

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 59 с., 23 рис., 6 таб., 27 использованных источников, 1 прил.

ПЕСЧАНАЯ ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА, ФОРМОВОЧНЫ СМЕСИ, ОТЛИВКА, СВЯЗУЮЩЕЕ, УПЛОТНЕНИЕ СМЕСЕЙ, СМЕСИТЕЛЬ, ТОЧНОСТЬ, КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ, ШЕРОХОВАТОСТЬ, СТРУКТУРА

Объектом исследования является формовочная смесь и способы ее приготовления.

Предметом исследования является влияние формовочной смеси на структуру и свойства литой заготовки.

Целью работы является определение оптимального варианта применения типа и способа приготовления формовочной смеси для получения качественной отливки.

Методы исследования – системный анализ, экспериментальный метод.

Область применения – литейное производство.

Эффективность полученных результатов выражается в повышении качества отливок и производительности оборудования.

					<i>ПГУ.ВКР.22.03.01.12МТ119.ПЗ</i>			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докумен.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>м</i>								
<i>Разраб.</i>	<i>Янгуразов</i>				<i>Исследование влияния формовочных смесей на структуру и свойства литой заготовки</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>	<i>Казанцев</i>						2	59
<i>Т.Контр.</i>						<i>Каф. СЛПуМ гр. 14МТ</i>		
<i>Н.Контр.</i>	<i>Хорин</i>							
<i>Утв.</i>	<i>Логинов</i>							

Содержание

Введение	7
1 Формовочные и стержневые смеси в литейном производстве	10
1.1 Формовочные и стержневые смеси	10
1.1.1 Песчано–глинистые смеси	12
1.1.2 Песчано–жидкостекольные смеси	13
1.1.3 Песчано–смоляные смеси	14
1.1.4 Песчано–сульфитные смеси	15
1.1.5 Песчано–цементные смеси	16
1.1.6 Песчано–масляные смеси	16
1.2 Процесс приготовления формовочных и стержневых смесей	17
1.3 Смесеприготовительное оборудование	21
1.3.1 Смешивающие бегуны	22
1.3.2 Центробежные смесители	23
1.3.3 Лопастные смесители	24
1.3.4 Специальные смесители	26
1.3.5 Роторные смесители	27
1.4 Качество поверхности отливок	29
1.5 Цели исследования	31
2 Методика экспериментальных исследований	32
2.1 Оборудование и материалы для исследования динамического процесса приготовления формовочных смесей	32
2.2 Оборудование, приборы и оснастка	34
2.3 Материалы	38
3 Экспериментальные исследования	40
3.1 Исследование технологического процесса приготовления смесей на роторном смесителе	40
3.2 Влияние формовочной смеси на качество уплотнения литейной формы	46

3.3 Влияние формовочной смеси на чистоту поверхности отливки ...	48
3.4 Влияние формовочной смеси на точность отливки	50
3.5 Влияние формовочной смеси на структуру сплава	51
Заключение	55
Список литературы	56
Приложение А	59

Введение

Литейное производство является уникальным способом получения заготовок для изготовления деталей. Можно получать отливки массой от нескольких граммов до сотни тонн из различных сплавов: черных (чугун и сталь), цветных на основе алюминия, меди, цинка, олова, также из тугоплавких металлов и сплавов на основе молибдена, вольфрама, ниобия. В разных видах машин и оборудования большинство деталей (по массе) изготавливают литьем. Доля литых деталей в кузнечном и прессовом оборудовании может достигать от 70 до 90 %, в механообрабатывающих станках до 80 %, в текстильных машинах до 60 %, в автомобилях и тракторах до 50 %. На долю отливок приходится от 20 до 25 % себестоимости трудоемкости изготовления машин. В настоящее время известно более 100 различных способов литья. Наиболее широкое применение нашли такие способы производства отливок, как 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 черных металлов (чугун, сталь) получают в разовых песчаных формах. По прогнозам развития литейного производства песчаные формы сохранят свое доминирующее положение в будущем. Это наиболее универсальный и дешевый способ получения отливок.

Существуют четыре фактора, которые сыграют важную роль в будущем и будут характеризовать успех литейных производств на рынке до 2020 года.

Этими факторами являются: 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 будет стабильным, а на отливки из высокопрочного чугуна и алюминиевых сплавов увеличится.

Небольшие литейные производства, занятые в производстве специализированной продукции, сохранятся в бизнесе и будут неплохо себя

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чувствовать. Средние по размеру литейные производства, разбросанные по всему миру, будут приобретаться крупными производствами. Эта тенденция 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 предприятия в направлении выпуска большего количества специфических литых деталей с целью занятия свободных ниш на рынке.

Как противодействие ценовому давлению делается упор на снижение затрат, повышение качества отливок и максимальное удовлетворение требований по предоставлению дополнительно услуг, включая проектирование отливок и механическую обработку.

Внедрение компьютеризации в литейной отрасли будет расти. Отображение на экране компьютера наладки оборудования и изменений технологии будет выполняться через Интернет. Использование компьютерных программ для осуществления проектирования технологии получения отливок будет расширяться. Тестирование качества проекта станет нормой, а не исключением.

Конкурентные преимущества перейдут к тем производителям отливок, которые способны обеспечить наиболее точную форму (с учетом механической обработки) литых деталей, изготовленных из наиболее легких, прочных материалов. Литейный бизнес будет ощущать большую конкуренцию со стороны материалов-заменителей, отвечающих требованиям производства и обладающих способностями принимать сложную форму для изделия (пластмассы, армированные пластмассы, композиционные материалы и др.).

Математическое моделирование, как составная часть быстрого проектирования высококачественной продукции, займет ведущее место и в управлении всеми литейными процессами. Литейные процессы в будущем гарантированно станут более экологически чистыми. Более полно будут использоваться отходы производства, что благоприятно скажется на

окружающей среде. Защита окружающей среды должна рассматриваться в качестве обязательного долга.

Будущие производственные процессы потребуют значительно более квалифицированных технических кадров для работы на современном оборудовании. В выигрыше будут те литейные предприятия, которые смогут вовлечь своих сотрудников в общекомандный стиль работы. Успех предприятия будет зависеть от знаний и ответственности в работе каждого сотрудника.

Литейной отрасли необходимо опередить предстоящую угрозу глобальной конкуренции и использовать свои знания для совершенствования производственных процессов.

					<i>ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Формовочные и стержневые смеси в литейном производстве

1.1 Формовочные и стержневые смеси

Песчаные формовочные и стержневые смеси состоят из кварцевого песка, связующего материала и специальных добавок [1].

Формовочные пески. К числу наиболее распространенных формовочных песков, удовлетворяющих основным требованиям литейной формы, относятся пески, состоящие в основном из окислов кремния (кремнезема). По происхождению формовочные пески относятся к осадочным горным породам. Главным критерием при оценке качества формовочных песков по химическому составу является содержание кремнезема SiO_2 . Чем выше его содержание, тем выше качество песка. Наряду с кремнеземом в формовочных песках присутствуют окислы алюминия, железа, щелочных и щелочноземельных металлов и другие химические соединения – все они относятся к числу вредных примесей формовочного песка. Наиболее вредными примесями, встречающейся в формовочных песках, являются сульфиды железа, с температурой разложения около 325°C . Присутствие этих химических соединений в песках способствует пригару формовочной смеси к поверхности отливок.

В зависимости от содержания глинистой составляющей кремнезема и вредных примесей формовочные пески подразделяются на группы: обогащенные кварцевые, кварцевые и глинистые [2].

Связующие материалы. В качестве минерального связующего материала при изготовлении формовочных и стержневых смесей применяются формовочные глины, состоящие из тонкодисперсных частиц водных алюмосиликатов, обладающих связующей способностью и термохимической устойчивостью и способных обеспечить достаточную прочность и огнеупорную стойкость. По происхождению глины бывают первичными, вторичными (осадочными) и металлографическими. Минералогический состав глин зависит

от степени кислотности или щелочности воды, воздействующей на горные породы.

Формовочные глины состоят из минералов групп каолинита, гидрослюды и монтмориллонита.

Кроме упомянутых минералов, в формовочных глинах присутствуют также кварц, полевые шпаты, слюды, гидраты окислов железа и др. В зависимости от того, какой минерал преобладает, формовочные глины подразделяются на виды: бентонитовые, каолиногидрослюдистые и полиминеральные [3].

Во многих случаях, особенно при изготовлении стержневых смесей, добавка формовочной глины не обеспечивает получения надлежащей прочности стержней, поэтому в смесь вводят другие связующие добавки, обладающие более высоким значением удельной прочности. Такие добавки называют связующими материалами или крепителями. Существует большое количество связующих материалов, которые в большинстве случаев являются побочными продуктами или отходами при различных видах производства. Все связующие материалы по природе разделяют на три класса. Класс А – органически не водные, класс Б – органические водные и класс В – неорганические водные.

Специальные добавки. Специальные добавки вводят в формовочные и стержневые смеси при их изготовлении для придания им дополнительных свойств. К ним относятся противопожарные добавки, защитные добавки; добавки, улучшающие податливость, текучесть и выбиваемость смесей.

Качество отливок в значительной степени зависят от правильного выбора состава и технологических свойств формовочных и стержневых смесей. Состав смесей зависит от рода заливаемого сплава, сложности и ответственности отливок, наличия необходимых исходных материалов, характера производства, технологии изготовления и сборки форм и стержней.

По роду заливаемого сплава различают смеси для стального, чугунного и цветного литья. Смеси для стального литья должны выдерживать температуру

заливки сплава от 1450 до 1550 °С, для чугуна от 1360 до 1440 °С и цветных сплавов до 1200 °С.

По назначению смеси различают формовочные и стержневые, а также - единые, облицовочные и наполнительные. Стержневые смеси должны обладать большей газопроницаемостью, прочностью, огнеупорностью и т. д.

Единые смеси применяют главным образом при изготовлении мелких и средних форм в условиях высокомеханизированного производства. В эти смеси вводится значительное количество свежих материалов для поддержания необходимой прочности и газопроницаемости [4].

Облицовочные смеси применяются для крупных стальных и чугунных отливок в условиях серийного и единичного производства. Они наносятся вокруг модели слоем более 20 мм, в зависимости от толщины стенки отливки. Для улучшения технологических свойств облицовочных смесей в них могут вводить более 50 % 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 и газопроницаемость.

