

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет
машиностроения и транспорта
(наименование)

Кафедра
Сварочное, литейное производство
и материаловедение
(наименование)

Направление подготовки

22.03.01 «Материаловедение и
технология материалов»
(код и наименование)

Профиль

«Материаловедение и технология новых
материалов»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

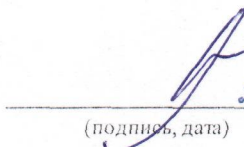
«Влияние литейной формы на структуру и свойство отливки»

Студент

 22.06.2020
(подпись, дата)

Каландаров Искох
Файзуллоджонович
(ф.и.о. полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

 22.06.2020
(подпись, дата)

Розен А.Е.
(фамилия, инициалы)

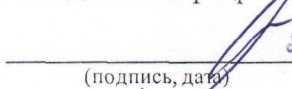
Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

 22.06.2020
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 15.06.2020 № 12)

Заведующий кафедрой

 22.06.2020
(подпись, дата)

Розен А.Е.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой Хорошо (протокол заседания ГЭК от 25.06.2020 № 8)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

 25.06.2020
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2020

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
КАФЕДРА «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПиМ
д.т.н., профессор А.Е. Розен
подпись

« 10 » февраль 2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 16МТ1 Факультета машиностроения и транспорта Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технология материалов»

Каландарову Искоку Файзуллоджоновичу.

Научный руководитель работы: д.т.н., профессор Розен А.Е.

Время выполнения ВКР: с 10.02.2020 г. по 8.07.2020 г.

Место преддипломной практики: кафедра «Контроль и испытания материалов» ПГУ.

Тема работы: «Влияние литейной формы на структуру и свойства отливки».

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1477/О от 30.12.2019.

Техническое задание на работу (назначение устройства, условия применения, внешние воздействия, специальные требования и т.п.): *выполнить литературное и патентное исследование влияния различных материалов разовой литейной формы на качество отливки, выявить влияние формовочных смесей, из которых изготавливается литейная форма, на структуру и свойства сплава.*

Объём и содержание основной части работы

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- введение с обоснованием актуальности темы исследования, установления объекта и предмета, постановкой цели и задач исследования;
- анализ факторов влияния материала литейной формы на качество отливок;
- исследовательский раздел – обоснование применяемых технологических процессов, оборудования, оснастки и материалов для проведения экспериментальных исследований;
- экспериментальный раздел – описание результатов исследования и определение влияния формовочных смесей на структуру и механические свойства алюминиевого сплава;
- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

Презентация бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов)

- тема ВКР	1л А4;
- цели и задачи выпускной работы	1л А4;
- актуальность работы	1л А4;
- параметры алюминиевого сплава	3л А4;
- оборудование для исследования	4л А4;
- параметры формовочных смесей	2л А4;
- модельный комплект	1л А4;
- отливки	1л А4;
- образцы и шлифы	1л А4;
- структура сплава	1л А4;
- влияние формовочных смесей на свойства сплава	2л А4;
- результаты исследования	2л А4.

Рекомендуемая литература:

1. Технология литейного производства. Литье в песчаные формы [Текст]: учебник / Трухов А.П., Сорокин Ю.А., Ершов М.Ю., Благоданов Б.П.; под ред. А.П. Трухова. - М.: Академия, 2005. - 528 с.

2. Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси [Текст]: учеб. пособие / С. С. Жуковский [и др.]. - Брянск: Изд-во БГТУ, 2003. - 470 с.

3. Литейные формовочные материалы [Текст]: справочник / Болдин А. Н. [и др.]. - М.: Машиностроение, 2006. - 507 с.

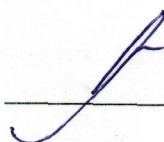
Руководитель ВКР:

д.т.н, профессор

Задание к исполнению принял студент

гр. 16МТ1

10 декабря 2019 г.

 А.Е. Розен

 К. И. Каландаров

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ
К государственной итоговой
аттестации допустить

 С.Ю. Киреев

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»
Руководитель ВКР
д.т.н., профессор А.Е. Розен
подпись
« 10 » апреля 2020 г.

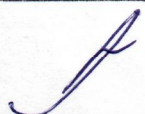
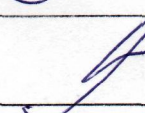
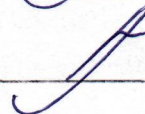
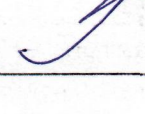
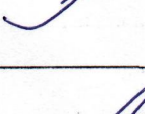
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

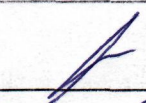
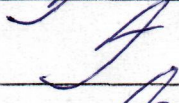
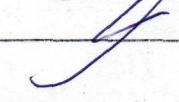
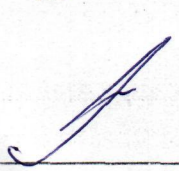
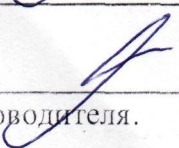
на выпускную квалификационную работу

Студента гр. 16МТ1 Факультета машиностроения и транспорта Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технология материалов»

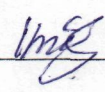
Каландарова Искоха Файзуллоджоновича.

Тема работы: Влияние литейной формы на структуру и свойства отливки.

Наименование этапа работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1 Получение задания, его уяснение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	10.02.20	13.02.20	
2 Подбор и изучение рекомендованной литературы.	14.02.20	29.02.20	
3 Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	01.03.20	05.03.20	
4 Литературный и патентный поиск по теме исследования. Теоретический анализ проблемы получения сегнетожестких пьезочувствительных материалов и их применения в производстве. Написание первого раздела работы.	06.03.20	15.03.20	
5 Обоснование применяемых методов исследования, оборудование и методика планируемых экспериментов. Разработка программы эксперимента и его осуществление. Написание второго раздела работы.	16.03.20	31.03.20	
6 Экспериментальный раздел – описание результатов исследования и выявленных зависимостей. Написание третьего раздела.	01.04.20	21.04.20	
7 Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	22.04.20	26.05.20	

8 Представление завершенной ВКР нормо-контролеру	27.05.20	04.06.20	
9 Представление ВКР руководителю на просмотр и проверку на плагиат.	04.06.20	14.06.20	
10 Предварительная защита ВКР	08.06.20	12.06.20	
11 Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью, протоколом проверки на плагиат и отзывом руководителя)	15.06.20	21.06.20	
12 Защита выпускной квалификационной работы	22.06.20	08.07.20	

Прохождение каждого этапа подготовки ВКР подтверждается подписью руководителя.

Студент учебной группы 16МТ1  И.Ф. Каландаров
 "10" февраля 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
образования

«Пензенский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

ОТЗЫВ

**РУКОВОДИТЕЛЯ О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЕ БАКАЛАВРА**

Студента группы 16МТ1 Каландарова Искоха Файзуллоджоновича.

Тема ВКР: «Влияние литейной формы на структуру и свойства
отливки».

Направление подготовки – 22.03.01 «Материаловедение и технологии
материалов».

Профиль – «Материаловедение и технологии новых материалов».

Выпускная квалификационная работа содержит 62 с., 17 рис., 1 табл., 31
используемых источников, презентацию из 21 с.

Предметом исследования является влияние литейной формы на
структуру и механические свойства литой заготовки.

Целью ВКР является – исследование влияния материала литейной
формы на качество отливки.

Для достижения цели были решаны следующие задачи:

- определение влияния формовочной смеси литейной формы на
структуру и механические свойства сплава;
- определение влияния типа формовочной смеси на
жидкотекучесть расплава;
- определение влияния материала формы на качество поверхности
отливки;
- определение влияния материала литейной формы на точность
отливки.

Литейная форма оказывает большое влияние на качество получаемой в ней отливки (частота поверхности, размерная точность, механические свойства). Наиболее популярной является разовая песчаная литейная форма из различных формовочных смесей, так как имеет ряд серьезных преимуществ. Однако мало данных, как влияет на качество отливки формовочная смесь, из которой изготавливается литейная форма. Наиболее широко применяются песчано-глинистые, песчано-смоляные, жидкостекольные и другие. В выпускной квалификационной работе, в соответствии с заданием и исходными требованиями выполнен литературный обзор, проведены исследования по определению влияния формовочных, стержневых и жидкостекольных на качество алюминиевых отливок. Выполнены практические работы по приготовлению формовочных смесей, изготовлению литейных форм, выплавки алюминиевого сплава, получения отливок – образцов. Проведенный анализ полученных результатов показал, что формовочная смесь для литейной формы, влияет на литейные и механические свойства сплава и качество отливок. При этом некоторые смеси одни свойства улучшают, а другие снижают. Поэтому при разработке технологического процесса получения отливки необходимо учитывать материал, из которого изготавливается литейной формы.

Каландаров И.Ф. во время выполнения ВКР добросовестно и своевременно выполнял поставленные задачи, активно занимался практической работой. Однако отмечается слабая подготовка при выполнении самостоятельной работы. Отличается спокойным и уравновешенным характером, уважительным отношением к студентам и преподавателям.

ВКР Каландарова И.Ф. выполнена в срок, с учётом требований ГОСТ и ЕСКД. Считаю возможным допустить выпускную квалификационную работу к защите в ГАК.

Руководитель ВКР

Д.т.н., профессор



А.Е Розен

Ректору Пензенского
государственного университета
А.Д. Гулякову
студента 4 курса Факультета
машиностроения и транспорта
Каландарова Искока
Файзуллоджоновича

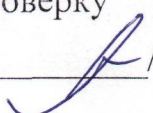
ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Каландаров Искок Файзуллоджонович, студент 4 курса ФМТ направления подготовки 22.03.01 – «Материаловедение и технологии материалов» профиля подготовки «Материаловедение и технологии новых материалов», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» выпускной квалификационной работы на тему: «Влияние литейной формы на структуру и свойства отливки» выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.

ВКР представлена на проверку _____ 22.06.2020 г.

Руководитель ВКР  Розет А.Э. /



СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Каландаров И.
Подразделение	СЛПИМ
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Влияние литейной формы на структуру и свойства отливки
Название файла	Вкр Каландаров .doc
Процент заимствования	16.79 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	5.31 %
Процент оригинальности	77.89 %
Дата проверки	21:52:35 22 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Модуль поиска "Интернет Плюс"; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска "ПГУ"; Модуль поиска общепотребительных выражений; Кольцо вузов
Работу проверил	Дурина Т. А. ФИО проверяющего

Дата подписи 23.06.2020

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 56 с., 17 рис., 1 таб., 31 использованных источников, 1 прил.

ПЕСЧАНАЯ ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА, КОКИЛЬ, ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ, УПЛОТНЕНИЕ СМЕСИ, ОТЛИВКА, СТРУКТУРА, ЖИДКОТЕКУЧЕСТЬ, СМЕСИТЕЛЬ, ТОЧНОСТЬ, КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ, ШЕРОХОВАТОСТЬ, СПЛАВ

Объектом исследования является отливка и способы ее получения.

Предметом исследования является влияние литейной формы на структуру и механические свойства литой заготовки.

Целью работы является определение оптимального варианта выбора типа литейной формы для получения качественной отливки.

Методы исследования – системный анализ, экспериментальный метод.

Область применения – литейное производство.

Эффективность полученных результатов выражается в повышении качества отливок.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Каландаров				<i>Влияние литейной формы на структуру отливки</i>		
Пров.	Розен А.Е.						
Т. Контр.	Розен А.Е.						
Н. Контр.	Хорин А.В.						
Утв.	Розен А.Е.						
						<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
							<i>Листов</i>
							3 56
						<i>Каф. СЛПМ, Гр. 16МТ1</i>	

Содержание

Введение	5
1 Литейные формы для изготовления отливок.....	7
1.1 Разовые песчаные литейные формы.....	7
1.1.1 Формовочные и стержневые смеси	7
1.1.2 Литейные формы из песчаных глинистых смесей.....	8
1.1.3 Литейные формы из песчаных жидкостекольных смесей.....	10
1.1.4 Литейные формы из песчаных смоляных смесей.....	12
1.1.5 Литейные формы из песчаных цементных смесей.....	16
1.1.6 Литейные формы из гипсовых смесей	18
1.2 Металлические литейные формы	19
1.3 Взаимодействие сплава и формы	23
1.4 Качество поверхности отливок	27
1.5 Цель и задачи исследования	29
2 Методика экспериментальных исследований	31
2.1 Оборудование для проведения экспериментальных исследований.....	31
2.2 Приборы и оснастка для экспериментальных исследований	36
2.3 Материалы для проведения исследований	38
3 Экспериментальные исследования	40
3.1 Влияние материала формовочной смеси на заполняемость литейной формы	40
3.2 Влияние типа литейной формы на структуру и свойства сплава ...	43
3.3 Влияние литейной формы на точность размеров отливки	46
3.4 Влияние литейной формы на качество поверхности отливки	48
Заключение	51
Список используемой литературы	53
Приложение А	56

Введение

Литейное производство является наиболее целесообразным методом получения литых заготовок при производстве сложных деталей. Отливки получают массой от нескольких граммов до сотни тонн из различных сплавов: чугуна, стали, на основе алюминия, меди, цинка, олова, также из тугоплавких металлов и сплавов. На многих видах сложного оборудования большинство деталей изготавливают литьем. Доля литых деталей в кузнечном и прессовом оборудовании может достигать до 80 %, в механообрабатывающих станках – до 75 %, в производственных установках – 60 %, в автомобилях и тракторах – 50 %. На долю отливок приходится от 20 до 25 % себестоимости трудоемкости изготовления машин. В настоящее время применяются более 50 различных способов литья [1]. Наиболее широкое применение нашли такие способы производства отливок, как в разовую песчаную форму, кокильное литье, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, центробежное литье, электрошлаковое литье, литье под регулируемым давлением и т. д. Однако основную массу отливок из чугуна и стали получают в разовых песчаных формах [2]. В будущем разовые песчаные формы сохранят свое доминирующее положение. Так как это наиболее универсальный и дешевый способ получения отливок.

Успех развития литейного производства зависит от следующих факторов: материалы, технология, окружающая среда и люди.

Общий объем производства отливок будет расти вследствие роста экономики всех стран, однако произойдут изменения соотношений в использовании литейных сплавов. Спрос на серый чугун и углеродистые стали будет снижаться, а на отливки из специальных чугунов и сталей, цветных сплавов увеличится. Будут востребованы как мелкие производства, так крупные предприятия. Небольшие литейные производства будут заняты в производстве специализированной продукции, крупные по размеру литейные производства будут обеспечивать постоянно увеличивающую потребность промышленного производства. Эта тенденция

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

усилится в результате увеличения расходов, связанных с охраной окружающей среды, потреблением исходных материалов и ценовым давлением со стороны больших заказчиков отливок. Наблюдается тенденция в развитии литейных предприятий в направлении выпуска большего количества специфических литых деталей [3]. При этом делается упор на снижение затрат, повышение качества отливок и максимальное удовлетворение требований по предоставлению дополнительно услуг, включая проектирование отливок и предварительную механическую обработку.

Преимущества будут иметь те производители отливок, которые способны обеспечить наиболее точную форму (с учетом механической обработки) литых деталей, имеющие высокие механические и эксплуатационные свойства. На производство отливок будет влиять появление новых материалов-заменителей, отвечающих требованиям производства и обладающих способностями принимать сложную форму для изделия (пластмассы, армированные пластмассы, композиционные материалы и др.) [4].

Литейные процессы в будущем станут более экологически чистыми, максимально будут использоваться отходы производства. Что благоприятно скажется на окружающей среде. Сложные производственные литейные процессы потребуют значительно более квалифицированных технических кадров для работы на современном оборудовании.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 Литейные формы для изготовления отливок

1.1 Разовые песчаные литейные формы

Одним из самых распространенных методов получения литых заготовок является изготовление в разовых песчаных формах, так как имеет ряд важных технико-экономических преимуществ.

