	2	
		12		Пластина прижимная	3	
		13		Стержень центральный	2	
		14		Толкатель центральный	1	
		15		Упор	1	
		16		Контртолкатель	1	
		17		Втулка	4	
		18		Штырь	2	

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	22.03.02.2020.496.02 СБ		
Разраб.		Макаров М.И.			Пресс-форма автоматическая	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Пров.		Дубровин В.К.				Д	
Н.контр.		Дубровин В.К.				ЮУрГУ Кафедра ЛП	
Утв.		Кулаков Б.А.					

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Стандартные изделия		
				Болт ГОСТ 7798-70		
		21		М8-8gх25.58	10	
		22		М12-88gх14.58	8	
				Винт ГОСТ 11738-84		
		24		М6-8gх25.58	2	
		26		М6-8gх16.58	2	
				Гайка ГОСТ 5915-70		
		28		М12-7Н.6	8	
				Рым-болт ГОСТ 4751-73		
		30		М10	2	
				Штифт ГОСТ 3128-70		
		32		2.5х5	3	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документация		
А1			22.03.02.2020.496.02 СБ	Сборочный чертеж	1	
				Детали		
		1		Опока	1	
		2		Смесь наполнительная		
		3		Форма оболочковая	4	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.03.02.2020.496.05 СБ		
Разраб.		Макаров М.И.			Форма литейная	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Дубровин В.К.				д	1	1
Н.контр.		Дубровин В.К.				ЮУрГУ Кафедра ЛП		
Утв.		Кулаков Б.А.						

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				Документация		
А1			22.03.02.2020.496.03	Литейный цех		
		1	1	Установка мод.651	1	
		2	2	Установка ПБ 1646	3	
		3	3	Гидролизатор	1	
		4	4	Установка мод.661	2	
		5	5	Автомат 6А67	1	
		6	6	Установка 6А82	1	
		7	7	Установка 672	1	
		8	8	Установка мод. АВА740Л	1	
		9	9	Индукционная печь	1	
		10	10	Стенд подготовки	1	
		11	11	Галтовочный барабан	1	
		12	12	Зачистной станок	1	
		13	13	Верстак	1	

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	22.03.02.2020.496.06 СБ		
Разраб.		Макаров М.И.			Литейный цех	Лит.	Лист 1 / Листов 1
Пров.		Дубровин В.К.				д	
Н.контр.		Дубровин В.К.				ЮУрГУ Кафедра ЛП	
Утв.		Кулаков Б.А.					