Смеси для изготовления разовых литейных форм и стержней классифицируются по типу: песчано-глинистая, песчано-жидкостекольная, песчано-смоляная, песчано-сульфитная, песчано-цементная, песчано-масляная [3].

1.1.1 Песчано–глинистые смеси

Одним из самых распространенных методов получения отливок является технология изготовления в разовых песчаных формах, изготовленных из песчаных глинистых смесей. Выпуск литья в этих формах составляет в Европе 35 %, в Японии 40 %, в России больше 60 %. Объясняется это тем, что формовочные смеси состоят из дешевых и широко распространенных материалов, просты в изготовлении, легко восстанавливаются при многократном

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

применении, имеют низкую стоимость и минимальные отходы. Смеси применяются в основном при производстве стальных и чугунных отливок, реже цветных. Для обеспечения высокого качества отливок в смесь могут вносить специальные добавки, например - древесные опилки, раствор лигносульфонатов, поверхностно-активные вещества, пылевидный кварц и другие [1].

Формовочные песчаные глинистые смеси, применяемые в современных технологических процессах, представляют собой сложные структуры. Они должны обладать целым набором свойств (прочностью, газопроницаемостью, огнеупорностью, текучестью, долговечностью и т.д.), обеспечивающих высокое качество отливок и заданную производительность труда. Особенностью этих смесей является минимальное содержание (до 3 %) высококачественных бентонитов в сочетании с крахмалсодержащими добавками и поверхностными активными веществами. Такие смеси обладают следующими преимуществами:

- обеспечивают высокую чистоту поверхности отливок;
- при низком содержании связующих обеспечивают высокую прочность;
- легко выбиваются из формы;
- повышенная текучесть смесей.

1.1.2 Песчано-жидкостекольные смеси

Данные смеси применяются при единичном и серийном характере производства. Причина их широкой популярности: высокая прочность форм и стержней без дополнительных операций, большой срок хранения, простой технологический процесс, надежная работа оборудования, не требуется высокой квалификации обслуживания, низкая стоимость жидкого стекла и простота его изготовления [2].

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 воздушной сушкой на воздухе, тепловой сушкой 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.

Пластичные самотвердеющие смеси готовят в две стадии. Сначала делают базовую смесь, состоящую из формовочного песка, глины, молотого угля, жидкого стекла и воды. Получается пластичная смесь с низкой прочностью на сжатие. В нее вводят отвердитель (феррохромовый шлак или др.) и перемешивают в лопастном смесителе. После чего направляют в опоку или стержневой ящик. Жидкое стекло и отвердитель взаимодействуют по всему объему формы, в результате чего смесь затвердевает. Жидкие самотвердеющие смеси имеют высокую текучесть, поэтому хорошо заливаются в опоку или стержневой ящик, после чего они самостоятельно застывают. Применение этих смесей позволяет использовать простое оборудование, повысить производительность труда, снизить энергетические затраты. Однако в последнее время данные смеси применяются все реже, так как они трудно и долго выбиваются из опок, имеют плохую податливость, очень трудоемки в процессе восстановления.

1.1.3 Песчано-смоляные смеси

В данных смесях связующим материалом являются синтетические смолы [3]. Песчано-смоляные смеси применяются в основном для оболочковых литейных форм и стержней. Они имеют ряд преимуществ перед песчано-жидкостекляными:

- легкое удаление стержней (они разрушаются при выбивке отливок из литейных форм на выбивной машине);
- 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.

В литейном производстве применяют плакированные и не плакированные песчано-смоляные смеси. В плакированных смесях смола покрывает тонкой пленкой зерна формовочного песка, что позволяет получить смеси с высокими механическими и технологическими свойствами. Для приготовления песчано-смоляных смесей применяют обогащенные кварцевые пески с содержанием глинистой составляющей не более 0,5 %, так как глина существенно увеличивает расход смолы и ухудшает ее свойства.

Песчано-смоляные смеси, в которых используются катализаторы, называются холодно твердеющие смеси. Изготовленные из них формы и стержни упрочняются непосредственно в технологической оснастке и не требуют тепловой обработки.

В настоящее время наибольшее распространение получили холодно-твердеющие смеси, в которых, в качестве катализаторов, применяют синтетические смолы.

1.1.4 Песчано-сульфитные смеси

Данные смеси характеризуется тем, что в качестве связующего материала в них используют сульфитно-дрожжевую бражку [4].

Застывание этих смесей осуществляется за счет тепловой обработки или за счет введения химических окислителей, вызывающих поликонденсацию лигносульфонатов и самостоятельное твердение. По сравнению с песчано-смоляными смесями они более экономичные, так как в их состав входит недорогой и недефицитный связующий материал и добавки. Применяют пластичные и жидкие песчано-сульфитные смеси.

Пластичные смеси используются для изготовления небольших стержней, упрочняемых в горячих ящиках, для чего в их состав вводят строительный гипс

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

или мылонафт, которые повышают прочность стержней, а также поливинилацетатную эмульсию для снижения гигроскопичности.

Температура нагрева стержневого ящика составляет от 230 до 280 °С, время отверждения от 60 до 120 секунд. Самоотвердеющая смесь с различными добавками легко уплотняется, поэтому изготовление литейных форм и стержней может быть осуществлено на вибрационных столах.

Жидкие песчано-сульфитные смеси применяют для изготовления форм и стержней. Упрочняют их за счет тепловой обработки и за счет введения в смесь химических реагентов, вызывающих самостоятельное твердение в процессе химической реакции. Продолжительность упрочнения смеси в технологической оснастке, нагретой до 300 °С, составляет от 60 до 90 секунд.

1.1.5 Песчано-цементные смеси

Песчано-цементные смеси применяют в основном для изготовления крупных литейных форм и стержней при единичном производстве [5].

В качестве связующего материала используют цемент в количестве от 7 до 10 %. 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. В состав смеси вводят специальные добавки, для ускорения затвердевания и улучшения выбиваемости такие, как патока, хлористый кальций, железный купорос. Песчано-цементные смеси относят к типу самоотвердеющих смесей. Применяют пластичные и жидкие смеси.

1.1.6 Песчано-масляные смеси

Песчано-масляные смеси применяют для изготовления ответственных стержней. Упрочнение стержней, изготовленных из этих смесей, осуществляют

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тепловой обработкой при температуре от 170 до 180 °С. В качестве связующего используется крепитель М, декстрин, пектиновый клей, крепители П, ПТ, ГТФ [3]. В состав песчано-масляных смесей также вводят добавки формовочной глины с целью повышения прочности стержней во влажном состоянии.

При изготовлении отливок на основе магния в состав смесей вводят специальные добавки (борная кислота, фтористая присадка), которые препятствуют процессу окисления сплава в литейной форме.

1.2 Процессы приготовления формовочных и стержневых смесей

Несмотря на наметившуюся тенденцию к распространению смесей на основе химически-твердеющих смол, объемы выпуска отливок с использованием песчано-глинистых смесей продолжают доминировать во всех промышленно развитых странах, особенно при массовом и крупносерийном производстве отливок их черных сплавов.

Качество смеси зависит от исходных материалов, процесса приготовления и типа смесеприготовительного оборудования.

При приготовлении формовочных смесей на основе глинистого связующего необходимо обеспечить равномерное смешивание всех компонентов смеси, чтобы обеспечить максимальное проявление связующих свойств глинистой составляющей. Смешение проводится до тех пор, пока масса материала не будет однородной. Равномерное распределение глинистой составляющей по поверхности зерен смеси достигается за счет обработки смеси в смесителе в течение определенного времени. Отработанная смесь при повторном использовании теряет часть кварцевой основы и связующего, поэтому требуется добавка свежего песка и связующего. Песок и связующее вводится в отработанную смесь в виде порошка, при этом связующее не обладает склеивающими свойствами. Они начинают проявляться, когда под действием влаги сухой порошок разбухает и образует структуру со связующими способностями.

Процесс приготовления песчано-глинистых смесей заключается в смешивании твердых и жидких составляющих. При этом поверхность частиц песка покрывается пленкой, связывающая между собой зерна песка, превращая их в единую систему сил сцепления между поверхностью зерен и пленкой связующего [2].

Песчано-глинистые смеси приготавливают в катковых, лопастных и роторных смесителях. Длительность перемешивания зависит от количества свежих компонентов, вводимых в смесь, главным образом, от количества молотой глины. Смесей, в которые в виде компонентов вводят оборотные смеси, требуют меньшей продолжительности перемешивания, так как в них глина достаточно распределена по поверхности зерен песка. Изменение прочности смеси связано с особенностями формирования глинисто-водных оболочек на зернах песка.

В начальный период перемешивания, когда влага в смеси находится в достаточном количестве, глинисто-водная оболочка на зернах песка имеет однородную структуру, при этом глинистые частички расположены параллельно друг другу и поверхностям песчинки. Такая структура оболочки способствует высокой прочности смеси в сухом состоянии. При более длительном перемешивании влага, содержащаяся в смеси, начинает интенсивно испаряться.

В связи с этим отдельные глинистые частички уже не могут располагаться параллельно друг другу, так как вода, находящаяся между ними, перестала играть роль смазки и способствовать их благоприятному расположению.

Перемешивание смеси в этих условиях приводит к тому, что глинистые частички в оболочке начинают располагаться хаотически. Такая структура придает глинисто-водным оболочкам после сушки хрупкость, а смесь имеет низкую прочность. При приготовлении песчано-глинистых смесей используют следующую последовательность ввода компонентов в смеситель: песок и отработанная смесь – связующее (перемешивание) – вода (перемешивание) – добавки (перемешиванием). При такой последовательности формирование

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 и пр. Песчано-жидкостекольные смеси в зависимости от их вида приготавливают в катковых и лопаточных смесителях. Для приготовления пластичных смесей, для получения форм и стержней по CO_2 - процессу производят в смесителях с вертикальными катками. Загрузка компонентов в смеситель происходит в следующей последовательности песок – глина (перемешивание) – щелочь (перемешивание) – жидкое стекло – добавки (перемешивание). Общая продолжительность перемешивания компонентов составляет от 6 до 8 минут. Специально проведенные исследования показали, что продолжительность перемешивания смеси после ввода жидкого стекла не должна превышать три 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].

Приготовление пластичных самотвердеющих смесей для форм и стержней производят в два этапа. Первый этап состоит в приготовлении так называемой базовой смеси (без добавки феррохромового шлака) в смесителях с вертикальными катками с последовательностью ввода компонентов, аналогичной последовательности ввода компонентов смесей для CO_2 - процесса.