1.1.1 Формовочные и стержневые смеси

Разовые литейные формы изготавливаются из формовочных и стержневых смесей. Песчаные формовочные и стержневые смеси состоят из формовочного кварцевого песка, связующего материала и добавок [1]. Качество отливок во многом определяется правильностью выбора типа смеси (состава и технологических свойств), который зависит от рода заливаемого сплава, сложности и ответственности отливок, наличия необходимых исходных материалов, характера производства, технологии изготовления литейных форм и стержней.

По роду заливаемого сплава различают смеси для стального, чугунного и цветного литья. Смеси для стального литья должны выдерживать температуру заливки сплава до 1600 °С, для чугуна – до 1480 °С и цветных сплавов – до 1250 °С. По назначению смеси различают формовочные и стержневые. При этом формовочные смеси разделяют на единые, облицовочные и наполнительные. К стержневым смесям предъявляются более высокие требования по газопроницаемости, прочности, огнеупорности, так как литейные стержни работают в более тяжелых условиях.

Единые смеси применяют главным образом при изготовлении мелких и средних форм в условиях механизированного и автоматизированного производства. В эти смеси вводится значительное количество свежих материалов для поддержания необходимой прочности и газопроницаемости [2]. Облицовочные смеси применяются при производстве крупных стальных и чугунных отливок в условиях серийного и единичного производства. Они наносятся на поверхность модели

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

определенным слоем, в зависимости от толщины стенки отливки. Для улучшения технологических свойств облицовочных смесей в них могут вводить большое количество свежих материалов. Наполнительная смесь служит для заполнения остального объема формы. Она приготавливается из отработанной смеси с небольшой добавкой свежих материалов, так как не требуется высокая прочность. Смеси для изготовления разовых литейных форм и стержней классифицируются по типу: песчаные глинистые, жидкостекольные, песчаные смоляные, песчаные сульфитные, песчаные цементные, песчаные масляные [3].

1.1.2 Литейные формы из песчаных глинистых смесей

Одним из самых распространенных методов изготовления разовых песчаных форм является способ из песчаных глинистых смесей. Выпуск литья в этих формах во всем мире очень высок, так как эти формовочные смеси состоят из дешевых и широко распространенных материалов, просты в изготовлении, легко восстанавливаются при многократном применении, имеют низкую стоимость и минимальные отходы. Смеси применяются в основном при производстве стальных и чугунных отливок. Для обеспечения высокого качества отливок в смесь вводят специальные добавки, например – древесные опилки, поверхностно-активные вещества, пылевидный графит и другие [4].

Формовочные песчаные глинистые смеси представляют собой сложные структуры, которые должны обладать целым набором свойств (прочностью, газопроницаемостью, огнеупорностью, текучестью, долговечностью и т.д.), обеспечивающих высокое качество отливок. Особенностью этих смесей является минимальное содержание связующих и добавок. Они имеют следующие преимущества:

- имеют хорошие физико-химические и механические свойства;
- обеспечивают достаточное качество отливок;
- легко выбиваются из опок и отливок;

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

– простая технология в изготовлении и восстановлении.

Несмотря на наметившуюся тенденцию к распространению смесей на основе химически-твердеющих смол, объемы выпуска отливок с использованием песчано-глинистых смесей продолжают доминировать, особенно при производстве отливок их черных сплавов.

Качество смеси зависит от параметров исходных материалов, технологии приготовления и вида смесеприготовительного оборудования.

При приготовлении формовочных смесей необходимо обеспечить равномерное смешивание всех компонентов смеси, чтобы обеспечить максимальное проявление связующих свойств. Смешение проводится до получения однородной массы. Равномерное распределение глинистой составляющей по поверхности зерен смеси достигается за счет воздействия на компоненты смеси (разрыхления, давления, перемещения, трения) в смесителе в течение определенного времени. Отработанная смесь вводится как основная часть. Свежий кварцевый песок и связующее вводится в отработанную смесь в виде сыпучего материала и перемешиваются до однородной массы. В это время связующее не обладает склеивающими свойствами. После подачи воды они начинают проявляться, когда сухой порошок разбухает и образует структуру со связующими способностями. При этом поверхность частиц песка покрывается склеивающей пленкой, связывающая между собой зерна песка, превращая их в единую систему [5].

Песчано-глинистые смеси приготавливают в смесителях (катковых, лопастных, роторных) [6]. Время перемешивания зависит от количества свежих компонентов, вводимых в смесь (кварцевый песок, связующее). Наполнительные смеси, в которых небольшое количество свежих материалов, требуют меньшей продолжительности перемешивания, так как в них связующее уже достаточно распределено по поверхности зерен песка. При приготовлении песчано-глинистых смесей используют следующую последовательность ввода компонентов в смеситель: отработанная смесь, кварцевый песок связующее (перемешивание) – вода (перемешивание) – добавки (перемешиванием). При такой последовательности форми-

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

рование глинисто-водной оболочки на зернах песка происходит более интенсивно за счет процесса налипания глинистых частичек на увлажняемую поверхность зерен песка. Продолжительность приготовления формовочных песчано-глинистых смесей зависит от типа смеси, исходных материалов, конструкции смесителя.

1.1.3 Литейные формы из песчаных жидкостекольных смесей

Для изготовления крупных отливок при единичном и мелкосерийном производстве часто используют жидкостекольные смеси. Причинами их широкой популярности является высокая прочность форм и стержней, большой срок хранения, простой технологический процесс, надежная работа оборудования, не требуется высокой квалификации обслуживания, низкая себестоимость [7].

Применяют два вида песчаных жидкостекольных смесей – пластичные и жидкие. Пластичные смеси применяют в качестве облицовочного слоя литейной формы. Упрочнение готовых литейных форм и стержней осуществляют с помощью тепловой сушки и химическим путем. При химической обработке применяют продувку углекислым газом, вводя в смесь в процессе приготовления специальные добавки. Время отверждения пластичных самотвердеющих смесей составляет около от 40 до 60 минут.

Литейные формы из пластичных самотвердеющих смесей делают в два этапа. На первом этапе приготавливают базовую смесь, состоящую из формовочного песка, глины, молотого угля, жидкого стекла и воды, в лопастном смесителе. Получается смесь с низкой прочностью на сжатие. В нее добавляют отвердитель (феррохромовый шлак). После чего готовую смесь направляют в опоку или стержневой ящик. Жидкие самотвердеющие смеси имеют высокую текучесть, поэтому хорошо заполняют в опоку или стержневой ящик. Для получения более плотной упаковки используют вибрацию. Жидкое стекло и отвердитель взаимодействуют по всему объему формы, в результате химической реакции смесь затвердевает. Применение этих смесей позволяет совместить процесс пригото-

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

ния смеси и формообразования, использовать простое оборудование, повысить производительность труда, снизить энергетические затраты.

Песчаные жидкостекольные смеси в зависимости от их вида приготавливают в катковых и лопаточных смесителях. Пластичные смеси для получения форм и стержней по CO_2 – процессу производят в смесителях с вертикальными катками. Процесс приготовления происходит в следующей последовательности: песок и глина (перемешивание) – щелочь (перемешивание) – жидкое стекло – добавки (перемешивание). Время перемешивания компонентов составляет от 6 до 8 минут. При этом продолжительность перемешивания смеси после ввода жидкого стекла не должна превышать 3 минуты. Более длительное перемешивание приводит к образованию в жидком стекле гидросиликатов натрия и их механическому разрушению, что в конечном итоге снижает прочность смеси после ее обработки углекислым газом [3].

Литейные формы и стержни из жидких самотвердеющих смесей изготавливают на специальных установках (периодического и непрерывного действия). Конструкция этих установок обеспечивает процесс приготовления смеси и раздачи смесей в опоки или стержневые ящики. Исходные компоненты смеси (песок, феррохромовый шлак и молотый уголь) размещаются в отдельных бункерах над установкой. Жидкие компоненты (жидкое стекло и раствор едкого натра) заранее смешивают в отдельном баке и подают к установке в виде жидкой композиции. Сухие компоненты с помощью дозаторов подают в лопастной смеситель установки, где перемешиваются в течение от 90 до 120 секунд, а затем добавляют жидкую композицию. Через три минуты после введения жидкой композиции смесь достигает оптимальных свойств и через питатель подается в технологическую емкость или стержневой ящик. Общая продолжительность приготовления таких смесей составляет от 4 до 6 минут. Состав одного из видов жидкостекольной смеси [3]:

- кварцевый песок – от 88 до 91 %;
- феррохромовый шлак – от 3,0 до 5,0 %;

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- жидкое стекло (плотностью 1,5 г/см³) – от 6,0 до 7,0 %;
- вода – от 1,5 до 2,0 %;
- пенообразователь – 0,5 %;
- поверхностно-активное вещество ДС-РАС – 0,1 %.

Свойства жидкостекольной смеси:

- прочность на сжатие через 1 час – от 0,25 до 0,55 МПа;
- прочность на сжатие через 3 часа – от 0,5 до 0,85 МПа;
- прочность на сжатие через 24 часа – от 0,8 до 1,3 МПа;
- газопроницаемость через 1 час – от 200 до 250 ед;
- газопроницаемость через 24 часа – от 400 до 500 ед;
- устойчивость пены – от 3 до 20 минут.

В настоящее время данные смеси применяются все реже, так как литейные формы из них трудно выбиваются, особенно стержни, очень трудоемкий процесс восстановления, имеют плохую податливость, провоцируя возникновение внутренних напряжений.

1.1.4 Литейные формы из песчаных смоляных смесей

В литейной практике для изготовления оболочковых литейных форм и стержней часто используются песчаные смоляные смеси (ПСС). В данных смесях связующим материалом являются синтетические смолы [1,3]. Они имеют ряд преимуществ перед песчаными жидкостекольными смесями:

- быстрое удаление стержней из полости отливки;
- высокая производительность процесса;
- менее затратное восстановление отработанных смесей.

К недостаткам ПСС можно отнести дорогие исходные материалы и их экологическая опасность – при заливке форм выделяются вредные вещества, такие, как формальдегид.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Применяют лакированные и не лакированные песчано-смоляные смеси. В лакированных смесях смола покрывает тонкой пленкой зерна формовочного песка, что позволяет получить смеси с высокими механическими и технологическими свойствами. Песчано-смоляные смеси, в которых используются катализаторы, называются холодно твердеющие смеси. Изготовленные из них формы и стержни упрочняют непосредственно в технологической оснастке и не требуют тепловой обработки. В настоящее время наибольшее распространение получили холодно-твердеющие смеси (ХТС), в которых, в качестве катализаторов, применяют синтетические смолы.

Песчано-смоляные смеси готовят в лопастных и шнековых смесителях барабанного типа. Приготовление пластичных смесей для стержней, упрочняемых тепловым способом, в отдельных случаях производят в обычных смесителях каткового типа. Порядок ввода компонентов в смеситель следующие: песок – смола (перемешивание) – добавки (перемешивание). При одновременном использовании фенолоспирта и карбамида сначала готовят раствор карбамида в фенолоспирте, а затем вводят его в смесь. Общая продолжительность перемешивания смеси от 3 до 4 минут.

Пластичные самотвердеющие смеси готовят на установках периодического и непрерывного действия, размещенных на участке изготовления стержней. Порядок введения компонентов смеси в смеситель следующий: песок – добавки (перемешивание) – смола (перемешивание) – катализатор (перемешивание). После введения катализатора продолжительность перемешивания составляет от 1 до 2 минут. Указанный порядок компонентов применяют при использовании смол карбамидных классов. При использовании смол фенольных классов сначала вводят катализатор, а затем смолу, так как при этом значительно повышаются прочностные характеристики смеси. Продолжительность перемешивания при таком введении катализатора – 1 минута, после введения смолы – от 1 до 2 минут.

Широкое применение синтетических смол в качестве связующих материалов для формовочных и стержневых смесей объясняется возможностью получе-

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

ния высокой прочности при минимальном (до 2 %) расходе связующего, возможностью в широких пределах регулировать прочность и скорость твердения смеси. Смесь имеет высокую текучесть и легко уплотняются пескодувным, вибрационным и прессовым методом. Литейные формы и стержни из этих смесей имеют хорошую податливость, выбиваемость и малую гигроскопичность. При этом сокращается цикл производства и обеспечивается высокое качество поверхности отливок. Для исключения прилипания смеси во время уплотнения к модельной или стержневой оснастке, используют специальное разделительное покрытие (фторолоновое или кремнийорганическое).

Смеси на основе фенолоформальдегидных и карбидоформальдегидных смол с большим содержанием фурилового спирта обладают более высокой термостойкостью и прочностью при минимальном расходе связующего.

Для приготовления смесей применяют обогащенные кварцевые пески с низким содержанием глинистой составляющей (менее 0,1 %), так как снижает прочностные свойства. С целью снижения расхода смолы ее активируют, вводя в нее от 0,1 до 0,2 % силана, этилсиликата, обрабатывая электрическими полями. Для уменьшения расхода смолы целесообразно с начала перемешивать песок с отвердителем, затем высушивать до влажности от 0,2 до 0,4 % и после этого вводить смолу. На практике применяются фурановые смолы (мочевиноформальдегидные, карбаминоформальдегидные смолы, модифицированные фуриловым спиртом), фенолоформальдегидные, алкидные, полиэфирные и другие. Для обеспечения повышенной живучести, разработаны составы ХТС с использованием водоэмульсионной смолы марки СФЖ-301 и глины, которые обеспечивают живучесть в пределах от 0,5 до 2 часов. В качестве отвердителей используют фосфорную кислоту или органические сульфокислоты.

Важным параметром данных смесей является их живучесть (время для приготовления литейной формы или стержня). Продолжительность отверждения зависит от реакционной способности смолы, параметров и количества отвердите-

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

ля и температуры смеси. Обычно она колеблется от нескольких секунд до нескольких часов. Для отверждения смесей применяют несколько способов [1].

Добавка в смесь растворов паратолуолсульфоновой, ортофосфорной, бензосульфокислоты и других кислот. Продолжительность твердения смеси составляет от 20 до 60 минут и зависит от массы формы и стержня и материала оснастки. Отверждение сопровождается значительным выделением тепла. В крупных объемах смеси лучше сохраняется тепло, что увеличивает скорость твердения. В деревянной оснастке процесс твердения проходит быстрее, чем в металлической оснастке. Для ускорения отверждения ХТС металлическую оснастку целесообразно нагревать до 40 °С. Содержание отвердителя составляет от 40 до 70% от массы смолы.

Отверждение аминами. Этот метод применяется с использованием фенолформальдегидных смол при изготовлении литейных стержней. Они после уплотнения продуваются в течение от 5 до 15 секунд третичными аминами, (например триэтиламином или триметиламином, либо смесью аминов). Расход амина составляет 0,07 % от массы стержня.

Продувка уплотненной смеси сухим воздухом. В результате из смолы удаляется растворитель и низкомолекулярные продукты поликонденсации. Влажность воздуха должна быть не более 15 %. Время продувки составляет от 1,5 до 4,5 минут. Этот способ применяется при изготовлении литейных форм и стержней массой от 6 до 50 кг.

Продувка уплотненной смеси газом SO_2 . В смесь предварительно вводится перекисное соединение, которое окисляет SO_2 до SO_3 . В качестве перекисных соединений применяют пероксид водорода, простой эфир, альдегид и другие.

Вакуумирование полости формы или стержня в процессе твердения смеси. При этом происходит удаление газовых выделений, образующихся при поликонденсации смолы.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

При изготовлении литейных форм и стержней для стальных и чугунных отливок наиболее часто используют фенольные, фенолофурановые и карбамидофурановые, карбамидоформальдегидные смолы.

Приготовление ХТС со смолами осуществляют в смесителях периодического и непрерывного действия. При приготовлении смеси в смесителях периодического действия сначала перемешивают кварцевый песок с отвердителем (до 2 минут), потом добавляют смолу и перемешивают еще от 1 до 3 минуты. Для приготовления ХТС с фурановыми смолами применяют двух стадийные смесители. На первой стадии в двух смесителях перемешивается кварцевый песок с отвердителем и песок со смолой. На второй стадии в третьем смесителе перемешивают смеси из первых двух смесителей, получая окончательный вариант.

При работе со смолами необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Храниться смолы и отвердители должны в герметичной таре в отдельном помещении при температуре не ниже 10 °С. При работе необходимо использовать индивидуальные средства защиты (очки, респиратор и рукавицы). При отверждении ХТС и при ее контакте с жидким расплавом выделяются токсичные газы, поэтому в зоне выполнения процесса должны применяться эффективные методы очистки воздуха.

Недостатком ХТС со смолами является высокая стоимость смесей, трудность в восстановлении и утилизации. При применении этих смесей выделяются токсичные вещества (фенол, формальдегид), поэтому необходимо обеспечить безопасность обслуживающего персонала.

1.1.5 Литейные формы из песчаных цементных смесей

В литейном производстве при изготовлении крупных литейных форм и стержней в условиях единичного производства применяют песчаные цементные смеси [1]. Данные литейные формы целесообразно применять для стального, чугунного и цветного литья весом до 70 кг, при производстве отливок из твердых, не поддающихся механической обработке сплавов, для литья, используемого в

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

черновом виде или с минимальной механической обработкой (гребные винты и другие).

Основой в данной смеси является кварцевый песок, в качестве связующего материала используют цемент в количестве от 7,0 до 10,0 %. Затвердевание песчано-цементных смесей происходит за счет выделения из водно-цементного раствора кристаллогидратов, которые взаимодействуя друг с другом, образуют прочный кристаллический каркас, связывающий зерна кварцевого песка. Кристаллогидратами являются гидросиликаты или гидроалюминаты кальция. Для улучшения текучести смеси вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ). Песчаные цементные смеси относят к типу самотвердеющих смесей. В состав смеси вводят специальные добавки, для ускорения затвердевания и улучшения выбиваемости такие, как патока, хлористый кальций, железный купорос. Ускоритель необходим для уменьшения времени готовности формы. Обычно время отверждения цементных смесей составляет около 24 часов. С применением ускорителей отверждения время готовности форм к заливке сокращается до 1 часа.

Применяют пластичные и жидкие смеси. Для приготовления смеси применяют смесители периодического или непрерывного действия барабанного типа. Кварцевый песок и цемент в соотношении 20 к 1 смешивают в сухом виде до однородного состояния. Затем вводят воду, ПАВ и ускоритель отверждения и доводят до сметанообразной массы. Время, в течение которого смесь имеет устойчивую пену, составляет от 5 до 30 минут.

Готовую смесь заливают в опоку или стержневой ящик. После застывания смеси (около 1 часа) полуформу снимают с модельного комплекта (или вынимают стержень из стержневого ящика). Полуформу окрашивают противопожарными красками на водной или спиртовой основе.

Из песчаных цементных смесей также изготавливают многоразовые формы, в которых можно сделать нескольких десятков съёмов. Для изготовления таких форм смесь приготавливают из 80 % дробленого плавленого кварца и 20 % обычного цемента. Смесь разбавляют водой до сметанообразной консистенции и заливают в

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

технологическую емкость. Изготовленные формы выдерживают 24 часа в естественных условиях на воздухе до полного отверждения цемента. После извлечения модели форму сушат в электропечи в течение 5 часов при температуре 200 °С.

Технологический процесс изготовления литейных форм имеет ряд преимуществ:

- простота технологического процесса и оборудования;
- используются дешевые и широко распространенные материалы;
- получение отливок с высокой размерной точностью с минимальным припуском на механическую обработку;
- снижение брака литья по засорам, обвалам, газовым раковинам и прочее;
- низкая себестоимость литья.

1.1.6 Литейные формы из гипсовых смесей

В гипсовых литейных формах получают мелкие и средние отливки массой в несколько десятков килограммов и в основном отливки из цветных сплавов с температурой плавления не выше 1200 °С [1]. Гипсовая формовочная смесь содержит огнеупорный кварцевый песок, шамотный порошок, маршалит, армирующую добавку – асбест, связующее вещество – формовочный гипс. Гипсовые смеси обладают хорошей текучестью и низкой теплопроводностью по сравнению с известными формовочными смесями. Это позволяет медленно заполнять форму и создавать направленное затвердевание. Прочность гипсовой формы можно изменить введением различных добавок. В гипсовых формах получают отливки из цветных сплавов с температурой плавления не выше 1200 °С. Свойства формы можно изменить введением различных добавок. Добавка асбеста в гипс резко уменьшает количество трещин при высушивании и прокаливании формы. Асбест волокнистый минерал, способный разделяться на более мелкие волокна. Он при нагреве не горит, но при температуре 800 °С теряет кристаллизационную воду и рассыпается в порошок. Смесь воды и гипса вначале представляет собой пластич-

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

ную массу, затем теряет подвижность и затвердевает. Гипс затвердевает в течение нескольких минут, а цементное связующее несколько часов.

Гипсовый формовочный материал должен обладать невысокой прочностью с тем, чтобы оказывать небольшое сопротивление усадке затвердевающего металла. Такой формовочный материал легко выбивается и вымывается горячей водой.

Литейные гипсовые формы изготавливаются следующим образом. Исходные сыпучие компоненты перемешиваются в лопастных смесителях с частотой вращения от 350 до 450 об/мин до равномерного состояния. После чего добавляется вода в количестве от 40 до 60 % и смесь доводится до сметанообразного состояния. При смешивании не должна образовываться пена. Излишнее количество воды ухудшает механические свойства гипса, так как несвязанная вода после испарения оставляет поры в форме. Живучесть смеси небольшая (от 5 до 15 минут), поэтому сразу смесь заливают в технологическую емкость. Гипсовые формы выполняют в опоках и без опок. Чаще всего они состоят из двух половин – верхней и нижней. Перед заливкой модельный комплект покрывают слоем разделительной краски на основе стеарина и керосина.

Гипсовые литейные формы имеют высокую точность, так как они не коробятся при заливке. При этом имеют гладкий и чистый отпечаток, обеспечивающий высокую чистоту поверхности отливки. Легко разрушаются при выбивке отливки. Выход годного металла больше, чем при использовании песчано-глинистой смеси.

1.2 Металлические литейные формы

Способ получения отливок в металлическую форму (кокиль) имеет ряд преимуществ по сравнению с разовой песчаной формой: многократное использование литейной формы, высокая размерная точность, высокая частота поверхности, механические и эксплуатационные свойства, высокая производительность производства, сокращенное число технологических операций, низкий припуск на механическую обработку, низкий процент брака [8]. В общем объеме производства на

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

долю кокильного литья при получении отливок из цветных сплавов приходится около 40 %. Однако данный способ имеет недостатки – высокая трудоемкость в изготовлении и стоимость формы, повышенная склонность к появлению внутренних напряжений из-за затрудненной усадки и узкого интервала оптимальных режимов литья, обеспечивающих получение качественной отливки.

Литье в металлическую форму используют при изготовлении фасонных отливок из алюминиевых, магниевых, цинковых сплавов и реже из тугоплавких сплавов.

Средняя толщина стенок кокильных отливок из алюминиевых сплавов составляет от 3,0 до 7,0 мм. Характерная номенклатура кокильных отливок из алюминиевых сплавов: блок цилиндров, картер, корпус насоса, колеса автомобилей, детали приборов и другие.

Толщина стенок кокильных отливок из магниевых сплавов составляет от 5,0 до 10,0 мм. Однако существует трудность в получении тонкостенных отливок сложной конфигурации. Из магниевых сплавов изготавливают головки цилиндров, корпуса насосов и гидроцилиндров, опоры подшипников и другие.

При разработке конструкции металлических форм необходимо учитывать тепловые условия формирования структуры отливок, которые могут изменяться в широких пределах и варьироваться толщиной стенки кокиля и покрытия, наносимого на его поверхность.

При толщине стенки кокиля меньше стенки отливки, определяющее значение имеет теплообмен между формой и окружающей средой. С увеличением толщины стенки кокиля, главную роль играет тепловая аккумулирующая способность формы. Время затвердевания отливки уменьшается по мере увеличения соотношения массы кокиля к массе отливки. Например, для отливок из алюминиевых сплавов рекомендуется при толщине стенки менее 5 мм толщина стенки кокиля составляет от 20 до 40 мм, а при от 5,0 до 20 мм – соответственно от 40 до 80 мм.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

Срок эксплуатации кокиля зависит от материала рабочих элементов. Пригодность материала определяют по различным параметрам. Для хрупких материалов по временному сопротивлению, а для пластичных материалов по относительному удлинению. Чем больше эти параметры, тем выше стойкость кокиля. Металлические формы классифицируются по различным признакам. По плоскости разъема бывают: неразъемные (вытряхные), горизонтальным разъемом, вертикальным разъемом, криволинейным разъемом, комбинированным разъемом. В зависимости от подготовки рабочей поверхности: без покрытий, с тонкослойным покрытием, с теплозащитным покрытием, облицовочным покрытием. По виду охлаждения различают: без охлаждения, пневматическое охлаждение (принудительный воздушный поток), гидравлическое охлаждение (вода, масло), комбинированное охлаждение. Кокиля изготавливают из различных материалов: чугун, сталь, алюминий, медные и композиционные материалы.

При разработке конструкции кокиля очень важно правильно выбрать зазоры в подвижных частях и между знаками стержней и соответствующими отверстиями в стенке кокиля, вентиляцию полости, особенно в глухих местах. Для этого в стенках кокиля делают вентиляционные каналы. Иногда для вентиляции используют метод нанесения на рабочую поверхность мелких профильных узоров и сеток.

Тепловой режим работы кокиля зависит от марки сплава, массы и сложности конфигурации отливки. Рабочая температура формы перед заливкой составляет от 100 до 500 °С. Для массивных отливок температура ниже.

Покрyтия на рабочей поверхности кокиля оказывают очень сильное влияние на формирование отливки. С помощью них можно регулировать интенсивность теплообмена между отливкой и стенкой кокиля. Они защищают поверхность формы от химического воздействия расплава. В состав покрытия входят огнеупорные материалы, связующие, активаторы и вода. В качестве огнеупорных материалов используют шамот, графит, асбест, тальк, мел, окись цинка. Все мате-

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

риалы измельчают до размера не более 1,0 мм. В качестве связующего используют жидкое стекло, а активизатора – борную кислоту.

Покрyтия приготавливаются следующим способом. Мелкодисперсный огнеупорный материал засыпают в воду, подогретую до температуры 80 °С, и перемешивают. Далее вводят борную кислоту и доводят до однородной массы, жидкое стекло вводится в последнюю очередь. Покрyтия наносят на рабочие поверхности кокиля с помощью кисти или пульверизатора. Перед нанесением покрyтий стенки кокиля нагревают. При использовании кисти температура стенки не должна превышать 120 °С, а при использовании пульверизатора 200 °С. Толщина покрyтия на рабочей поверхности кокиля составляет от 0,1 до 0,3 мм, на поверхности литниковой системы – от 0,5 до 1,0 мм.

При получении отливки в металлическую форму повышенная скорость затвердевания способствует получению плотных отливок, измельчению эвтектики, уменьшаются размеры и улучшается форма железосодержащих фаз. Однако снижается жидкотекучесть сплава, что ухудшает заполнение полости формы. Чтобы улучшить заполняемость увеличивают температуру расплава, нагревают кокиль, используют покрyтия с высокими теплоизолирующими свойствами.

Основным технологическим оборудованием для кокильного литья являются кокильные станки [9]. В настоящее время выпускается большое многообразие кокильных станков, которые выполняют основные операции – раскрытие кокиля, очистка полости от посторонних элементов, нанесение покрyтий, установка стержней, сборка кокиля, заливка расплавом, раскрытие кокиля и извлечение отливки. При гравитационной заливке применяют машины с поворачивающим кокилем. Угол поворота составляет от 15 до 180 °С. Поворот кокиля способствует ламинарному движению потока, улучшению питания отливки и процессу затвердевания. В данных машинах кокильный станок соединен с раздаточной печью представленный на рисунке 1.1. Раздаточная печь обеспечивает прием определенного количества расплава, поддержание постоянной и необходимой температуры расплава в тигле и подачу расплава в кокиль. При открытой крышки 4 печи, нахо-

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

дящейся в исходном положении, в тигель заливают из литейного ковша жидкий расплав 1. Кокиль закрепляется в станке таким образом, чтобы его воронка совпала с выходным каналом печи. Для заливки расплава в кокиль 2 регулируемый механизм поворачивает раздаточную печь совместно с кокилем на определенный угол и металл из полости тигля поступает в полость кокиля, полностью заполняя его. В процессе затвердевания сплав в тигле используется в виде обогреваемой прибыли. После затвердевания металла печь возвращается в исходное состояние. Расплав в полости печи постоянно подогревается с помощью нагревателя 3.

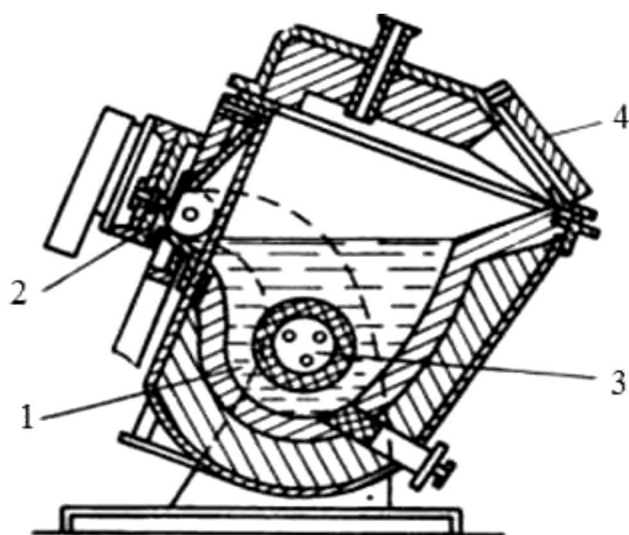


Рисунок 1.1 – Кокильный поворотный станок: 1 – жидкий расплав, 2 – кокиль, 3 – нагреватель, 4 – крышка

Для повышения качества отливок при кокильном литье применяют иногда методы внешнего воздействия на затвердивающий расплав – давления, вибрацию или центробежное вращение формы после заливки. Это позволяет улучшить структуру сплава и механические свойства.

1.3 Взаимодействие сплава и формы

Создание оптимального процесса взаимодействия сплава и формы должно проводиться с учетом характера движения потоков расплава в полости формы.

Большая часть схем основывается на теории движения идеальных жидкостей, которые учитывают такие факторы, как турбулентность и ламинарность потока жидкого сплава, образование вихревых потоков и пограничного слоя на внутренней поверхности полости литейной формы. Данные процессы существенно влияют на неравномерный ее прогрев и последующие процессы затвердевания отливки. Подача сплава из литейного ковша и движение его по каналам литейной формы (особенно с использованием внешних воздействий) может достигать высоких скоростей, которым характерна большая турбулентность, образование сильных вихрей и местного прогрева формы, возникновение перепадов давлений в полости формы и других явлений. Данные процессы влияют на состояние литейной формы, поэтому ее параметры должны обеспечить стойкость к динамическим нагрузкам, термическому и химическому воздействию в момент формирования отливки [9].

При выборе материала литейной формы необходимо учитывать законы распространения потоков в ограниченных пространствах формы с точки зрения их теплового воздействия на обтекаемые поверхности и распределения давлений внутри расплава [10]. Особенно это важно для крупных форм с большим объемом полости. Поэтому при разработке конструкционной схемы литейной формы необходимо учитывать условия возникновения турбулентности, чтобы во время движения расплава не разрушить форму. При получении отливок больших габаритных размеров обычно применяют сифонный подвод металла через каналы, расположенные в нижней части формы [9], представлен на рисунке 1.2.