Второй этап осуществляют непосредственно на участке изготовления форм и стержней. При этом в базовую смесь вводят добавку феррохромового шлака.

Жидкие самотвердеющие смеси приготавливают с помощью специальных установок (периодического и непрерывного действия), которые размещают непосредственно на участках изготовления форм и стержней. Конструкция этих установок обеспечивает последовательность перемешивания и раздачи смесей в опоки или стержневые ящики. Сухие компоненты смесей (песок,

феррохромовый шлак и молотый уголь) размещаются в отдельных бункерах. Жидкие компоненты (жидкое стекло и раствор едкого натра) заранее смешивают в отдельном баке и подают к установке в виде жидкой композиции. В смеситель установки с помощью дозаторов сначала вводят сухие компоненты, которые перемешивают в течение от 1,5 до 2,0 минут, а затем – жидкую композицию. Через три минуты после введения жидкой композиции смесь достигает оптимальных свойств и через питатель выпускается в опоку или стержневой ящик. Общая продолжительность приготовления таких смесей составляет от 4 до 6 минут.

В небольших количествах жидкие смеси готовят в шнековых смесителях барабанного типа (бетономешалках).

Песчано-смоляные смеси готовят в лопастных и шнековых смесителях. 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 участках изготовления стержней. Порядок введения компонентов в смеситель следующий: песок – добавки (перемешивание) – смола (перемешивание) – катализатор (перемешивание). После введения катализатора продолжительность перемешивания не должна превышать 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.

Приготовление жидких самотвердеющих смесей также производят в лопастных смесителях, расположенных на стержневых участках. Из жидких компонентов смеси (воды, катализатора и пенообразователя) готовят жидкую композицию, которую затем вводят в смесь. Порядок внесения компонентов в смеситель следующий: песок – жидкая композиция (перемешивание) – смола (перемешивание). Продолжительность перемешивания после введения жидкой композиции 30 секунд. Общая продолжительность перемешивания смеси около 2 минут.

1.3 Смесеприготовительное оборудование

Существует несколько типов литейных смесителей, которые по характеру работы можно разделить на две большие группы [6]: смесители периодического действия и смесители непрерывного действия.

В смесителях циклического действия материал перемешивается отдельными порциями (замесами). Каждая новая порция может быть загружена в смеситель лишь после выгрузки из него предыдущего замеса. Это позволяет регулировать длительность цикла перемешивания в зависимости от состава и назначения смеси. В смесях непрерывного действия загрузка, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно.

Современная смесеприготовительная установка должна решать следующие задачи:

- усреднение состава по объему формовочной смеси путем возможно более полного измельчения и перемешивания;
- обеспечение необходимой температуры формовочной смеси;
- равномерное покрытие всех зерен песка пленкой связующего;
- точная дозировка всех компонентов смеси;
- равномерное увлажнение смеси до необходимой величины, оптимальной по условиям формовки;

- обеспечение необходимого качества смеси;
- иметь высокую производительность.

1.3.1 Смешивающие бегуны

В смесеприготовительных установках применяют катковые смесители, наиболее популярные из которых смешивающие бегуны, представлены на рисунке 1.1. Они имеют неподвижную чашу 1 и два гладких катка 2, которые катятся по слою смешиваемого материала, загруженного в чашу, описывая круги вокруг центрального вертикального вала 3 и в тоже время вращающегося вокруг собственной оси 4. Между днищем чаши и катками имеется регулируемый зазор для предотвращения разрушения зерен песка [6].

При помощи плужков 5, 6 формовочные материалы перемешивают и направляют под катки. Готовый замес выгружается из смесителя через разгрузочное окно 7 в днище чаши.

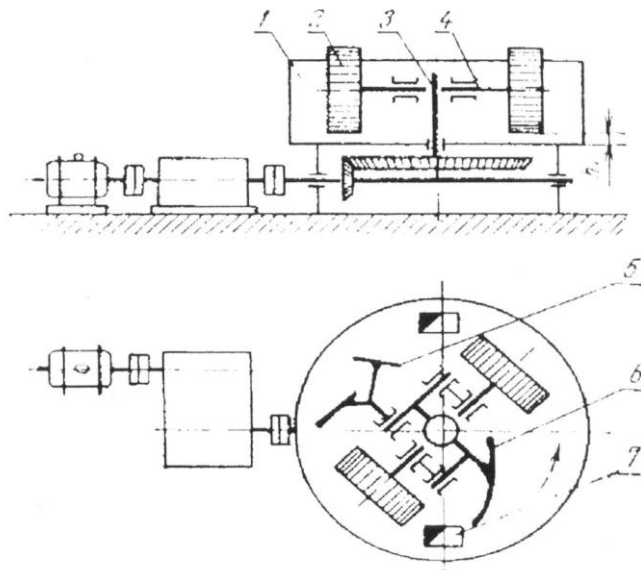


Рисунок 1.1 — Смешивающие бегуны: 1 – чаша, 2 – каток, 3 – вертикальный вал, 4 – ось, 5 – плужок левый, 6 – плужок правый, 7 – разгрузочное окно

Смешивающие бегуны бывают периодического и непрерывного действия. Смесители непрерывного действия имеют две или три чаши. Формовочные материалы в процессе перемешивания перемещаются из одной в другую, постепенно превращаясь в однородную массу.

1.3.2 Центробежные смесители.

Центробежные смесители, представленные на рисунке 1.2, имеют неподвижную чашу 5, ротор 4, вращающийся на вертикальном валу 1. На маятниках или кривошипах 3 смонтированы два или три катка 2, расположенных в горизонтальных плоскостях на разных уровнях. При вращении ротора катки под действием центробежных сил отклоняются к борту чаши 5. Благодаря ограничительному устройству катки, не доходят до соприкосновения с бортом на величину небольшого регулируемого зазора.

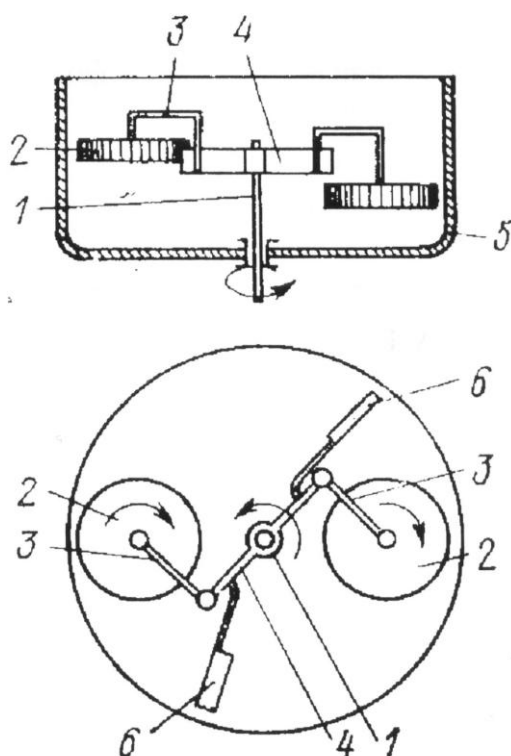


Рисунок 1.2 – Центробежный смеситель: 1 – вертикальный вал, 2 – каток, 3 – кривошип, 4 – ротор, 5 – чаша, 6 – лопатка

Составные части замеса, загруженные в смеситель сверху, сбрасываются с ротора центробежной силой в кольцевое пространство между ротором и бортом чаши. Далее они поднимаются со дна чаши при помощи плужков 6, укрепленных на роторе 4, число которых соответствует числу катков. Материал подгребается этими плужками и подается ими в виде струй или потоков, стелющихся по цилиндрическому борту чаши, под катки, которые проезжают по этим потокам.

Катки и цилиндрический борт чаши облицованы резиной. Смеситель продувается воздухом от вентилятора, что способствует охлаждению и удалению мелкой фракции из смеси [10].

Выдачу готового замеса производят через открывающуюся дверцу в борту чаши. Частота вращения ротора в три раза больше, чем вертикальный вал в смешивающих бегунов, поэтому продолжительность обработки в нем замеса значительно меньше. Так, для единой формовочной смеси цикл обработки, включая загрузку составных частей и выдачу замеса, составляет 1,5 минут, а для облицовочных и стержневых смесей – до 3 минут.

1.3.3 Лопастные смесители

Лопастной смеситель представляет собой закрытый корпус 3, в котором вращаются один или два горизонтальных вала 1 с укрепленными на них лопастями 2. Формовочные материалы загружают внутрь корпуса, где они с помощью винтообразных лопастей перемещаются как по окружности, так и вдоль корпуса смесителя. Активное движение материалов приводит их равномерному состоянию. В смесителях периодического действия формовочные материалы перемешаются только по окружности, поднимаясь лопастями вверх. Готовая смесь выгружается либо путем поворота корпуса, либо через днище. Конструкция лопастного смесителя показана на рисунке 1.3.

В смесителях непрерывного действия загруженные материалы и смесь непрерывно перемещаются вдоль горизонтального вала, причем компоненты смеси загружаются в начале смесителя (зона увлажнения), а окончательное

перемешивание происходит в его конце, ближе к выгрузочному отверстию (зона влажного перемешивания).

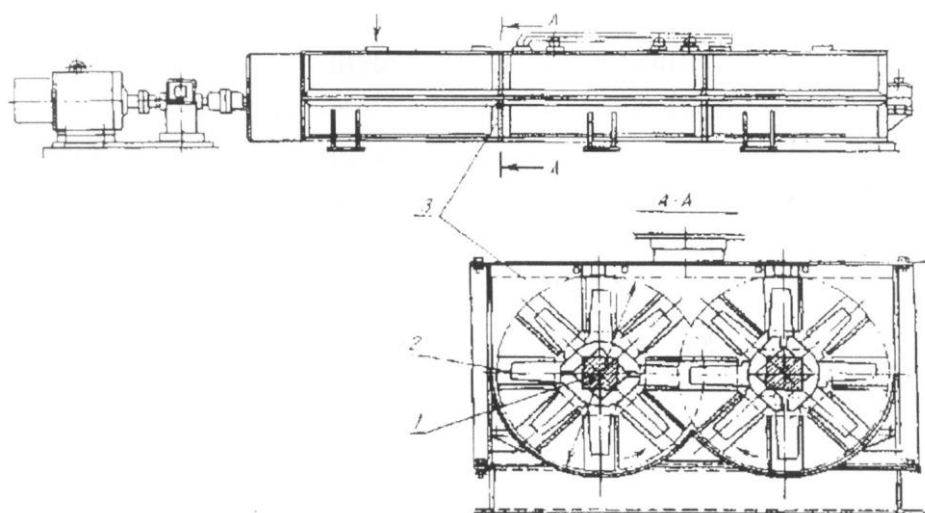


Рисунок 1.3 – Лопастной смеситель: 1 – вал, 2 – лопасть, 3 – корпус

Формовочная смесь, приготовленная в лопастном смесителе, получается невысокого качества. По этому лопастные смесители не получили широкого распространения и применяются преимущественно для приготовления наполнительных смесей, а также для приготовления жидких и текучих смесей .