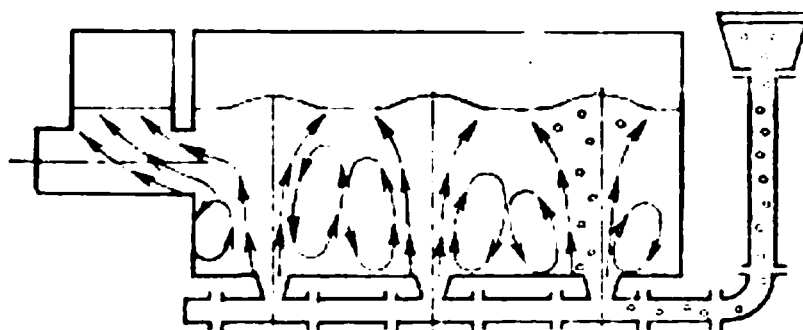


Рисунок 1.2 – Схемы сифонного подвода сплава к полости формы

Такая схема подвода обеспечивает ламинарное движение потока, равномерное заполнение полости формы, своевременному выхода газов, плавному подъему неметаллических включений, снижению размывающегося воздействия на стенки формы. Для не допущения разрушения полости формы и образования различных дефектов, полости формы нужно проектировать с учетом предотвращения масштабных вихрей. Вихревые потоки всегда возникают при резком изменении сечения каналов. При проектировании каналов движения расплава необходимо учитывать факторы, которые бы снижали развитие турбулентности. При этом сильные течения более устойчивы, чем слабые.

При разработке литейной формы необходимо учитывать также следующие положения:

- литниковая систем должна обеспечивать значительное снижение скорости расплава в полость формы;
- минимальное количество выступов и впадин по ходу распространения потока расплава, так как это снижает развитие сильных завихрений в местах срыва пограничного слоя;
- выбора оптимального способа подвода сплава в полость формы.

Поток сплава в литейной форме может образовать кавитационные полости, в которых образуются пузырьки газа или пара. При перемещении сплава происходит захлопывание пузырьков, сопровождающееся повышением местных давлений, которые могут достигать иногда очень больших значений. Ударная волна при этом может разрушить стенки формы. Таким образом, очень важно создание оптимальных условий для заполнения литейной формы. Для этого необходимо учитывать следующие положения:

- выбор схемы движения жидкого сплава, обеспечивающий в полости формы ламинарный режим;
- управление движением жидкого расплава по каналам формы за счет применения рациональных форм и размеров выходных сечений;
- управление процессами движения расплава по обтекаемым поверхностям

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

формы для организации равномерного теплового отвода;

- при организации процесса движения расплава необходимо учитывать параметры литейной формы.

Жидкий расплав в процессе заполнения литейной формы при невыполнении технологических требований может разрушить ее стенки и образовать засоры, которые окажутся в отливке.

После заполнения расплавом полости формы на ее стенки оказывается статическое давление, которое может привести к подъему верхней полуформы и раскрытию стыка по линии разъема, изменение конфигурации формы. Для предотвращения разъединения полуформ, используют специальные скобы или груз, который накладывают на форму. Нарушение геометрии формы может произойти по следующим причинам: неравномерность уплотнения и прочности формовочной смеси по объему формы, неравномерность давления жидкого сплава на стенки формы, не равномерное распределение напряженного состояния стенки формы, образование зоны конденсации влаги в сырой форме после заливки, которая из-за повышенной влажности снижает прочность. Изменение размеров полости и ее конфигурации приводит к браку отливки по несоответствию геометрии.

При контакте горячего расплава и стенки формы образуются газы и пары, которые будут находиться в полости формы и негативно отразиться на качестве отливки. Образование газов происходит по следующим причинам:

- выделение газа из сплава при его затвердевании;
- попадание воздуха из атмосферы при заливке;
- выделение газов из материала литейной формы и стержней.

Наибольший вклад в газообразование вносят состав и свойства формовочных смесей и покрасочный слой формы. При контакте под действием высокой температуры многие связующие и различные добавки выгорают, образуя газы, влага испаряется, превращаясь в пар. Поэтому, чем меньше таких компонентов и влаги в смеси, тем меньше выделение газов и пара. Что снижает риск появления в отливках газовых раковин и пористости.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Поэтому при разработке технологического процесса получения отливки и разработке конструкции литейной формы, необходимо также учитывать гидродинамическое движение расплава по каналам литейной формы и его воздействие на стеки формы во время заливки и затвердевания.

1.4 Качество поверхности отливок

Качеству литой поверхности уделяют все больше внимания, поскольку она определяет не только качество и свойства отливок, но их привлекательность и стоимость. Улучшение чистоты поверхности приводит к повышению точности отливок, снижению трудоемкости очистных работ, уменьшению припуска на механическую обработку [1].

Формирование поверхности отливок – сложный процесс, зависящий от условий заполнения литейной формы, охлаждения и затвердевания жидкого расплава, усадочными явлениями, физико-химическим взаимодействием сплава с поверхностью формы, газовым режимом и термическими напряжениями, возникающими в форме [11]. В результате этого процесса образуется литая поверхность с определенной шероховатостью.

Поверхности литых заготовок можно разделить на два типа: поверхности, которые формируются в процессе заполнения формы и затвердевания сплава, отображающем поверхность формы без пригара; поверхности, формирующиеся в процессе обработки (очистки, обрубки, заварки и зачистки). Качество поверхностей второго типа определяется принятой технологией обработки отливок.

Изменение размеров отливки в отличие от заданного зависит от статического и динамического давления металла и теплового взаимодействия отливки и формы. Поэтому на точность отливок влияют теплофизические характеристики, физико-механических свойства сплава и формы. При этом следует учитывать, что характеристики отливки и формы зависят от температуры, а металл во времени претерпевает фазовые превращения. В результате протекания сложных процессов взаимодействия отливки и формы происходит формирование размеров отливки,

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

которые отличаются от размеров модели. Так по сравнению с формой из песчаной глинистой смеси металлическая форма имеет неизменяемые физико-механические и теплофизические характеристики, т.е. можно считать, что металлическая форма неподатлива. При таком условии на погрешность размеров отливки, получаемой в металлической форме, будут оказывать влияние только температура формы перед заливкой и заливаемого металла. Поэтому металлическая форма обеспечивает наибольшую стабильность размеров отливки. В кокилях некоторую нестабильность может внести облицовка. Песчаная форма по сравнению с металлической формой не обеспечивает получения стабильной точности размера, так как сильное влияние на теплофизические свойства оказывают колебания состава формовочной смеси, ее влажности, степени уплотнения. Так при замене в формовочной смеси кварцевого песка плавленным кварцем точность отливок повышается на два-три класса [1].

Нестабильность песчаных форм зависит также от размеров отливок. С увеличением размера возрастает давление металла (увеличивается высота формы и напор жидкого металла). При этом увеличиваются не только размеры отливки, но и их колебания. На точность размеров отливок влияет марка сплава. Так сравнение точности отливок из алюминиевых сплавов и серого чугуна, изготовленных в разовых сырых песчано-глинистых формах, показало. Что точность отливок из алюминиевых сплавов в 1,3 раза выше, чем отливок из чугуна. Это связано с тем, что давление жидкого алюминиевого сплава в 3 раза меньше, чем чугуна, температура заливки алюминиевого сплава (около 700 °С) в два раза ниже температуры заливки чугуна, шероховатость чугунных отливок и ее колебания, выше, чем алюминиевых отливок.

Качество поверхности отливки в целом оценивают по степени шероховатости поверхности и наличию поверхностных дефектов в виде пригара, наростов, неровностей, раковин и т. п. Шероховатость поверхности отливок оказывает влияние на прочностные свойства, сопротивление истиранию, коррозионной стойкости и товарный вид. С уменьшением шероховатости показатели качества

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

отливок повышаются. Если литые изделия работают в потоке газов или жидкостей, то состояние литой поверхности является решающим фактором, так как качество поверхности влияет на гидродинамические характеристики потока и от них зависят производительность и долговечность машин (турбины, вентиляторы, насосы, задвижки и прочее).

Точность отливки определяется как степень приближения размеров, формы, расположения элементов отливки к соответствующим заданным параметрам детали [12]. На нее влияют различные технологические факторы: модельная, опочная и стержневая оснастка; процесс извлечения моделей из полуформы; деформация форм и стержней в процессе сушки и транспортировки; сборка литейной формы; деформация форм и стержней при заливке и кристаллизации сплава; усадка металла; коробление отливок при затвердевании и термообработке.

При этом почти на 60% точность отливок зависит от качества и точности геометрии литейной формы и стержня. Это можно обеспечить: повышением точности элементов литейной формы; уменьшением количества элементов формы; использованием конструкций форм и оснастки, в которых отклонения отдельных элементов не суммируются в серьезную ошибку.

При получении отливок их качество во многом зависит от свойств литейной формы. Поэтому в данной работе проведены исследования влияния вида литейной формы и технологии ее изготовления на качество литой заготовки.

1.5 Цель и задачи исследования

Анализ литературных источников показал, что существует большое многообразие видов литейных форм. Это дает возможность изготовления отливок из разных сплавов, разных по габаритам, массе, сложности, по химическому составу, по физико-механическим свойствам. Литейная форма оказывает большое влияние на качество получаемой в ней отливки (частота поверхности, размерная точность, механические свойства). Наиболее популярной является разовая песчаная литейная форма из различных формовочных смесей, так как имеет ряд серьезных пре-

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

имущества: обеспечивает высокую производительность процесса, достаточное качество приготавливаемой смеси, возможность изготовления различных типов отливок. Однако мало данных, как влияет на качество отливки формовочная смесь, из которой изготавливается литейная форма.

Целью данной работы является – исследование влияния литейной формы на качество отливки.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определение влияния материала литейной формы на структуру и механические свойства сплава;
- определение влияния типа формовочной смеси на жидкотекучесть расплава;
- определение влияния материала формы на качество поверхности отливки;
- определение влияния материала литейной формы на точность отливки.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

2 Методика экспериментальных исследований

Экспериментальные работы проводились в литейной лаборатории на кафедре «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ПИ ПГУ.

2.1 Оборудование для проведения экспериментальных исследований

Плавку сплавов проводили в электрической плавильной печи сопротивления СШОЛ60/12-Т, предназначенной для плавки цветных сплавов. Представленный на рисунке 2.1.

Плавильная печь состоит из металлического корпуса, нагревательной камеры, огнеупорной футеровки, системы электрического питания, нагревательных элементов, крышки, блока управления и автоматики. Корпус состоит из сварного каркаса, выполненного из металлического уголка, и листовой углеродистой стали. Футеровка печи состоит из двух слоев – огнеупорного и теплоизоляционного, изготовленных из шамотных материалов. По стенкам нагревательной камеры установлены спиралевидные нагреватели из тугоплавкого материала на керамических трубках. В центре камеры имеется прочное огнеупорное основание для установки тигля. Внутренняя полость печи плотно закрывается крышкой с двухслойной футеровкой и специальным прижимным устройством. Процесс установки тигля с металлической шихтой и удаление тигля с жидким расплавом из полости камеры крышка открыта. Металлическая шихта загружается в тигель, который устанавливается внутри печи. Температура в печи контролируется термопарой и автоматически регулируется в зависимости от технологического процесса плавки, значение которой выводится на табло. Установка режимов плавки производится с помощью блока управления [13]. После плавки тигель с жидким расплавом с помощью специальных захватов вынимается из печи.

Процесс плавки осуществляется следующим образом [14]. Металлическая шихта, которую предварительно взвесили на весах ВТ-50 в определенной пропорции (см. ниже), загружается в металлический тигель. Тигель внутри футеруется

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

огнеупорной смесью, которая сушится до нулевой влажности в сушильной печи. После прогрева камеры печи в нее с помощью специального захвата тигель устанавливается на основание. В процессе нагрева шихта расплавляется, освобождая часть объема тигля, поэтому производится его пополнение оставшейся шихтой. С помощью блока управления в камере устанавливается необходимая температура, которая контролируется на световом табло. В процессе плавки периодически производится замер температуры жидкого расплава. Для определения температуры сплава используется термопара типа ТХК и потенциометр. При достижении необходимой температуры сплава, тигель с жидким расплавом вынимается из камеры с помощью захватов. После удаления с поверхности расплава шлака и окислов производится заливка сплава из тигля в литейную форму.

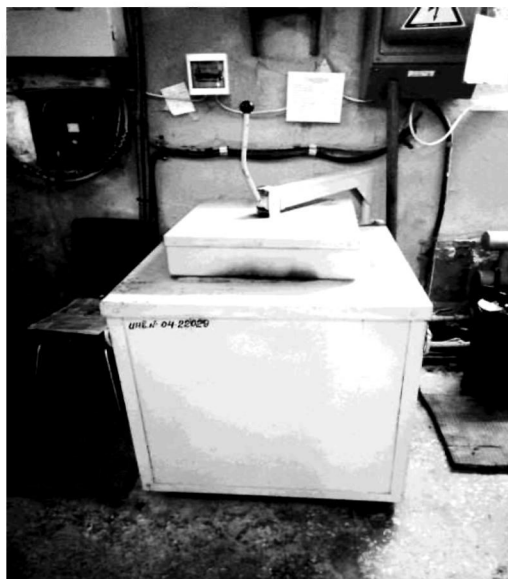


Рисунок 2.1 – Плавильная электрическая печь

Техническая характеристика плавильной печи:

- номинальная температура – 1250 °С;
- номинальная мощность – 2100 Вт;
- масса загрузки (по бронзе) – 50 кг;
- диапазон регулирования температуры – от 280 до 220 °С;
- габаритные размеры, – 0,9×0,89×1,3 м.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Песчано-глинистую формовочную смесь приготавливали на смешивающих бегунах, представлен на рисунок 2.2 [15]. Смешивающие бегуны – это смеситель каткового типа, в котором перемешивание формовочных материалов происходит под действием давления катков и разрыхления плужков. Смеситель состоит из следующих механизмов: станина, неподвижная чаша, центральная тумба, подвесные катки, плужки, днище, электромеханический привод, крышка, шиберная заслонка [16]. Между днищем и катками устанавливается определенный зазор для прохождения компонентов смеси. Исходные формовочные материалы в определенной пропорции и последовательности загружаются в полость чаши при открытой крышке, которая в процессе приготовления смеси закрывается. Процесс приготовления смеси осуществляется в течение определенного времени в зависимости от типа смеси и контролируется по секундомеру. При помощи плужков формовочные материалы перемешивают и направляют под катки, которые оказывают на них определенное давление. Готовая формовочная смесь выгружается из смесителя через разгрузочное окно в днище чаши при открывании шиберной заслонки. Процесс выгрузки смеси в специальную емкость осуществляется при вращении катковой системы.



Рисунок 2.2 – Смешивающие бегуны

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Жидкостекольные смеси приготавливали в лопастном смесителе [17] представлен на рисунке 2.3, изготовленного на базе каткового смесителя. Основанием лопастного смесителя является сварная рама 1, на которой крепятся основные узлы и механизмы. На раме жестко крепится днище 2 с разгрузочным окном, закрывающееся шиберной заслонкой 3. На днище установлена круглая чаша 4, изготовленная из листовой стали. Чаша закрывается съемной крышкой 5, которая фиксируется с помощью специальных замков. Для предотвращения выброса смеси из рабочей зоны смесителя на крышке установлен трубчатый уплотнитель. Лопасты 6 укреплены на центральном валу 7 и вращаются с помощью электромеханического привода 8.

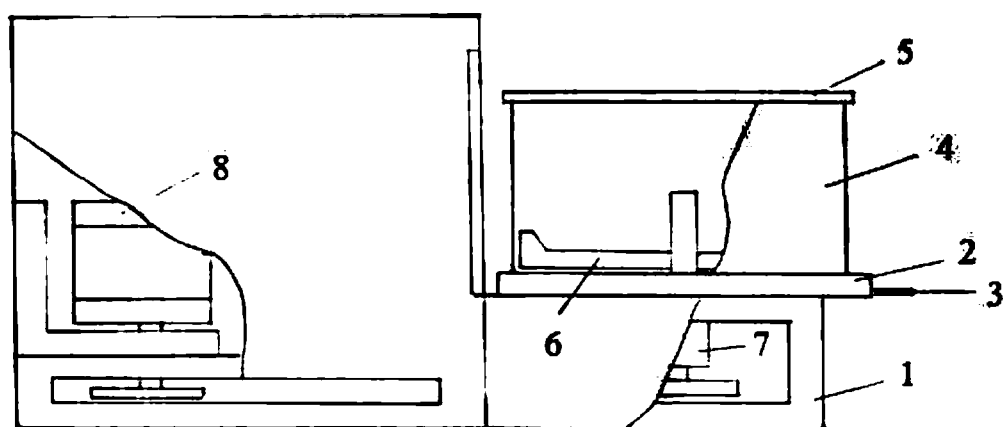


Рисунок 2.3 – Конструкция лопастного смесителя: 1 – основание, 2 – днище, 3 – шиберная заслонка, 4 – чаша, 5 – съемная крышка, 6 – лопасть, 7 – центральный вал, 8 – привод

Перемешивание формовочных материалов в нем происходит с помощью лопастей. Сменные лопасти выполнены из износостойкой стали, так как работают в агрессивной среде и подвержены интенсивному износу. У лопастей регулируется угол наклона относительно днища, с целью изменения интенсивности движения формовочных материалов в процессе перемешивания. Вал 7 приводится в движение ременной передачей с помощью электродвигателя 8, с возможностью регулировки частоты вращения вала. Лопастной смеситель работает по периодическому циклу. Загрузка компонентов смеси осуществляется при снятой крышке.

Выгрузку готовой формовочной смеси из смесителя производят через окно при открывании заслонки 3.

Качество приготовленной формовочной смеси контролировалось по следующим параметрам: сырая прочность на сжатие, текучесть и газопроницаемость [8].

Литейные формы из жидкостекольных смесей изготавливали в ручную, а из песчано-глинистой смеси на встряхивающей формовочной машине модели 91271 представлен на рисунке 2.4 [18].

Формовочная машина модели 91271 работает в двух режимах. При изготовлении сложных форм режим – встряхивания с прессованием, при изготовлении простых форм прессование. Машина состоит из литого корпуса, установленного на бетонном фундаменте, прессового механизма, встряхивающего механизма, соединенного с формовочным столом, штифтового механизма для полуформ с модельной плиты, неподвижной колонны, поворотной траверсы с прессовой плитой, пневматической системы, пневматического пульта управления.

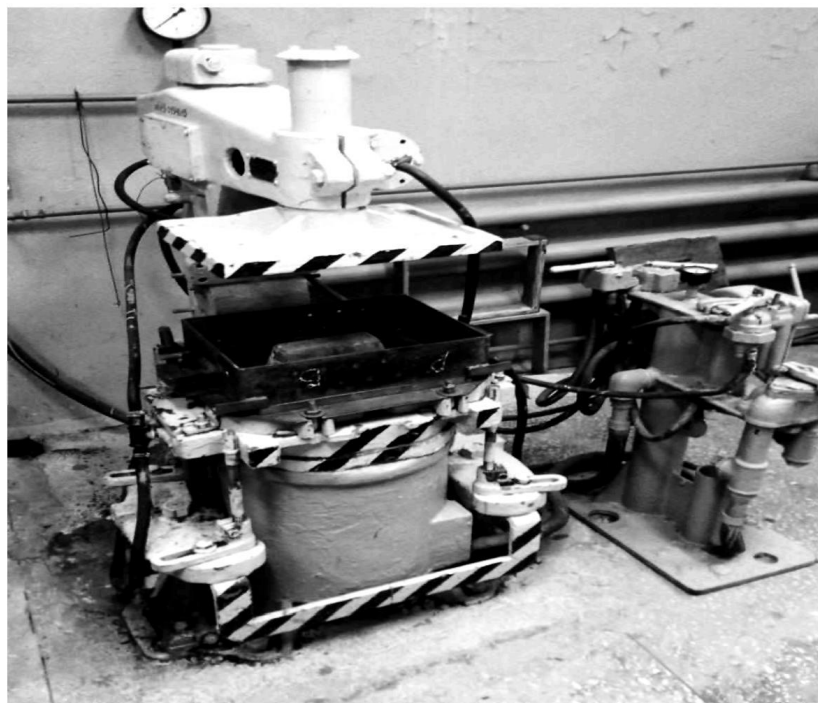


Рисунок 2.4 – Формовочная машина модели 91271

Техническая характеристика формовочной машины модели 91271:

- размер опок в свету – $500 \times 400 \times 200$ мм;
- грузоподъемность – 150 кг;
- частота встряхивания – 240 в минуту;
- усилие прессования – 65 кН;
- габаритные размеры – $1,8 \times 1,1 \times 1,6$ м;
- масса – 1360 кг.

Изготовление литейных форм на формовочной машине производится следующим образом. В исходном положении на формовочном столе жестко закрепляется модельная плита, траверса отведена в сторону. На модельную плиту устанавливается опока и наполнительная рамка. В них в полном объеме засыпается формовочная смесь. Так как изготавливали простую литейную форму, то уплотнение смеси осуществляли только прессованием. Для чего с помощью траверсы прессовая плита поворачивается на позицию формовки. Прессовой механизм поднимает опоку с наполнительной рамкой, в результате прессовая плита давит на смесь и уплотняет ее. После окончания процесса уплотнения траверса с прессовой плитой отводится в исходное положение. Осуществляется процесс извлечения модельного комплекта из полуформы помощью штифтового механизма, полуформа снимается со штифтов машины [19].

2.2 Приборы и оснастка для экспериментальных исследований

Взвешивание формовочных материалов (до 4 кг) осуществлялось на настольных весах модели ВТЦ-10, шихтовых материалов (до 30 кг) на напольных весах модели ВТ-50. Время перемешивания формовочных материалов, охлаждения металла и работы оборудования фиксировалось с помощью секундомера.

Для оценки качества полученной формовочной смеси определяли сырую прочность на сжатие, газопроницаемость и текучесть смеси [20]. Процесс определения проводился следующим образом [9]. Стандартный образец (диаметр и вы-

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

сота 50 мм) изготавливали на лабораторном копре модели Т.У 2. Газопроницаемость определяли на приборе модели 042, а сырую прочность на сжатие на приборе модели 084М2. Влажность формовочной смеси определяли в соответствии со стандартной методикой [21].

Шероховатость поверхности отливок определяли методом по ГОСТ 2789–73 [22], основанным на сравнении исследуемой поверхности с эталоном. Эталон шероховатости представляют собой набор плиток с заранее установленным значением шероховатости. Поверхность исследуемой отливки сравнивали с эталоном путем визуального сопоставления и ощущений, полученных при ощупывании сравниваемой поверхности и эталона. Размеры образцов измеряли штангенциркулем.

Исследования влияния материала формы на кристаллизацию расплава проводили в литейных формах, рисунок 2.5, изготовленных с использованием модельных комплектов [23, 24]:

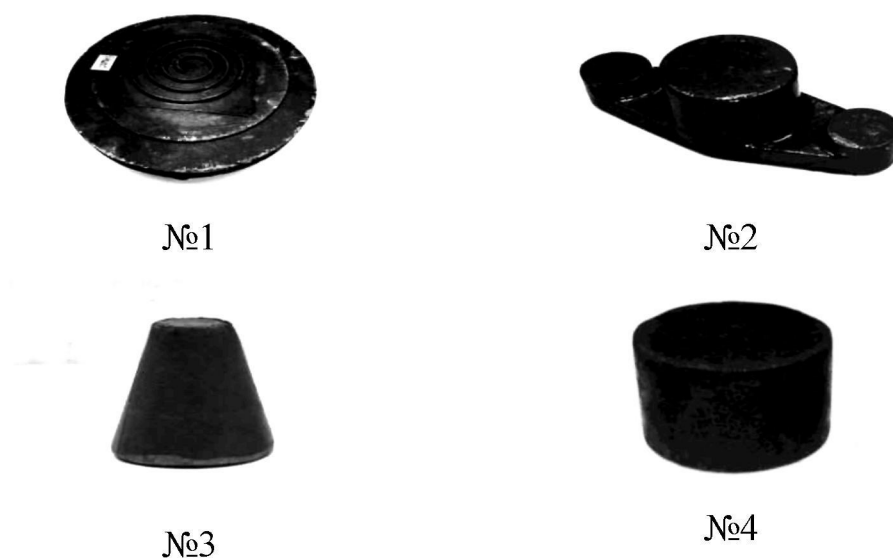


Рисунок 2.5 – Литейные формы

Использованные модельные комплекты:

– модель №1 для определения жидкотекучести сплава и заполняемости литейной формы (диаметр 450 мм);

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

- модель №2 для определения структуры и механической твердости сплава (148×50 мм);
- модели №3 для определения размерной точности отливки (80×75 мм);
- модель №4 для оценки качества поверхности отливки (50×50 мм).

Литейные формы изготавливали в сварных металлических опоках [25]. Поверхностную твердость уплотненной формовочной смеси измеряли с помощью твердомера модели 071 [7]. Температуру жидкого расплава фиксировали с помощью термопары типа ТХК [26]. Заливку жидкого расплава осуществляли с помощью ручного заливочного ковша емкостью 11 килограмм [13]. Структуру сплава изучали с помощью микроскопа модели Мим-7, твердость определяли с помощью твердомера модели ТК-2 [27]. Обмеры отливок проводили с помощью штангенциркуля.

2.3 Материалы для проведения исследований

Формовочную смесь приготавливали из формовочных материалов [28]:

- кварцевый песок марки 2 К₁ О₃ 02 [29];
- бентонит ТУ 4191–001–5856178–02;
- отработанная смесь из литейной лаборатории ПИ ПГУ кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение»;
- жидкое стекло;
- феррохромовый шлак;
- вода производственная [30].

Исследования проводили на алюминиевом сплаве марки АК5М [31], имеющий следующий химический состав: Al – основная база; Si – от 4,5 до 5,5 %; Mg – от 0,35 до 0,6 %; Cu – от 1,0 до 1,5 % и механические свойства – временное сопротивление разрыву – 157 МПа, относительное удлинение – 0,5 %, твердость по Бринеллю – 65 НВ.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Сплав относится ко 2 группе литейных алюминиевых сплавов. Сплавы данной группы легируются химическими элементами для изменения структуры сплавов. Это позволяет улучшать механические свойства. Самое распространенное применение в производстве нашли сплавы Al-Si и Al-Si-Mg, которые имеют хорошие технологические свойства. Наличием в сплавах большого количества двойной эвтектики Al + Si (от 40 до 75 %) обеспечивают хорошие литейные свойства – небольшая литейная усадка, минимальная склонность к образованию горячих трещин и хорошая жидкотекучесть.

Технологические и литейные свойства [31] сплава АК5М:

- температура плавления – 570 °С;
- температура кристаллизации – от 610 до 590 °С;
- температура заливки – от 685 до 750 °С;
- линейная усадка – 1,0 %;
- свариваемость – хорошая;
- склонность к газовому насыщению – высокая.

Для получения сплава АК5М применяли следующий состав шихтовых материалов [13]:

- чушковый алюминий АК5М – 7,5 %;
- возврат – 46,5 %;
- лом алюминиевый – 46 %.

3 Экспериментальные исследования

3.1 Влияние материала формовочной смеси на заполняемость литейной формы

Важной характеристикой расплава является его жидкотекучесть [23], которая влияет на заполняемость полости литейной формы и характеризует способность сплава в жидком состоянии течь по ее каналам и точно воспроизводить ее очертания. Она зависит от различных факторов: параметров сплава, свойств литейной формы, условий заливки формы. Большое влияние на жидкотекучесть оказывает материал, из которого изготовлена литейная форма. Так как теплопроводность и теплоемкость материала влияют на теплосодержание, которое определяется теплотой кристаллизации, теплопередачей и скоростью охлаждения. Чем выше теплосодержание, тем дольше сплав находится в жидком состоянии, тем больше времени не прекращается его течение по каналам формы. Так заполняемость металлической формы хуже, чем песчаных форм. Теплопроводность и теплоемкость формы будет зависеть от характеристик компонентов, из которых приготавливается формовочная смесь и их состояние во время заливки.

Способность сплава заполнять полость формы определяли по технологическим пробам для оценки жидкотекучести сплава. Для оценки используем спиральную пробу постоянного сечения для определения практической жидкотекучести, модель которой представлена на рисунке 2.5.

Исследования проводили на четырех видов литейных форм, 1 – из сырой формовочной песчано-глинистой смеси, 2 – сухой литейной формы, 3- из стержневой песчано-глинистой смеси, 4 – из жидкостекольной смеси.

Литейные формы из песчано-глинистых смесей (формовочной и стержневой) для получения спиралевидной пробы изготавливали на формовочной машине модели 91271 чистым прессованием в опоках 400×300×100 мм при давлении воздуха в пневматической системе 0,6 МПа представленный на рисунке 2.4. Использовали единую формовочную смесь для алюминиевых сплавов, которую

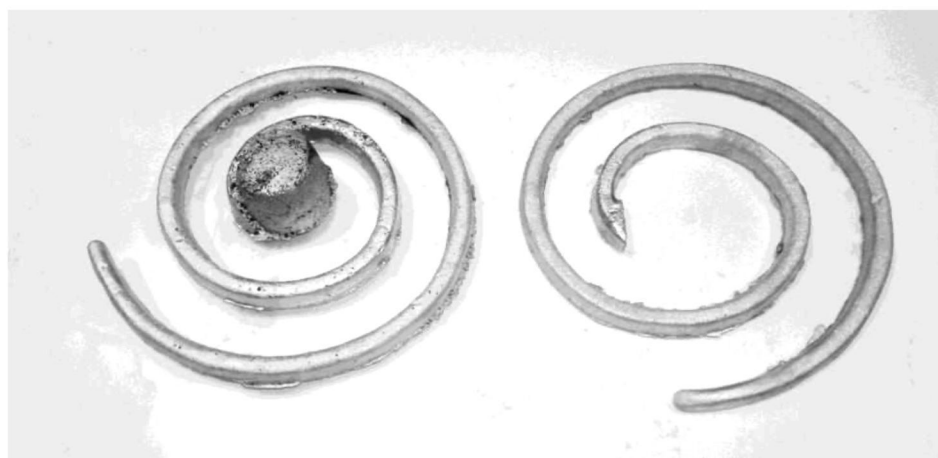
					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

приготавливали на смешивающих бегунах представленный на рисунке 2.2 из компонентов: отработанная смесь – 92 %, кварцевый песок – 4 %, бентонит – 4 %. Свойства формовочной смеси определяли по стандартным методикам (глава 2.2). Смесь имеет следующие свойства: прочность на сжатие в сыром состоянии – 0,44 кг/см², газопроницаемость – больше 70 ед, текучесть – более 57 %, влажность – 4,4 %. Стержневую смесь для алюминиевых сплавов также приготавливали на смешивающих бегунах представленный на рисунке 2.2 из компонентов: отработанная смесь – 62 %, кварцевый песок – 26 %, бентонит – 12 %. Смесь имеет следующие свойства: прочность на сжатие в сыром состоянии – 0,89 кг/см², газопроницаемость – больше 52 ед, текучесть – более 50 % влажность – 4,0 %. Время перемешивания формовочной смеси 4 минуты, а стержневой смеси – 8 минут. Из единой формовочной смеси изготавливали две литейные формы. Одна в сыром состоянии, а другая в сухом. Форму сушили в нагревательной печи при температуре 35 °С в течение 3 часов. Прочность смеси на растяжение в сухом состоянии повысилось и составило 2,1 кг/см². Жидкостекольную смесь изготавливали из следующих компонентов: кварцевый песок – 89 %, жидкое стекло – 7,0 %, феррохромный шлак – 4,0 %. Смесь имела следующие свойства: прочность на сжатие после выдержки на воздухе 1 час – 2,5 кг/см², газопроницаемость – 190 ед., влажность – 2,5 %. Смесь приготавливали на лопастном смесителе представленный на рисунке 2.3. Литейную форму изготавливали вручную в опоках 400×300×100 мм. После уплотнения смеси, для упрочнения ее продували углекислым газом.