В тоже время у этих смесителей есть ряд достоинств: простота конструкции и надежность работы, низкая энергоемкость и высокая производительность, небольшие габариты и не требуют постоянного внимания в процессе эксплуатации. Непрерывность действия смесителей позволяет автоматизировать весь комплекс смесеприготовительных операций.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ

Лист

25

1.3.4 Специальные смесители

Смесители с вращающейся чашей и одним или несколькими катковыми агрегатами, расположенными сверху над чашей.

Пример такой компоновки смесителя периодического действия приведен на рисунке 1.4.

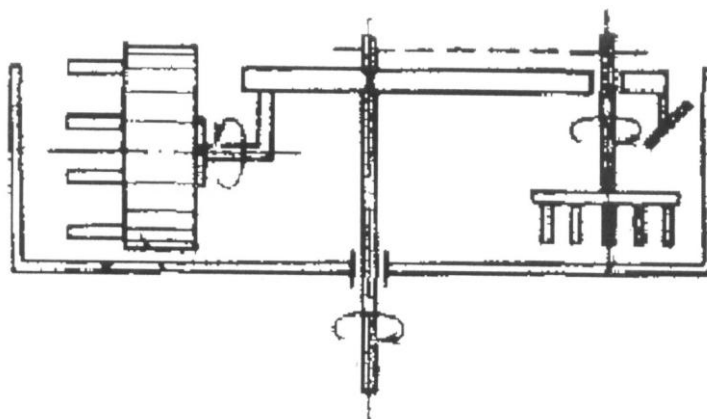


Рисунок 1.4 – Смеситель с одним катком и рыхлителем

Смешивающее действие активизируется, но конструкция значительно усложняется. На этом же принципе были основаны также смесители непрерывного действия со спиральной траекторией движения смеси по дну чаши, от борта, где происходит загрузка, до центра, где она разгружается из чаши через отверстие вниз [7].

Широкого применения смесители этой группы не получили.

Смесители с неподвижной чашей. Катки можно заменять или в смеситель дополнительно устанавливать пропеллерные перемешивающие агрегаты, располагая их над чашей или на центральном вертикальном валу машины. Пример приведен на рисунке 1.5. На центральном валу вращаются три радиальные лопасти со сменными скребками, перемешивающими смесь и над чашей, кроме того, смонтированы два пропеллерных (звездчатых) приводных агрегата.

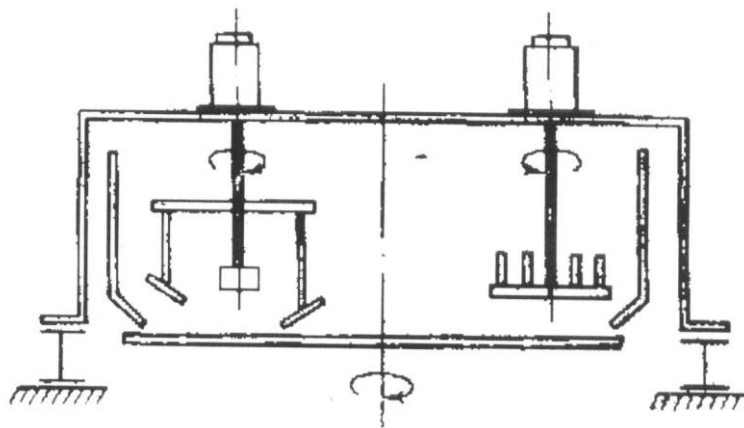


Рисунок 1.5 – Смеситель с двумя мешалками

На центральном валу вращаются два башмака, посаженных на изогнутых пружинах. Башмаки центробежной силой прижимаются к борту чаши и оказывают перемешивающее и перетирающее действие на смесь.

1.3.5 Роторные смесители

Задачей любого смесителя является не только перемешивание формовочного песка, но и обеспечение интенсивного движения всех зерен по отношению друг к другу, так чтобы при одновременном равномерном увлажнении тонкая фракция равномерно обволакивала бы все зерна.

Выполнение этого требования очень сложно, если учесть что порция в 1 т песка содержит около 50 миллиардов зерен с общей площадью поверхности более 10000 м².

Только если эта операция обволакивания выполняется быстро и эффективно, смеситель может удовлетворять требованиям, предъявляемым к нему в настоящее время.

Это весьма успешно достигается в роторном смесителе [8]. Конструкция роторного смесителя, изображенная на рисунок 1.6, состоит из днища 1 (подвижного или неподвижного), роторной системы 2, чаши 3, лопастей.

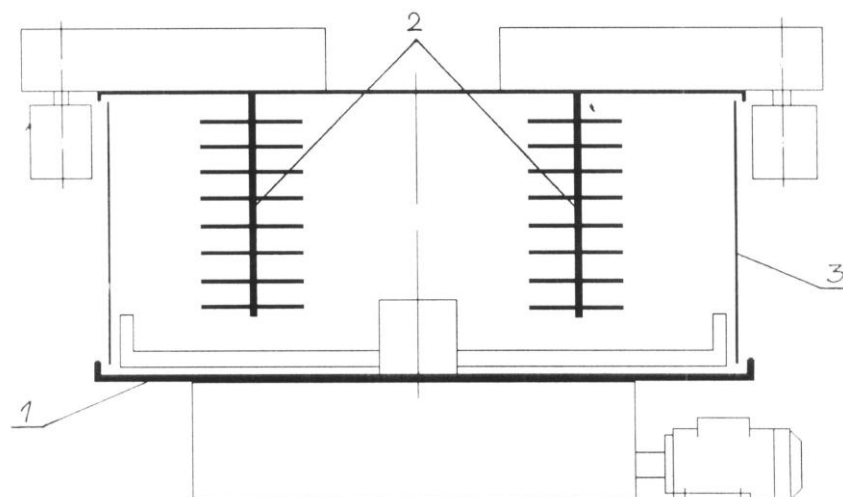


Рисунок 1.6 – Роторный смеситель: 1 – днище, 2 – роторная система, 3 – чаша

Перемешивание компонентов происходит под действием быстровращающегося ротора с лопатками, трения между смесью и контактной поверхностью чаши и днища. С помощью лопаток смесь подается в зону вращения ротора. В результате высокоскоростного перемешивания компонентов получается высокая степень однородности распределения связующего по объему смеси, что обеспечивает ее прочность, а аэрация делает смесь пушистой, т. е. хорошо формуемой. При этом процесс перемешивания происходит быстро (время в 3 раза меньше, чем в смешивающих бегунах), что обеспечивает высокую производительность [9].

1.4 Качество поверхности отливок

Качеству литой поверхности уделяют все больше внимания, поскольку она во многом определяет качество и свойства отливок. Улучшив чистоту поверхности, можно резко повысить точность отливок, сократить трудоемкость очистных работ, улучшить обрабатываемость, уменьшить припуски на обработку резанием и более полно использовать достоинства литой поверхности.

Формирование поверхности отливок – сложный процесс, определяемый условиями заполнения, охлаждения и затвердевания жидкого металла, усадочными явлениями, физико-химическим взаимодействием металла и его окислов с поверхностью формы, газовым режимом и термическими напряжениями, возникающими в форме [12]. В результате этого процесса образуется литая поверхность с той или иной степенью шероховатости и возможны поверхностные дефекты отливок.

Поверхности литых заготовок можно разделить на два типа: поверхности, которые формируются в процессе заполнения формы и начальной стадии затвердевания металла и более или менее полно отображают поверхность формы и не покрыты трудноотделимым пригаром; поверхности, формирующиеся в процессе отделочных работ (очистки, обрубки, вырубки, заварки и зачистки дефектных мест). Качество поверхностей второго типа определяется принятой технологией очистки и исправления дефектов литья.

Качество поверхности отливки в целом оценивают по степени шероховатости поверхности и наличию поверхностных дефектов в виде неотделимого пригара, наростов, окислов и т. п. Шероховатость поверхности отливок оказывает влияние на прочностные свойства, сопротивление истиранию, коррозионной стойкости и товарный вид заготовок. С увеличением шероховатости все перечисленные показатели качества отливок ухудшаются. Если литые изделия предназначены для работы в потоке газов или жидкостей, то состояние литой поверхности является решающим фактором, так как от качества

поверхности зависят производительность и долговечность машин (турбин, вентиляторов, насосов и пр.).

Точность отливки определяется как степень приближения размеров, формы, расположения элементов и параметров качества поверхностей отливки к соответствующим заданным параметрам детали [13].

Она зависит от различных технологических фактов:

- влияние модельной оснастки;
- извлечение моделей из форм;
- деформация форм и стержней в процессе сушки и транспортировании;
- сборочные операции (формы);
- деформация форм и стержней при заливке;
- усадка металла;
- коробление отливок при литье и термообработке.

Таким образом, почти на 60 % точность отливок зависит от качества и точности геометрии формы. Это можно получить путем: повышения точности элементов литейной формы; уменьшения количества элементов формы; разработки и внедрения конструкций форм и оснастки, при которых отклонения отдельных элементов не приводили бы к суммарной ошибке.

При получении отливок в разовую песчаную форму, ее качество поверхности и точность зависит во многом от свойств формовочной смеси. Поэтому в данной работе проведены исследования влияния типа формовочной смеси и технологии ее приготовления (вид смесеприготовительного оборудования) на качество литой заготовки.

1.5 Цели исследования

Анализ литературных источников показал, что песчано-глинистые формовочные смеси самые популярные в литейном производстве, а роторные смесители наиболее перспективный вид смесеприготовительного оборудования, так как имеют ряд существенных преимуществ: высокую производительность, высокое качество приготавливаемой смеси, возможность приготовления различных типов формовочных и стержневых смесей. Однако неизвестно, как влияет на качество отливки формовочная смесь, приготовленная в роторном смесителе, в отличие от смеси, приготовленной в катковом смесителе.