Литейные формы для изготовления пробы на жидкотекучесть заливали на плацу. В форму заливали сплав АК5М, расплавленный в плавильной печи модели СШОЛ60/12-Т, при температуре 720 °С с помощью литейного ковша. После затвердевания и охлаждения отливки извлекали из формы. Пробу №1 получали в литейной форме из сырой формовочной смеси, пробу №2 из сухой литейной формы, проба №3 из стержневой смеси, проба №4 из жидкостекольной смеси. Результаты экспериментов показали следующие: размер пробы №1 – 520 мм, пробы

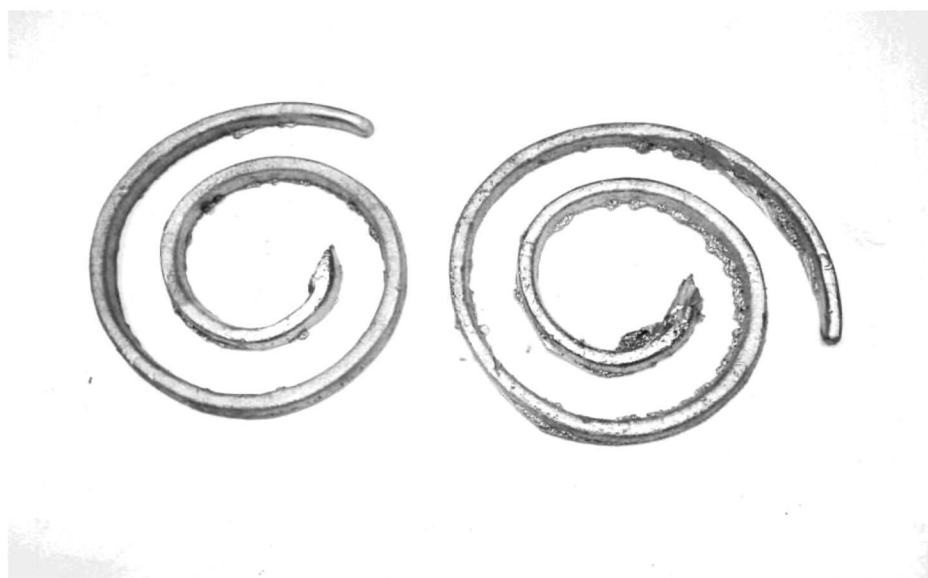
					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

№2 – 658 мм, пробы №3 – 526 мм, проба №4 – 580 мм. Проба №2, полученная в сухой форме представленный на рисунке 3.1 а, имеет самое большое значение жидкотекучести – 658 мм, затем по значению идет проба №4 – 580 мм представленный на рисунке 3.1 г, полученная с использованием жидкостекольной смеси, а пробы №1 представленный на рисунке 3.1 в и №3 представленный на рисунке 3.1б, полученные в формах из сырых формовочных и стержневых смесях, имеют практически одинаковую и самую минимальную жидкотекучесть.



а)

б)



в)

г)

Рисунок 3.1 – Спиралевидные пробы: а) – проба № 2; б) – проба №3; в) – проба № 1; г) – проба №4

Очевидно, интенсивное тепловое отведение сырых формовочных и стержневых смесей из-за высокой влажности приводит к более активной кристаллизации и затвердеванию сплава. Что уменьшает время нахождения сплава в жидком состоянии, а соответственно и путь движения и возможность заполнения узких каналов литейной формы.

3.2 Влияние материала литейной формы на структуру и свойства сплава

Для определения влияния материала литейной формы на структуру и механические свойства сплава изготавливали четыре вида литейной формы:

- из сырой формовочной песчаной глинистой смеси;
- сухой литейной формы;
- из стержневой песчаной глинистой смеси;
- из жидкостекольной смеси.

Технология изготовления литейных форм описана в разделе 3.1. Только использовали одновременно три модельных комплекта:

- модель для определения структуры и механической твердости сплава;
- модель для определения точности отливки;
- модель для оценки качества поверхности отливки.

Схема расположения отливок в литейной форме представлена на рисунке 3.2. В форме располагали сразу три модели и изготавливали из различных смесей. Формовочные стержневые песчаные глинистые смеси уплотняли на формовочной машине, а жидкостекольные вручную.

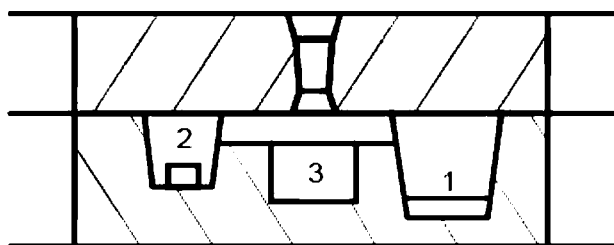


Рисунок 3.2 – Схема размещения отливок в литейной форме

На рабочую поверхность литейной форм противопригарного покрытия не наносили. Расплавленный в плавильной печи модели СШОЛ60/12-Т алюминиевый сплав АК5М, при температуре 720 °С, которую фиксировали с помощью термопары и потенциометра, заливали в литейную форму с помощью ручного литейного ковша емкостью 10 кг. Заливка всех форм производилась на плацу при одних параметрах и условиях.

После затвердевания и охлаждения отливки извлекали из формы, изображен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Выбитые отливки

После выбивки литейной формы из отливок моделей №2, изготавливали шлифы, представлен на рисунке 3.4 по специализированной методике [12] для определения структуры сплава.

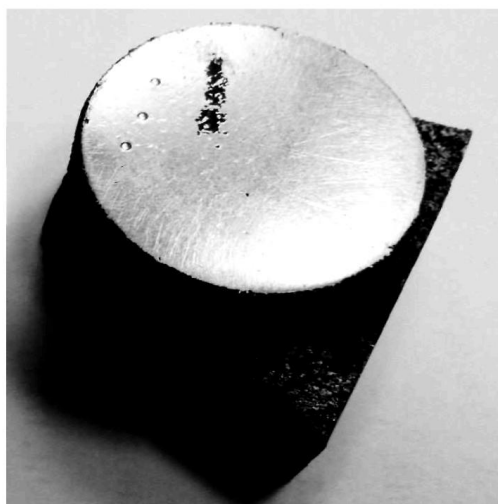


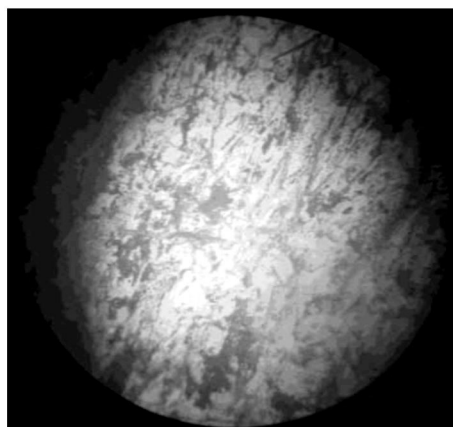
Рисунок 3.4 – Шлиф для определения структуры сплава

На рисунке 3.5 представлены структуры сплава отливки, полученной в сухой литейной форме, рисунок 3.5а и в сырой форме, рисунок 3.5б, так как между ними имеется заметная разница. Структура сплава отливки, полученной в форме из стержневой смеси близка к отливке из формы из сырой формовочной смеси, а сплава отливки из формы из жидкостекольной смеси ближе к структуре отливки из сухой формы. Структура в обоих образцах состоит из эвтектики твердого раствора и кристаллов чистого кремния. Помимо мелкокристаллической эвтектики наблюдаются первичные кристаллы мягкой пластичной фазы. Процесс кристаллизации сплава протекает в определенном температурном интервале и идет от стенок к внутренним частям отливки, что вызывает образование между первичными кристаллами мелкозернистой эвтектики. Процесс образования структуры сплава отливки зависит от скорости охлаждения. У сплава, кристаллизующегося с высокой скоростью охлаждения, зерна имеют более округлую и однородную форму, при этом равномернее распределены по объему отливки. При медленном охлаждении с широким интервалом кристаллизации сплавы затвердевают объемно. В начале температура кристаллизации металла практически одинаковая по всему сечению отливки, поэтому зарождение и рост кристаллов возможен по всему объему, где существует жидкая и твердая фаза. Жидкий металл по всему объему состоит из крупных скоплений. Однако деления и роста кристаллов из-за выделяемой скрытой температуры кристаллизации, которую не успевают отводить, не происходит. Поэтому получается крупнозернистая структура сплава. Поэтому в сплаве отливки, полученной в сухой форме, где процесс затвердевания идет с меньшей скоростью охлаждения, зерна более крупные и неоднородные по составу, наблюдается вытянутая форма зерен, что снижает пластические свойства сплава. Видны темные пятна, свидетельствующие о низкой плотности металла в этих местах, что снижает твердость сплава.

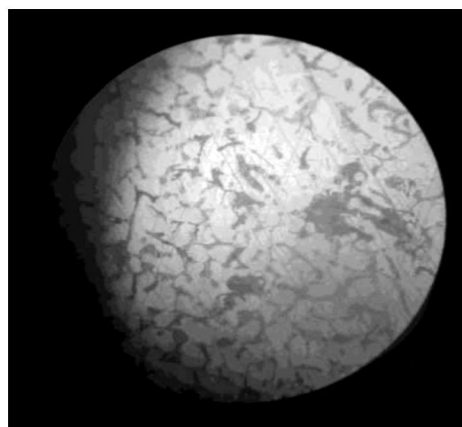
В сплавах, затвердевающих при большой скорости охлаждения, фронт кристаллизации перемещается последовательно от границ к тепловому центру отливки. Твердая фаза нарастает от стенок формы к центру отливки по мере снижения

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

температуры. В кристаллизующем объеме возникают большое число мелких скоплений с ориентированным расположением. Происходит постоянно рост и деление кристаллов, образуя мелкозернистую структуру. Данную структуру наблюдаем в сплаве отливки, полученной в сырую форму, где процесс затвердевания проходит с большей скоростью ввиду наличия охлаждающей влаги.



а) $\times 50$



б) $\times 50$

Рисунок 3.5 – Структура сплава отливки: а) сухая литейная форма; б) сырая литейная форма

Мелкозернистая структура с равномерным распределением зерен способствует повышению твердости металла. Так результаты замеров твердости на приборе ТК-2 показали, что твердость сплава отливки из сырой литейной формы составляет НВ 64 (замеры – 65,66,62), из сухой смеси НВ 58 (замеры – 56,54,59).

3.3 Влияние литейной формы на точность размеров отливки

На точность размеров отливок сильное влияние оказывают теплофизические характеристики и механические свойства литейной формы. Для определения влияния материала формы на размерную точность отливки исследовали образцы, изготовленные по модели №3, представленный на рисунке 2.5. Образцы, полученные в литейных формах, №1 – из сырой формовочной песчано-глинистой

смеси, № 2 – сухой литейной формы, №3 – из стержневой песчано-глинистой смеси, №4 – из жидкостекольной смеси.

Параметры замеров отливок, полученных по модели №3, представлены на рисунке 3.6.

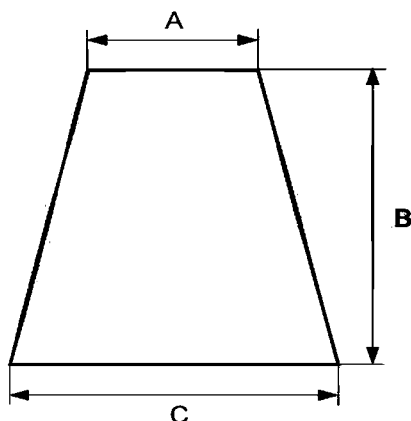


Рисунок 3.6 – Параметры модели №3

В полученных отливках с помощью штангенциркуля замеряем размеры А, В и С и сравнением с номинальным (предполагаемым) размером отливок. Результаты замеров представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Размеры отливок

N образ ца	Параметр		Средний размер отливки, мм	Отклонение размеров	
	Обозначение	Размер, мм		мм	%
1	A	40	41,4	1,4	3,3
	B	75	77,5	2,5	3,2
	C	80	82,8	2,8	3,4
2	A	40	40,8	0,8	1,9
	B	75	76,5	1,5	2
	C	80	81,6	1,6	1,9
3	A	40	40,9	0,9	2,2
	B	75	76,8	1,8	2,3
	C	80	81,9	1,9	2,3
4	A	40	40,6	0,6	1,3
	B	75	75,9	0,9	1,2
	C	80	81	1	1,2

Отклонения размеров отливки от номинального следующие: образец №1 – от 1,4 до 2,8 мм или 3,3 %, образец №2 – от 0,8 до 1,6 мм или 1,9 %, образец №3 – от 0,9 до 1,9 мм или 2,3 %, образец №4 – 0,6 до 1 мм или 1,2 %. Отклонения размеров образцов отливок из разных литейных форм отличаются. Самые небольшие отклонения в образце №4 (1,2 %), далее по возрастанию образец №2 (1,9 %), образец №3 (2,3 %) и образец №1 (3,3 %). На изменение размеров отливки оказывает влияние сопротивляемость стенок формы гидродинамическому давлению во время заливки сплавом. Чем меньше прочность, тем больше отклонение. Литейные формы из сырых формовочных смесей имеют самую низкую прочность, поэтому имеют самое большое отклонение размеров. Литейная форма из жидкостекольной смеси обеспечит более стабильный результат точности размеров отливок.

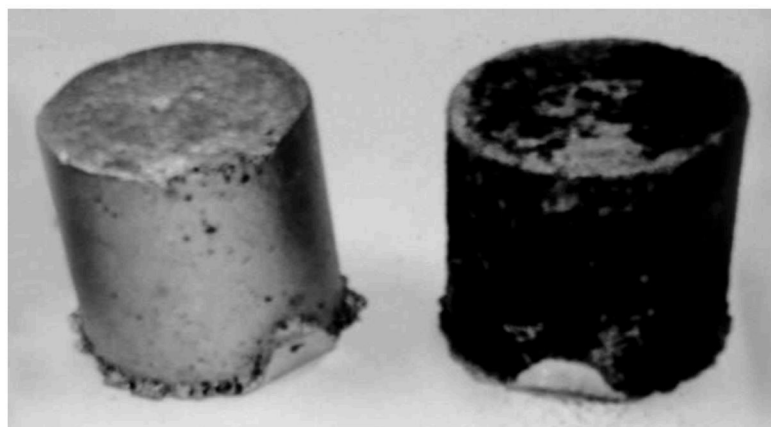
3.4 Влияния материала формы на качество поверхности отливки

Качество поверхности отливок зависит от параметров отливки, противоприварного покрытия, марки сплава, температуры заливки сплава, свойств литейной формы и материалов, из которых она приготовлена. В экспериментах все технологические и конструктивные параметры литейной формы, сплава были одинаковыми, кроме материала, из которого были изготовлены литейные формы. Для определения влияния материала формы на качество поверхности отливки исследовали образцы, изготовленные по модели №4, изображенный на рисунку 2.5. Образцы, полученные в литейных формах: №1 – из сырой формовочной песчано-глинистой смеси, № 2 – сухой литейной формы, №3 – из стержневой песчано-глинистой смеси, №4 – из жидкостекольной смеси.

Технология проведения эксперимента описана в разделе 3.2 с использованием модели №4.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

После затвердевания и охлаждения отливки извлекли из формы и отделяли литниковую систему. Образцы отливок для определения качества поверхности с геометрическими размерами 50×50 мм представлены на рисунке 3.7.



а)

б)

Рисунок 3.7 – Образцы отливок: а) – образец №1; б) – образец №4

Сначала визуально оценивали состояние поверхности отливок. На поверхности отливки №4, полученной в литейной форме из жидкостекольной смеси (рисунок 3.7б) прилипшей формовочной смеси больше, чем на поверхности отливки №1, полученной в форме из сырой формовочной смеси, изображен на рисунок 3.7а. Объясняется это наличием в жидкостекольной смеси жидкого стекла на основе силиката натрия, который способствует спекаемости и пригару смеси. Качество поверхности отливок образцов №2 и №3 практически одинаково и соответствует образцу №1. После этого поверхности отливок промывали водой и очищали волосяной щеткой с целью определения шероховатости. Шероховатость исследуемых поверхностей оценивали сравнением с эталоном в соответствии с ГОСТ 2789–73 [22] путем визуального сопоставления и сопоставления ощущений, полученных при ощупывании сравниваемой поверхности и эталона.

Результаты показали, что поверхность отливок всех образцов имеет 2-3 класс шероховатости по ГОСТ 2789–73. Это объясняется тем, что основа всех смесей является кварцевый песок. И в основном его размер будет влиять на шероховатость. В исследуемых смесях использовали одну марку песка. Только на поверхности отливок образцов №1, №2 и №3 имеются небольшие песчаные поры,

которые образовались в результате размывания стенок формы во время заливки. Очевидно, разница в размывании смесей связана с их прочностью в момент контакта с жидким расплавом. У жидкостекольных смесей прочность оказалась самой высокой, поэтому у образца №4 поры отсутствовали.

					ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Заключение

Анализ технической информации показал, что в литейной практике применяют большое многообразие видов литейных форм. Это дает возможность изготовления отливок из разных сплавов, разных по габаритам, массе, сложности, по химическому составу, по физико-механическим свойствам. Литейная форма оказывает огромное влияние на качество получаемой в ней отливки (физико-механические свойства, частота поверхности, размерная точность). Наиболее широко применяемой является разовая песчаная литейная форма из различных формовочных смесей, так как имеет ряд существенных преимуществ: обеспечивает высокую производительность процесса, возможность изготовления различных типов отливок, универсальность процесса, низкую себестоимость литья. Однако мало данных, как влияет на качество отливки материал, из которого готовится формовочная смесь.

Исследования показали следующие результаты.

– Материал, из которого приготавливается формовочная смесь для литейной формы, влияет на свойства и качество отливок.

– В структуре сплава отливки, полученной в литейной форме из сырой формовочной смеси зерна имеют более округлую и однородную форму, при этом равномернее распределены по объему отливки, чем из сухой литейной формы. Это положительно сказывается на механических свойствах отливки.

– Твердость сплава отливки из сырой литейной формы составляет HB 64, из сухой формы HB 58, что обеспечит лучшие ее эксплуатационные свойства.

– Материал формы влияет на точность размеров отливки. Самые небольшие отклонения в образце №4 (1,2 %) материал формы жидкостекольная смесь, далее по возрастанию образец №2 (1,9 %) материал сухая формовочная, образец №3 (2,3 %) стержневая смесь и образец №1 (3,3 %) сырая формовочная смесь. На изменение размеров отливки оказывает влияние сопротивляемость стенок формы

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

гидродинамическому давлению сплава во время заливки. Чем меньше прочность смеси, тем больше отклонение.

– Материал, из которого изготовлена литейная форма и ее состояние влияют на жидкотекучесть расплава, а значит и на ее заполнение. Жидкотекучесть сплава по спиралевидной пробе составила: 1 – сухая формовочная смесь 658 мм, 2 – стержневая смесь 526 мм, 3 – сырая формовочная смесь 520 мм, 4 – жидкостекольная смесь 580мм. Очевидно, интенсивное тепловое отведение сырых формовочных и стержневых смесей из-за высокой влажности приводит к более быстрому затвердеванию сплава. Что уменьшает время нахождения сплава в жидком состоянии, а соответственно и путь движения и возможность заполнения узких каналов литейной формы.

– Исследуемые литейные формы практически не повлияли на качество поверхности отливок. Шероховатость всех образцов составила 2-3 класс, так как все смеси приготавливались на основе одной марки кварцевого песка. На поверхности отливки, полученной в литейной форме из жидкостекольной смеси, в отличие от других, наблюдается прилипание смеси, вызванное наличием в смеси силиката натрия, но отсутствовали песчаные поры, так как форма имела самую высокую прочность.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

Список используемой литературы

1. **Технология литейного производства. Литье в песчаные формы** [Текст]: учебник / А.П.Трухов [и др.]. – М.: Академия, 2005. – 528 с.
2. **Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси** [Текст]: учеб. пособие / С. С. Жуковский [и др.]. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2003. – 470 с.
3. **Голотенков, О.Н. Формовочные материалы** [Текст]: учеб.пособие / Пенз. гос. ун-т. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 164 с.
4. **Литейные формовочные материалы** [Текст]: справочник / Болдин А. Н. [и др.]. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
5. **Формовочные материалы** [Текст]: учеб.пособие / Т.Ю. Скамьянова – Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2012. – 25 с.
6. **Аксенов, П.Н. Оборудование литейных цехов** [Текст]: учеб. для вузов / П.Н. Аксенов. – М.: Машиностроение, 1997. – 510 с.
7. **Титов, Н.Д. Технология литейного производства** [Текст]: учебник / Н.Д. Титов, Ю.А Степанов, – М.: Машиностроение, 1985 – 400 с.
8. **Цветное литье** [Текст]: справочник / Н.М. Галдин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.
9. **Специальные способы литья** [Текст]: справочник / В.А.Ефимов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
10. **Исаченко, В.Л. Теплопередача** [Текст]: монография / В.Л. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1969. – 439 с.
11. **Покрытие литейных форм** [Текст] / А.А Сварика. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
12. **Точность отливок** [Текст]: труды совещания по теории литейных процессов; под ред. Б.Б. Тулчева – М.: Машиностроение, 1960. – 208 с.
13. **Исследование свойств литейных сплавов** [Текст]: метод. указания к лаб. работам / В.В. Спасский [и др.]. – Пенза: Изд-во ППИ, 1982. – 32 с.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

14. **Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении** [Текст]: В.М Воздвиженский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 432 с.
15. **Оборудование литейных цехов** [Текст]: методич. указание / С.Н. Казанцев [и др.]. – Пенза, Изд-во ПГУ, 2011 – 51 с.
16. **Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства** [Текст]: А.И. Горский – М.: Машиностроение, 1978. – 551с.
17. **Справочник по литейному оборудованию** [Текст]: В. Я. Сафронов. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
18. **Матвеевко, И.В. Оборудование литейных цехов** [Текст]: учеб. для вузов / И.В. Матвеевко. – М.: Машиностроение, 1997. – 510 с.
19. **Зайгеро, И.П. Оборудование литейных цехов** [Текст]: учеб. для вузов / И.П. Зайгеро. – Минск: Высшая школа, 1980. – 368 с.
20. **Формовочные материалы** [Текст]: метод. указ. к выпол. лаб. работ/О.Н. Голотенков [и др.]. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 71 с.
21. **Формовочные и стержневые смеси** [Текст]: Ю.Ф. Боровский [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1980. – 86 с.
22. **Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики** [Текст]: ГОСТ 2789–73 Введ. 1975 - 01 - 01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 27 с.: ил.
23. **Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размера** [Текст]: ГОСТ 3212–92. – Введ. 1993–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. –28 с.: ил.
24. **Комплекты модельные деревянные** [Текст]: ГОСТ 13354–93. – Введ. – 1993–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 30 с.
25. **Процессы технологические литейного производства. Термины и определения** [Текст]: ГОСТ 18169–86. – Введ. 1987–01–07. – М.: Изд- во стандартов, 1986. – 12 с.
26. **Материаловедение** [Текст]: метод. указания к лаб. работам / В.С. Барабашин [и др.]. – Пенза: Изд-во ПГТУ, 1997. – 42 с.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

27. **Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю** [Текст]: ГОСТ9012–59. – Введ. 1960–01–01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 30 с.: ил.

28. **Технология литейного производства: Формовочные и стержневые смеси** [Текст]: учеб. пособие / С. С. Жуковский [и др.]. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2003. – 470 с.

29. **Пески формовочные. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ2138–91. – Введ. 1993–01–01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 25 с.: ил.

30. **Водоснабжение. Термины и определения** [Текст]: ГОСТ 25151–82. – Введ. 1983–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 6 с.

31. **Сплавы алюминиевые литейные. Технические требования** [Текст]: ГОСТ1583–93. – Введ. 1997–01–01. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 24 с.: ил.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.16МТ406.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

Приложение А



**ФГБОУ ВО ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Факультет машиностроения и транспорта

Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

Выпускная квалификационная работа

**Тема «Влияние литейной формы на
структуру и свойства отливки»**

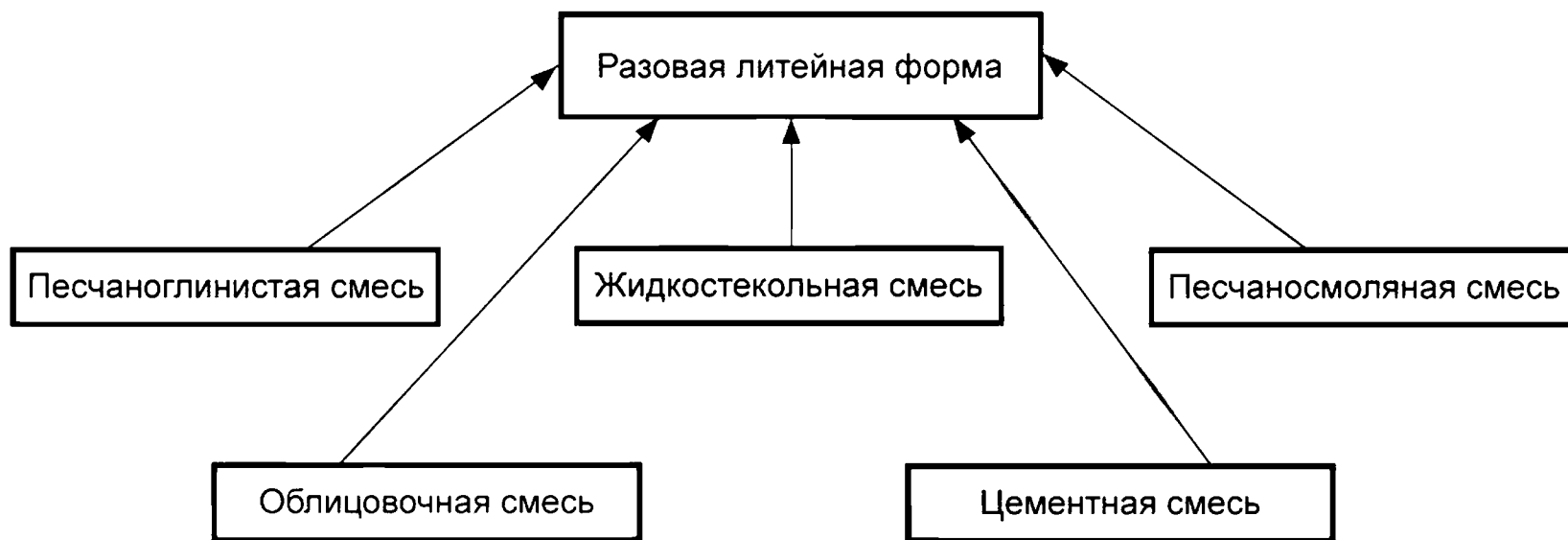
Выполнил: ст-т гр. 16МТ1 Каландаров И.

Научный руководитель:

д.т.н., проф. каф. «СЛПиМ» Розен А.Е.

Пенза, 2020

Формовочные смеси для изготовления литейных форм



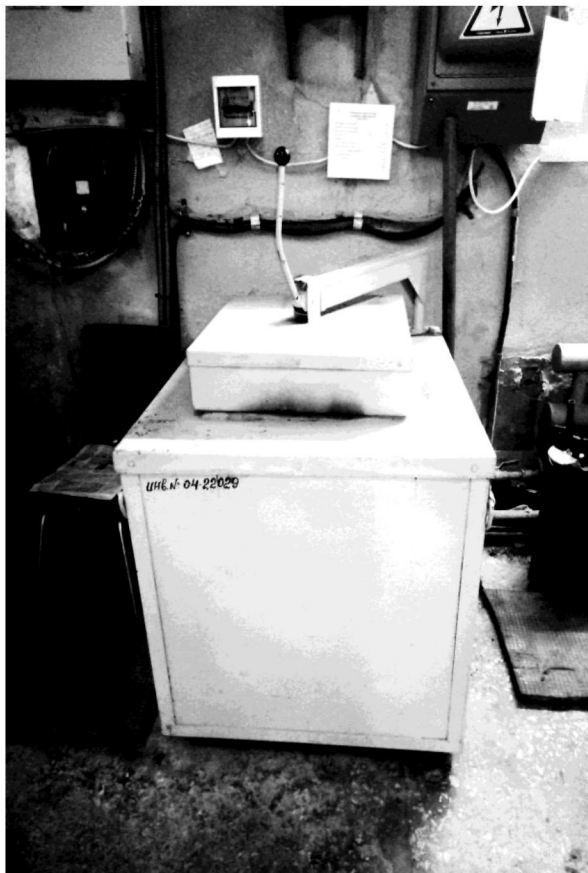
Цели и задачи выпускной квалификационной работы

Цель: Исследование влияния материала литейной формы на качество отливки.

Задачи:

1. Определение влияния материала литейной формы на структуру и механические свойства сплава.
2. Определение влияния формовочной смеси на жидкотекучесть расплава.
3. Определение влияния материала литейной формы на качество поверхности отливки.
4. Определение влияния материала литейной формы на размерную точность отливки.

Плавильная печь



Электрическая печь сопротивления

Катковый смеситель

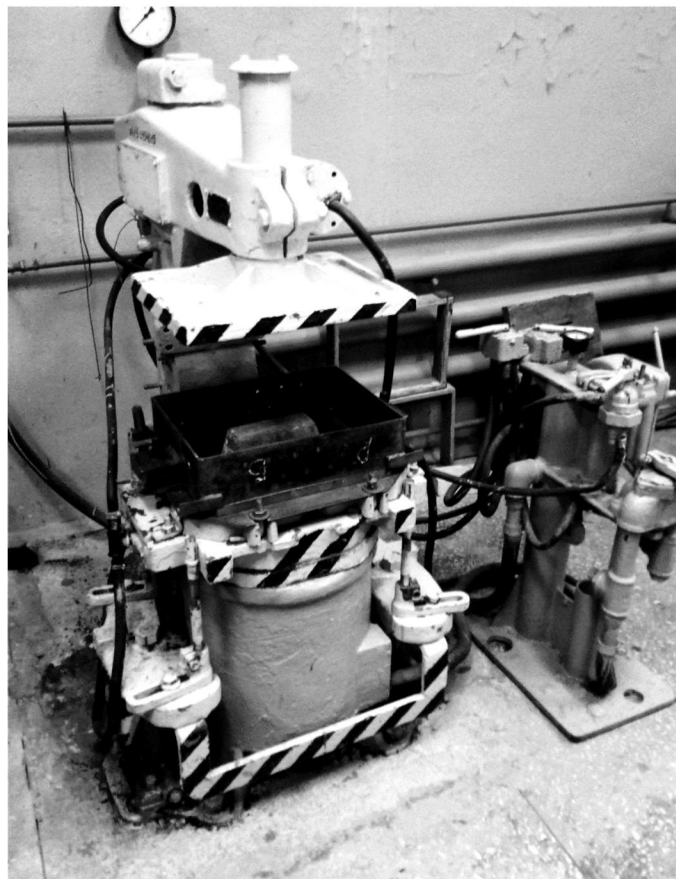


Смешивающие бегуны

Лопастной смеситель



Формовочная машина

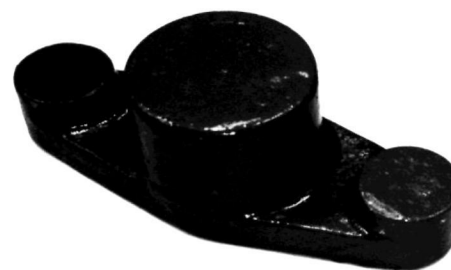


Встряхивающая формовочная машина мод. 91271

Модельная оснастка



Модель №1 (80x75мм)



Модель №2 (148x50мм)



Модель №3 (50x50мм)



Модель №4 (D=450мм)