Целью данной работы являются:

- исследование технологического процесса приготовления смеси на роторном смесителе;
- уточнения конструктивно-технологических параметров процесса;
- определение влияния формовочной смеси, приготовленной в роторном смесителе, на качество литейной формы;
- определение влияния формовочной смеси на качество поверхности отливки;
- определение влияния формовочной смеси на точность отливки;
- определение влияния формовочной смеси на структуру сплава отливки и механическую твердость.

2 Методика экспериментальных исследований

Экспериментальные работы проводились в лабораториях Пензенского государственного университета на кафедре «Сварочное, литейное производство и материаловедение».

2.1 Оборудование и материалы для исследования динамического процесса приготовления формовочных смесей

Для проведения экспериментальных исследований разработан роторный смеситель на базе смешивающих бегунов модели 018 М, показанный на рисунке 2.1 и рисунке 2.2. Основанием роторного смесителя является сварная рама 1, выполненная из уголков, на которой крепятся основные узлы и механизмы. На раме жестко крепится днище 2 с разгрузочным окном 3. На днище крепится чаша 4, изготовленная из листовой стали толщиной 2 мм.

На чашу устанавливается съемная крышка 5, выполненная также из листовой стали толщиной 2 мм. Соединение крышки и чаши осуществляется с помощью быстросменных захватов. Для предотвращения выброса смеси из рабочей зоны смесителя на крышке установлен трубчатый уплотнитель. На раму крепится кронштейн 6, на котором установлен роторный механизм 7.



Рисунок 2.1 – Лабораторный роторный смеситель

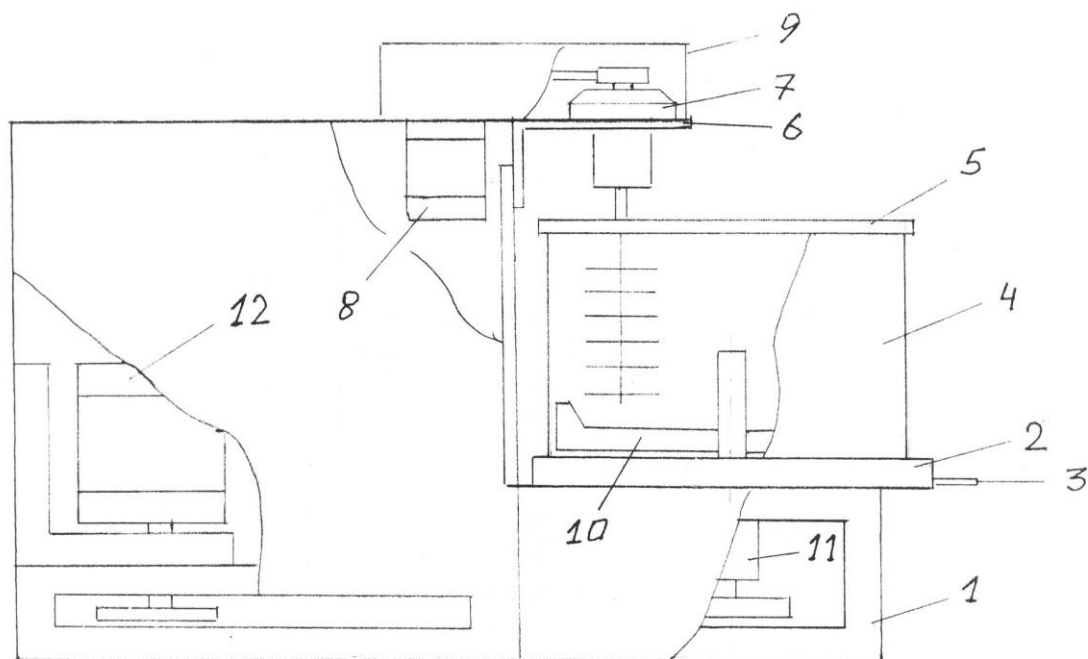


Рисунок 2.2 – Конструкция роторного смесителя: 1 – рама, 2 – днище, 3 – разгрузочное окно, 4 – чаша, 5 – крышка, 6 – кронштейн, 7 – роторный механизм, 8 – электродвигатель, 9 – кожух, 10 – плужки, 11 – ступица, 12 – электродвигатель

На валу устанавливаются сменные лопадки, которые выполнены из износостойкой стали, так как работают в агрессивной среде и подвержены интенсивному износу.

Ротор приводится во вращение электродвигателем 8 с помощью ременной передачи. Сверху передаточный механизм закрыт кожухом 9.

На днище снизу крепится ступица 11, в котором вращается вертикальный вал с двумя плужками 10. Плужки имеют возможность регулировки угла наклона относительно днища. Вал приводится в движение ременной передачей с помощью электродвигателя 12, с возможностью регулировки частоты вращения вала.

При работе установки плужки и ротор вращаются в разные стороны, что способствует более интенсивному перемешиванию смеси. Роторный механизм, показанный на рисунке 2.3, состоит из ступицы 1, вала 2, шкивов 4, подшипников 3 и крышек 5.

Роторный смеситель является смесителем периодического действия. Загрузка компонентов смеси осуществляется через верхнюю крышку. Разгрузка через окно при открывании задвижки 3.

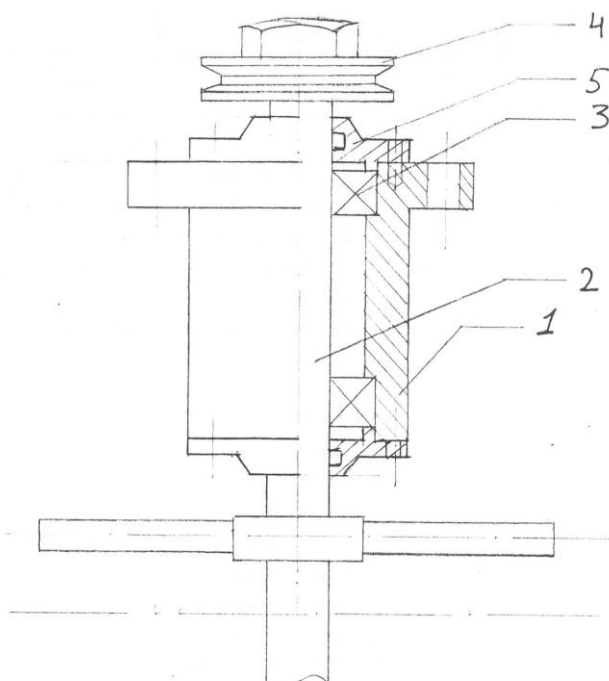


Рисунок 2.3 – Роторный механизм: 1 – ступица, 2 – вал, 3 – подшипник, 4 – шкив, 5 – крышка

2.2 Оборудование, приборы и оснастка

Для сравнения приготавливали формовочную смесь в лабораторных смешивающих бегунах модели 018 М.

Взвешивание материалов до 0,2 кг осуществлялось на технических аптечных весах модели ВА – 4, до 5 кг на настольных весах модели ВТЦ–10, до 50 кг на напольных весах модели ВТ–50. Время перемешивания формовочных материалов и работы оборудования фиксировалось с помощью секундомера.

Критерием оценки качества полученной смеси являлась сырая прочность на сжатие, газопроницаемость, текучесть смеси. Сырую прочность на сжатие определяли на универсальном приборе марки модели 084М2, на котором можно определять прочность на сжатие в широком диапазоне для различных смесей.

Проводилось это следующим образом [17]. Брали навеску готовой смеси (160 грамм) непосредственно после ее приготовления и на лабораторном копре модели Т.У 2 изготавливали стандартный образец (диаметр и высота 50 мм.). Устанавливали в прибор и в соответствии с указаниями инструкции определяли прочность. Газопроницаемость смеси определяли по стандартной методике [17] на приборе. Изготавливали стандартный образец на лабораторном копре. Формовочную смесь помещали в металлическую гильзу и уплотняли тремя ударами копра. Стандартный образец устанавливали в прибор модели 042 для испытания газопроницаемости. Через образец пропускали 0,002 м³ воздуха, который проходит через отверстие в канале диаметром 1,5 мм. Величину газопроницаемости отсчитывали по шкале, установленной на приборе.

Текучесть получаемой смеси определяли по методу Г.М.Орлова [6]. Навеску смеси 160 г. помещали в гильзу, представленную на рисунке 2.4, и изготавливали образец на копре тремя ударами груза. Замеряли поверхностную твердость твердомером модели HF 02 в точках 1 и 2, и по формуле определяли текучесть [6]:

$$T = T_1 : T_2 \cdot 100, \quad (1)$$

где T_1 и T_2 - поверхностная твердость смеси соответственно в точках 1 и 2, ед.

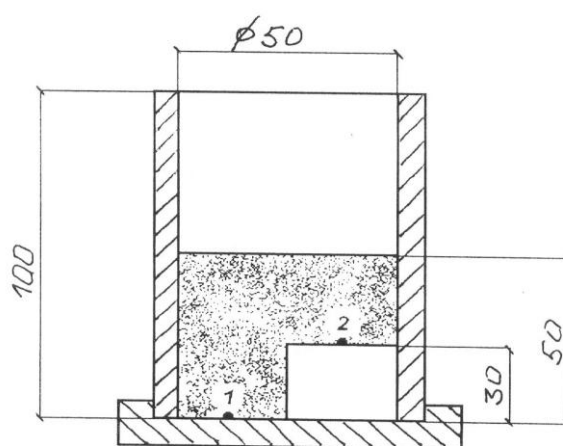


Рисунок 2.4 – Стандартная проба для определения текучести смеси

Влажность смеси фиксировали следующим образом [17]. Три навески смеси по 50 грамм высушивали в течение трех минут на приборе для

ускоренного определения влажности модели 062М, используя лучистую энергию лампы. Содержание влаги определяли по разнице массы образца до и после сушки.

Для определения комковатости получаемой смеси был разработан классификатор из набора сит, представленный на рисунке 2.5. Верхнее сито имеет ячейку 0,015 м, нижнее – 0,01 м. На сито загружали 1,5 кг смеси и подвергали вибрации в течение 10 секунд. После чего замеряли массу комков на верхнем, нижнем сите и на поддоне.

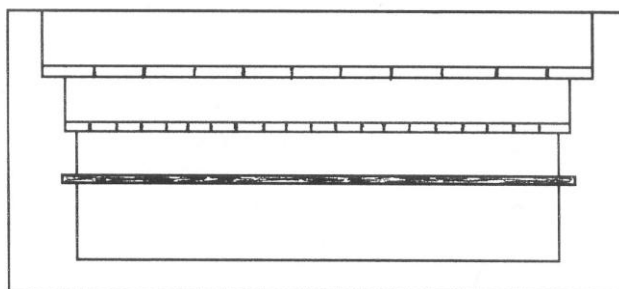


Рисунок 2.5 – Классификатор

Шероховатость поверхности отливок определяли качественным методом по ГОСТ 278 – 973 [22], основанным на сравнении исследуемой поверхности с эталоном. Эталоны шероховатости представляют собой набор плиток с заранее установленным значением шероховатости. Шероховатость исследуемой поверхности отливки сравнивали с эталоном путем визуального сопоставления и ощущений, полученных при ощупывании сравниваемой поверхности и эталона.

Для исследования влияния формовочных смесей использовали модельные комплекты, представленные на рисунках 2.6 - 2.8 [25]:

- модель №1 для определения качества уплотнения литейной формы;
- модель №2 для определения качества поверхности и размерной точности отливки;
- модель №3 для определения структуры сплава.



Рисунок 2.6 – Модель №1



Рисунок 2.7 – Модель №2



Рисунок 2.8 – Модель №3

Плавку сплава осуществляли на электрической плавильной печи сопротивления модели СШОЛ 60/12, температуру жидкого расплава фиксировали с помощью термопары типа ТХК [19]. Структуру сплава изучали с помощью микроскопа модели Мим – 7, твердость определяли на твердомере модели ТК – 2 [23].

2.3 Материалы

Для приготовления формовочных и стержневых смесей использовали формовочные материалы [17]:

- кварцевый песок марки 2К₁ О₃ 02 [24];
- бентонит ТУ 4191 – 001– 5856178 – 02;
- отработанная смесь из литейной лаборатории ПГУ кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение»;
- вода производственная ГОСТ 25151 – 82 [27].

Результаты экспериментальных исследований процесса приготовления формовочных смесей на роторном смесителе постоянно сравнивали с данными процесса приготовления таких же смесей на смешивающих бегунах модели 018М [20].

С целью получения достоверных результатов эксперименты проводились не менее 3 раз.

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Экспериментальные исследования

3.1 Исследование технологического процесса приготовления смесей на роторном смесителе

Технологический процесс приготовления песчано-глинистых формовочных и стержневых смесей производится в два этапа: 1 этап – этап сухого перемешивания формовочных материалов, 2 этап – этап влажного перемешивания, когда в равномерно распределенный состав формовочных материалов добавляется вода или суспензия [1].

Для установки оптимальных параметров технологического процесса приготовления формовочной смеси на роторном смесителе, определяли время перемешивания формовочных материалов на первом и втором этапах. Для определения оптимального времени перемешивания формовочных материалов в сухом состоянии (первый этап) брали навеску сухого светлого кварцевого песка и навеску темной отработанной смеси массой 1,5 килограмма. Загружали обе навески в роторный смеситель и перемешивали. Через каждые 5 секунд смеситель отключали и визуально определяли равномерность перемешивания (в процентах).

Аналогичным образом определяли равномерность перемешивания материалов в смешивающих бегунах. Результаты экспериментов приведены в таблице 3.1 и показаны на рисунке 3.1.

Степень перемешивания формовочных материалов в сухом состоянии на роторном смесителе достигается гораздо быстрее, чем в смешивающих бегунах.

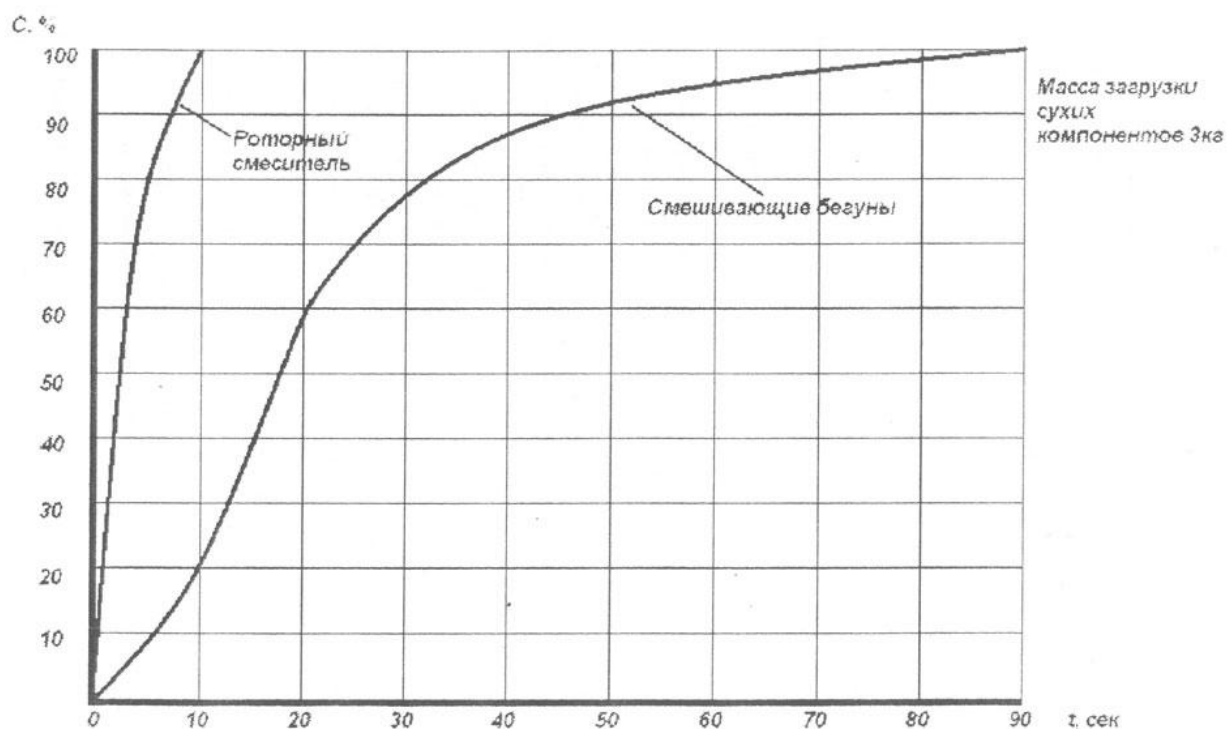


Рисунок 3.1 – Степень перемешивания формовочных материалов в сухом состоянии на роторном смесителе и смешивающих бегунах.

Таблица 3.1 – Изменение степени перемешивания в течении времени

Время, с		5	10	20	30	60	90
Степень перемешивания %	Смешивающие бегуны	15	30	60	75	90	100
	Роторный смеситель	80	100				

Необходимое время для полного перемешивания (100 процентов) компонентов в роторном смесителе необходимо до 10 секунд, на смешивающих бегунах 90 секунд, что в 9 раз больше. Вызвано это высокой скоростью перемещения всех частиц по объему чаши. Высокая равномерность

распределения связующего среди кварцевой основы – залог получения качественной смеси.

Исследования второго этапа процесса проводили при приготовлении конкретной смеси, которая применяется в литейном производстве при получении алюминиевых и чугуновых отливок [20].

Состав единой формовочной смеси приведен в таблице 3.2, влажность смеси 4 процента.

Таблица 3.2 – Состав формовочной смеси

№ п/п	Наименование компонента	Количество компонента*	
		%	кг
1	Отработанная смесь	92	2,75
2	Кварцевый песок	5	0,15
3	Бентонит	3	0,09

* Масса замеса 3 кг.

В сухом состоянии компоненты в роторном смесителе перемешиваются (первый этап) в течение 10 секунд. После этого в смеситель добавили воду в количестве 120 миллилитров. В процессе перемешивания через каждые 10 секунд смеситель останавливали и определяли сырую прочность смеси на сжатие и газопроницаемость. По этапам замеряли с помощью прибора потребляемую мощность привода смесителя. Аналогичным образом проводили эксперименты на смешивающих бегунах, только первый этап длился 60 секунд, а второй 180 секунд и замеры проводили через 20 секунд. Результаты экспериментов приведены для роторного смесителя в таблице 3.3 и для смешивающих бегунов в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Изменение прочности на сжатие и газопроницаемости формовочной смеси при перемешивании на роторном смесителе

Время, с	1 этап	2 этап					
	10	20	30	40	50	60	70
$\sigma_{см} \cdot 10^5$, Па	-	0,38	0,48	0,45	0,49	0,5	0,52
Газ, ед.	-	563	507	467	417	417	417

Таблица 3.4 – Изменение прочности на сжатие и газопроницаемости формовочной смеси при перемешивании на смешивающих бегунах

Время, с	1 этап	2 этап							
	60	80	100	120	140	160	180	200	240
$\sigma_{см} \cdot 10^5$, Па	-	0,25	0,35	0,36	0,37	0,36	0,41	0,4	0,41
Газ, ед.	-	290	341	358	376	376	376	398	398

График изменения прочности на сжатие и газопроницаемости формовочной смеси при перемешивании в роторном смесителе и смешивающих бегунах представлен на рисунке 3.2.