Состав литейных смесей

№ п/п	Тип смеси	Состав смеси, %				
		Отработ анная смесь	Кварцев ый песок	Бентони т	Феррох ромовы й шлак	Жидкое стекло
1	2	3	4	5	6	7
1	Формовочна я смесь	92	4	4	-	-
2	Стержневая смесь	62	26	12	-	-
3	Жидкостекол ьная смесь	-	89	-	4	7

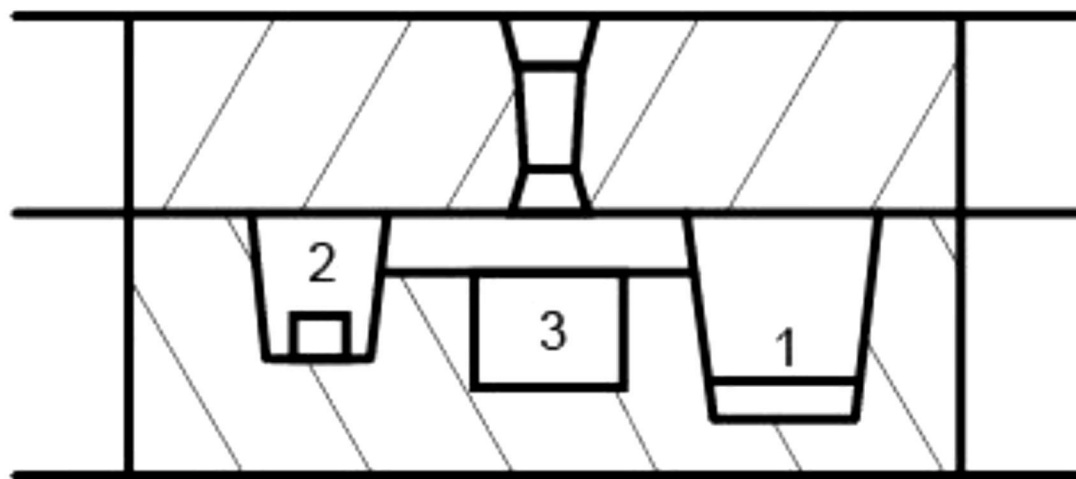
Свойства литейных смесей

Тип смеси	Прочность на сжатие, кг/см ²	Текучность, %	Газопроницаемость, ед.	Влажность, %
1	2	3	4	5
Формовочная смесь	0,44	57	70	4,4
Стержневая смесь	0,89	50	52	4
Жидкостекольная смесь	Через 1 час 2,5	-	190	2,5

Свойства алюминиевого сплава АК5М

№ п/п	Наименование свойства	Кол-во
1	2	3
1	Временное сопротивление разрыву, МПа	157
2	Относительное удлинение, %	0,5
3	Твердость, НВ	65
4	Линейная усадка, %	1,1

Размещение отливок в литейной форме

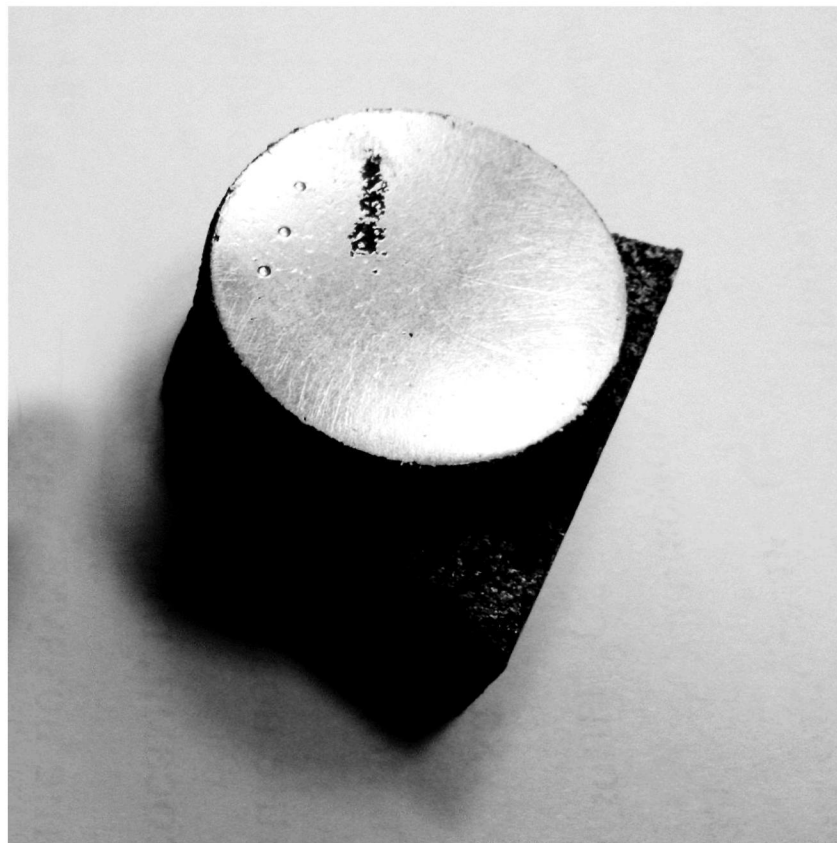


1,2,3 – номер модели

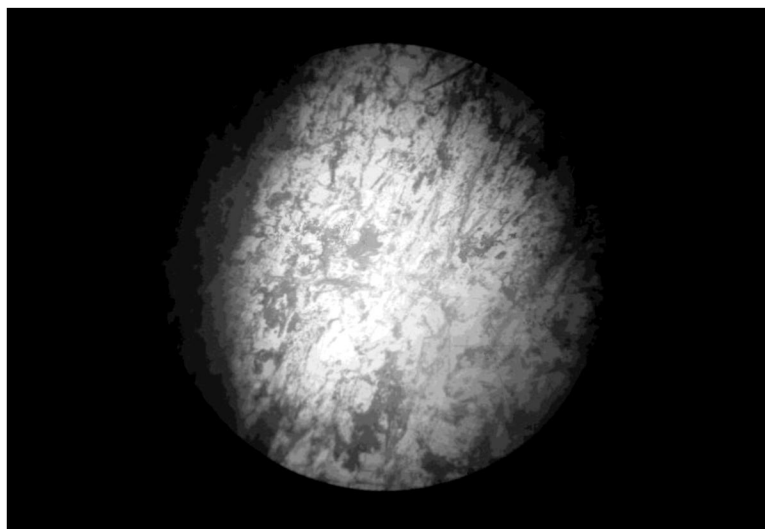
Образцы отливок



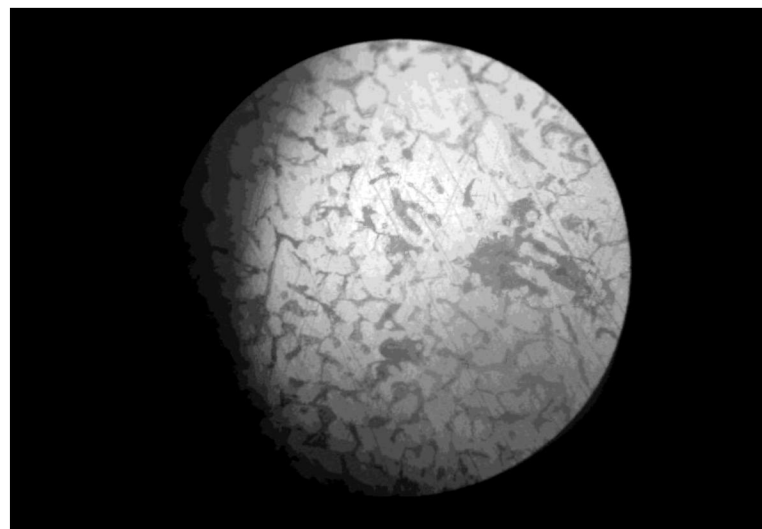
Шлиф для определения структуры сплава отливки



Влияние литейной формы на структуру сплава отливки



а) x50



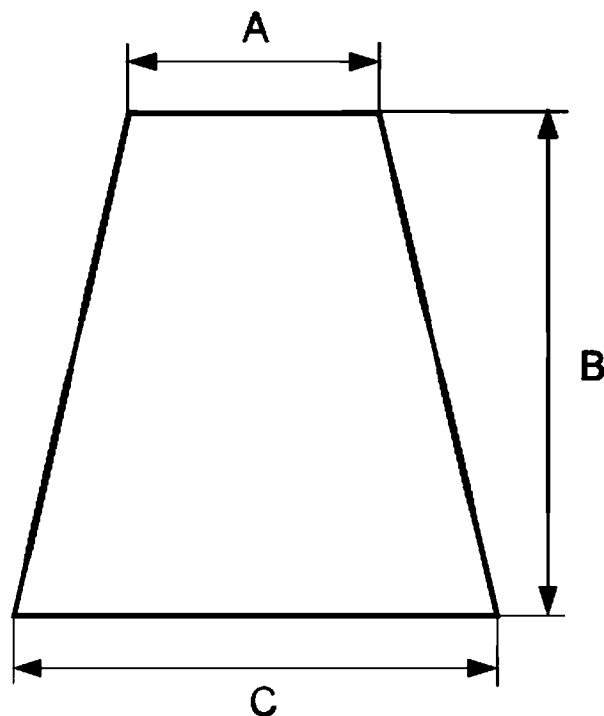
б) x50

Структура алюминиевого сплава отливки

а) сухая литейная форма

б) сырая литейная форма

Влияние литейной формы на размерную точность отливки

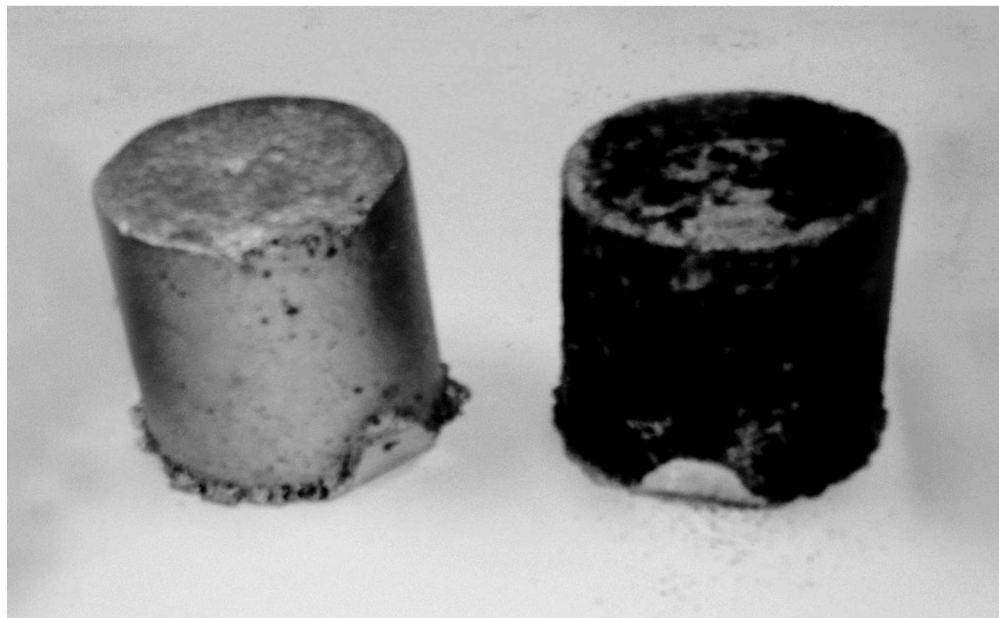


Измеряемые параметры образца

Влияние литейной формы на размерную точность отливки

N образца	Параметр		Средний размер отливки, мм	Отклонение размеров	
	Обозначен ие	Размер, мм		мм	%
1	2	3	4	5	6
1	A	40	41,4	1,4	3,3
	B	75	77,5	2,5	3,2
	C	80	82,8	2,8	3,4
2	A	40	40,8	0,8	1,9
	B	75	76,5	1,5	2
	C	80	81,6	1,6	1,9
3	A	40	40,9	0,9	2,2
	B	75	76,8	1,8	2,3
	C	80	81,9	1,9	2,3
4	A	40	40,6	0,6	1,3
	B	75	75,9	0,9	1,2
	C	80	81	1	1,2

Влияние литейной формы на качество поверхности отливки



а)

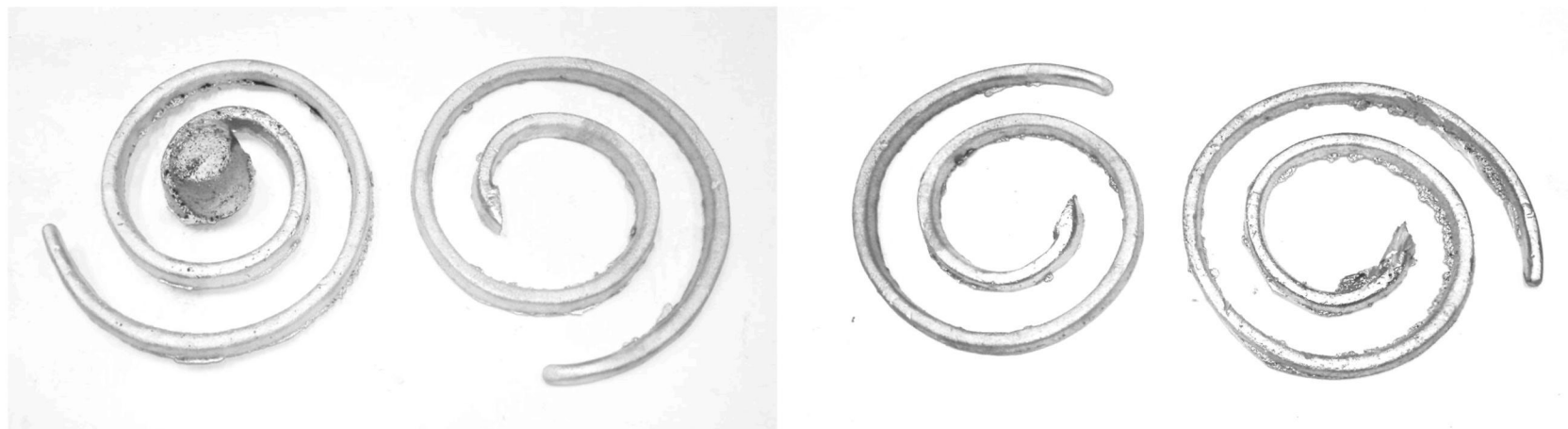
б)

а) форма из формовочной смеси

б) форма из жидкостекольной смеси

2-3 класс шероховатости по ГОСТ 2789-73

Влияние материала формы на жидкотекучность сплава



а)

б)

в)

г)

Спиралевидные пробы: а) сухая формовочная смесь (658мм),
б) стержневая смесь (526мм), в) сырая формовочная смесь
(520мм), г) жидкостекольная смесь (580мм)

Результаты исследования

1. Материал формовочной смеси влияет на свойства и качество отливок.
2. Структура сплава отливки, полученной в литейной форме из сырой формовочной смеси имеет более мелкозернистую структуру равномерно распределенную по объему отливки, чем из сухой литейной формы. Что положительно сказывается на механических свойствах.
3. Твердость сплава отливки, полученной в сырой форме составляет HB 64, а в сухой форме HB 58, что обеспечит лучшие эксплуатационные свойства.

Результаты исследования

4. Материал формы влияет на размерную точность отливки. Отклонения размеров составили: сырая формовочная смесь – 3,3%, сухая форма – 1,9%, стержневая смесь – 2,3%, жидкостекольная смесь – 1,2%. Чем прочнее литейная форма, тем меньше отклонения и точнее размерная точность.
5. Материал литейной формы и ее состояние влияют на жидкотекучесть расплава. Жидкотекучесть расплава составила при использовании сухой формовочной смеси 658мм, жидкостекольной смеси 580мм, стержневой смеси 526мм, сырой формовочной смеси 520 мм.
6. Исследуемые формовочные смеси практически не повлияли на качество поверхность отливки. У всех вариантов шероховатость поверхности составила 2 – 3 класс.