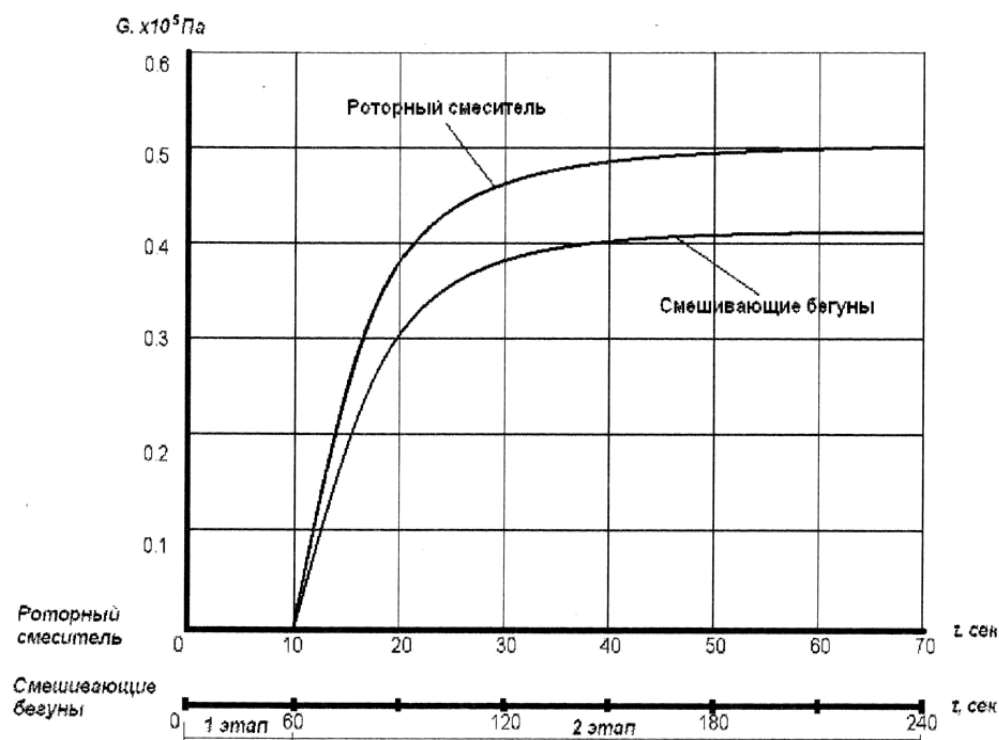


Рисунок 3.2 – Изменение прочности на сжатие и газопроницаемости формовочной смеси при перемешивании на роторном смесителе и смешивающих бегунах.

При изготовлении формовочной смеси в роторном смесителе наблюдается быстрое нарастание ее сырой прочности смеси и уже через 20 секунд второго этапа она достигается высокого значения. В дальнейшем прочность плавно увеличивается и становится стабильной уже через 50 секунд, при этом газопроницаемость по мере перемешивания снижается с 563 до 417 ед. и уже через 40 секунд не изменяется. На основании этого можно утверждать, что оптимальное время второго этапа составляет от 40 до 60 секунд в зависимости от состава смеси. Текучесть приготовленной смеси составила при значениях поверхностной твердости ($T_2 = 34, 37, 40$ ед., $T_1 = 71, 72, 73$ ед.) составила $T = 51 \%$.

На смешивающих бегунах прочность повышается медленно и стабильной становится только через 180 секунд, а газопроницаемость возрастает с 240 до 400 ед. Текучесть смеси составила при значениях поверхностной твердости

($T_2 = 25; 25; 26$ ед $T_1 = 68; 73; 74$ ед) $T = 36 \%$. Таким образом, при использовании одинаковых исходных формовочных материалов, в роторном смесителе время перемешивания в 3 раза меньше, чем в смешивающих бегунах. При этом полученная смесь имеет лучшие свойства:

- в роторном смесителе – $\sigma_{сж} = 0,52 \cdot 10^5$ Па, $\Gamma = 420$ ед., $T = 51 \%$;
- в смешивающих бегунах – $\sigma_{сж} = 0,41 \cdot 10^5$ Па, $\Gamma = 400$ ед., $T = 36 \%$.

Таким образом, технологический процесс приготовления песчано-глинистой формовочной и стержневой смеси проводится следующим образом. В смеситель засыпают сухие формовочные материалы и перемешивают от 5 до 10 секунд в зависимости от процентного содержания компонентов (чем однороднее, тем меньше). Далее заливаем воду в количестве от 3 до 4 % и перемешиваем влажные материалы в течение 50 секунд. После чего готовую смесь выгружаем из смесителя.

Формовочные и стержневые смеси в зависимости от технологической необходимости имеют различную влажность. Поэтому необходимо определить влияние влажности смеси на работу роторного смесителя и качество получаемой смеси. В чашу роторного смесителя засыпали сухие формовочные материалы общей массой 3 кг (состав представлен в таблице 3.2). Время сухого перемешивания составляло 10 секунд. Второй этап проводили при добавлении определенного количества воды: 1 – 90 мл (3 %); 2 – 120 мл (4 %); 3 – 150 мл (5 %). Осуществляя процесс перемешивания 60 секунд, через каждые 20 секунд определяли потребляемую мощность M , сырую прочность G и газопроницаемость Γ . Результаты приведены в таблице 3.5 и рисунке 3.3.

Таблица 3.5 – Влияние влажности смеси на технологические параметры

Время, с	20			40			60		
Влажность, %	M	σ	Γ	M	σ	Γ	M	σ	Γ
3	1,63	0,67	340,0	1,6	0,8	360,0	1,5	0,82	360,0
4	1,71	0,58	310,0	1,63	0,62	315,0	1,6	0,68	330,0
5	1,8	0,38	260,0	1,71	0,39	290,0	1,63	0,43	290,0

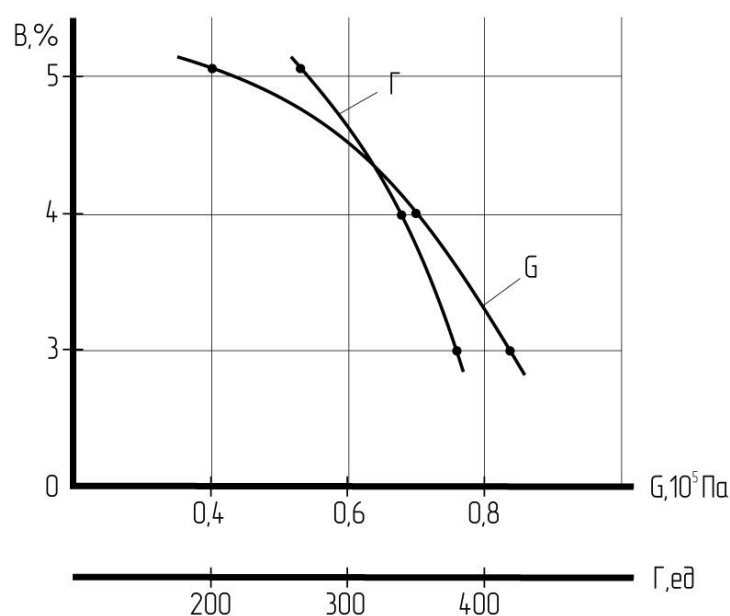


Рисунок 3.3 – Влияние влажности на параметры смеси

Оптимальное значение влажности находится в пределах от 3 до 4 %, что обеспечивает максимальную прочность на сжатие и газопроницаемость формовочной смеси.

3.2 Влияние формовочной смеси на качество уплотнения литейной формы

Влияние формовочной смеси, приготовленной в роторном смесителе и смешивающих бегунах, на качество уплотнения определяем в литейных формах (опоки 400 – 350 – 120 мм), уплотненных на формовочной машине модели 91271 чистым прессованием при давлении воздуха под поршнем в $6 \cdot 10^5$ Па [10]. Высота модели составляет 80 мм, а ширина «кармана» – 30, 40, 50 мм. После уплотнения форму разрезали ножовочным полотном и измеряли твердость смеси по высоте «кармана» формы твердомером мод. HF02 через 30 мм. Распределение твердости по высоте формы, уплотненной из разных смесей показано на рисунке 3.4.

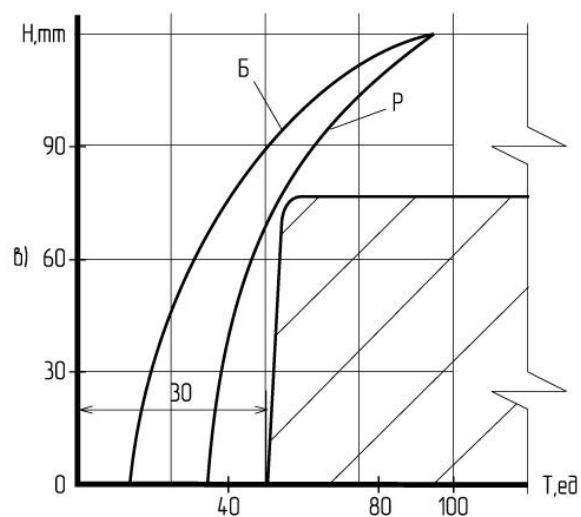
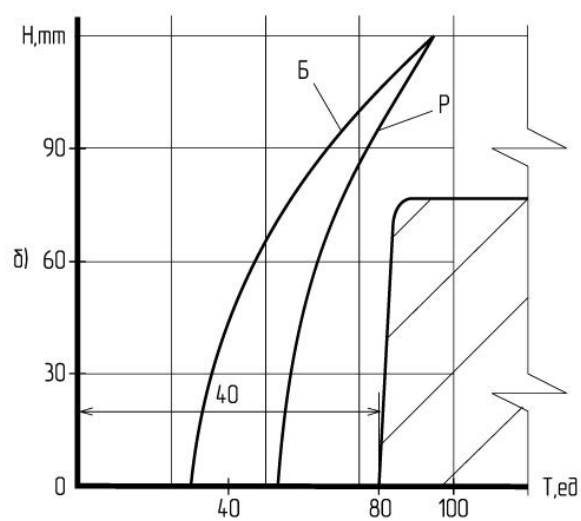
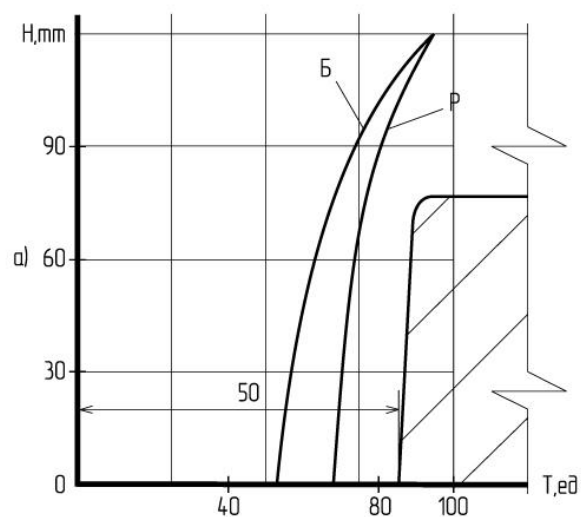


Рисунок 3.4 – Распределение твердости смеси по высоте формы в зависимости от ширины «кармана»: а) – ширина 50 мм; б) – 40мм; в) – 30мм

Результаты экспериментов показали, что смесь, приготовленная в роторном смесителе, уплотнилась лучше и более равномерно по высоте формы. Верхние слои формы уплотнились одинаково (твердость 85 ед.) при использовании формовочной смеси из роторного смесителя (Р) и смешивающих бегунов (Б), но в «кармане» формы наблюдается отличие. При этом, чем хуже условия для уплотнения (уже «карман» формы), тем разница больше. Это доказывает, что смесь имеет более высокую текучесть и способна уплотняться даже в узких и труднодоступных местах формы, позволяя повысить ее металлоемкость.

3.3 Влияние формовочной смеси на чистоту поверхности отливки

Шероховатость поверхности отливок зависит от множества факторов: от зерновой основы смеси, способа уплотнения, параметров отливки, противопригарного покрытия, типа сплава, металлического давления, температуры сплава и прочее. В экспериментах все технологические и конструктивные параметры были одинаковыми, кроме параметров формовочной смеси, приготовленной на роторном смесителе и смешивающих бегунах. Формовочную смесь уплотняли на формовочной машине чистым прессованием в опоках 400 – 350 – 120 мм при давлении воздуха в поршне $6 \cdot 10^5$ Па. Схема расположения образцов в литейной форме представлена на рисунке 3.5.

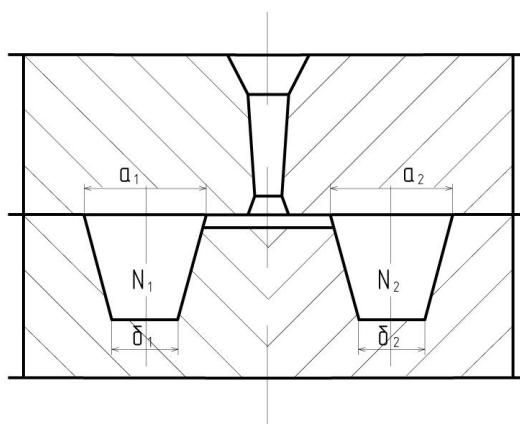


Рисунок 3.5 – Размещение отливок в литейной форме

Образец №1 уплотнялся в смеси из роторного смесителя, а №2 – из смешивающих бегунов. На рабочую поверхность форму покрытия не наносили. В форму заливали сплав АК5М [14], расплавленный в плавильной печи модели СШОЛ 60/12, при температуре 720 °С. После затвердевания и охлаждения отливки извлекали из формы. Сначала визуально оценивали состояние поверхности отливок. На поверхности отливки №2 прилипшей формовочной смеси было больше, чем на поверхности отливки №1. После этого поверхности отливок промывали водой и очищали волосяной щеткой с целью определения шероховатости. Шероховатость исследуемых поверхностей оценивали сравнением с эталоном по ГОСТ 2789–73 [22] путем визуального сопоставления и сопоставления ощущений, полученных при ощупывании сравниваемой поверхности и эталона. Отливки представлены на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Отливки

Результаты показали, что поверхность отливки №1 имеет 2 – 3 класс шероховатости по ГОСТ 2789 – 73, а поверхность отливки №2 – 1 – 2 класс. Что подтверждает лучшие качества смеси, приготовленные в роторном смесителе. Объясняется это получением более плотной упаковки смеси при уплотнении и

гладкой рабочей поверхности формы, что препятствовало проникновению жидкого сплава в поры смеси.

3.4 Влияние формовочной смеси на точность отливки

Точность отливки является важным фактором эффективности литейного производства, так как это позволяет снизить припуск на механическую обработку и обеспечить оптимальное потребление сплава. При изготовлении отливок в разовых песчаных формах на точность геометрических размеров влияет: модельный комплект, сборка формы, искажение размеров формы и стержней (например, при сушке), формовочные и стержневые смеси, изменения формы при заливке сплавом и прочее [13].

Изготовление отливок для определения точности размеров определялось по методике, представленной в главе 3.3 и на рисунке 3.5. В полученных отливках с помощью штангенциркуля измеряем размер a_1 и a_2 , b_1 и b_2 и сравниваем с номинальным (предполагаемым) размером отливок. Результаты представлены в таблице 3.6. Среднее отклонение размеров в отливки №1 составляет в пределах от 0,2 до 0,4 мм или 0,5 %, а в отливки №2 – от 0,4 до 0,7 мм или 0,9 %. Отклонения размеров отливки, полученной в формовочной смеси из каткового смесителя a_2 и b_2 больше, чем из роторного смесителя a_1 и b_1 , как показано на рисунке 3.7.

Таблица 3.6 – Размер отливок

Параметр		Размер отливок, мм	Средний размер, мм	Отклонение размеров.	
Обозначение	Размер, мм			мм	%
a_1	80	80,4-80,3-80,4-80,5	80,4	0,4	0,5
a_2	80	80,3-80,8-81-80,7	80,7	0,7	0,9
b_1	40	40,1-40,3-40,2- 40,2	40,2	0,2	0,5
b_2	40	40,1-40,2-40,4- 40,6	40,4	0,4	1

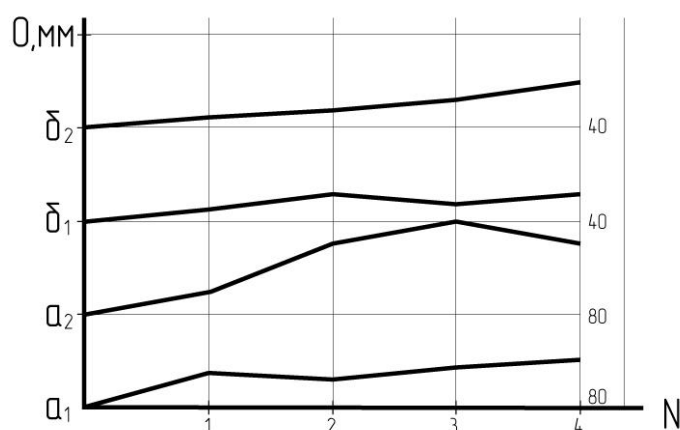


Рисунок 3.7 – Распределение отклонения отливок

Что объясняется более низкой сопротивляемостью смеси гидродинамическому давлению во время заливки сплавом формы. При этом разница в отклонениях размеров α_1 и α_2 значительно больше ($\alpha_1 = 0,4$; $\alpha_2 = 0,7$), чем δ_1 и δ_2 ($\delta_1 = 0,2$; $\delta_2 = 0,4$), так как в этих участках формы разница плотности смеси значительно больше, а значит и возможна деформация.

На основании результатов экспериментов можно сделать вывод, что использование формовочной смеси из роторного смесителя обеспечит более стабильный результат точности отливок.

3.5 Влияние формовочной смеси на структуру сплава

Для исследования использовали алюминиевый сплав АК5М2 [14], который имеет химический состав: Al – основа; Si – 4 – 5,5 %; Mg – 0,35 – 0,6 %;

Cu – 1–1,5 % и следующие механические свойства:

- предел прочности при растяжении 120 МПа;
- относительное удлинение 0,5 %;

Сплав относится ко второй группе марок литейных алюминиевых сплавов, в которых имеются вспомогательные легирующие элементы (Si, Cu, Mg), способствующие изменению структуры сплавов – образованию

интерметаллидов. Это позволяет использовать различные методы упрочнения и улучшать физико-механические свойства. Наибольшее распространение в производстве нашли сплавы Al – Si и Al – Si – Mg, которые имеют хорошие технологические свойства. Литейные свойства обеспечиваются наличием в сплавах большого количества дойной эвтектики Al + Si (от 40 до 75 %) каркасно-матричного типа, основой которого является – твердый раствор, что обуславливает высокую жидкотекучесть сплава, низкую литейную усадку и пониженную склонность к образованию горячих трещин. При увеличении количества эвтектики в сплавах уменьшается склонность к образованию микрорыхлот, что повышает герметичность отливок.

Технологические свойства [26] сплава АК5М:

- температура плавления 550 °С;
- температура кристаллизации 600 – 580 °С;
- температура литья 690 – 760 °С;
- линейная усадка 1 %;
- жидкотекучесть 355 мм;
- свариваемость и коррозионностойкость – хорошая;
- склонность к газовому насыщению – высокая.

Сплав получали в электрической плавильной печи сопротивления модели СШОЛ – 60\12. Состав шихты [15]:

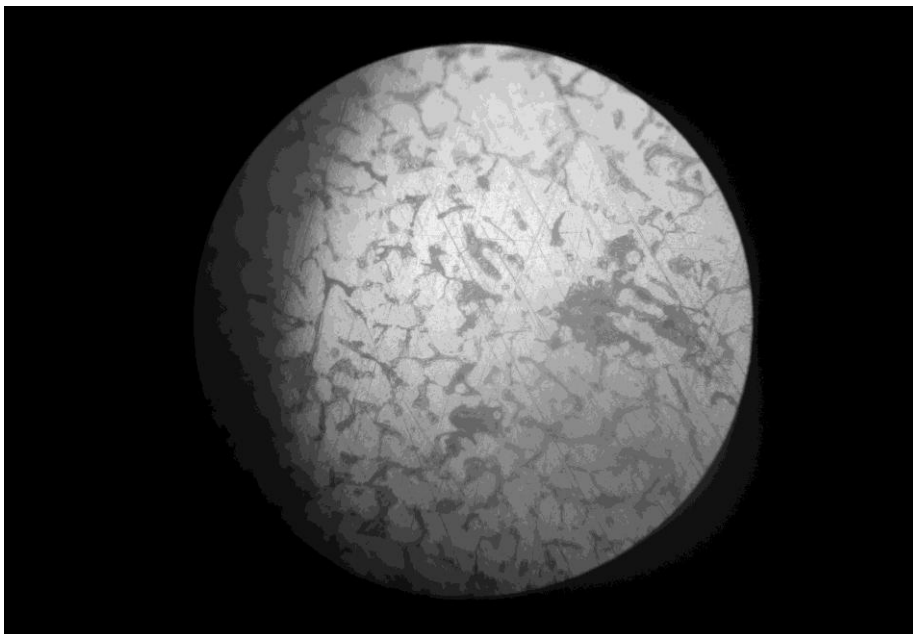
- чушковый алюминий АК5М2 (ГОСТ 1583 – 93) – 8 %;
- возврат – 44 %;
- лом алюминиевый – 48 %.

Образцы отливок получали в литейной форме, часть которой изготавливали из формовочной смеси от роторного смесителя, а часть от смешивающих бегунов. Форму уплотняли прессованием при давлении воздуха 0,6 МПа. Заливку жидкого сплава осуществляли при температуре 720 °С. После выбивки формы из специальных образцов, представленных на рисунке 3.8, изготавливали шлифы по специализированной методике [16] для определения структуры сплава.

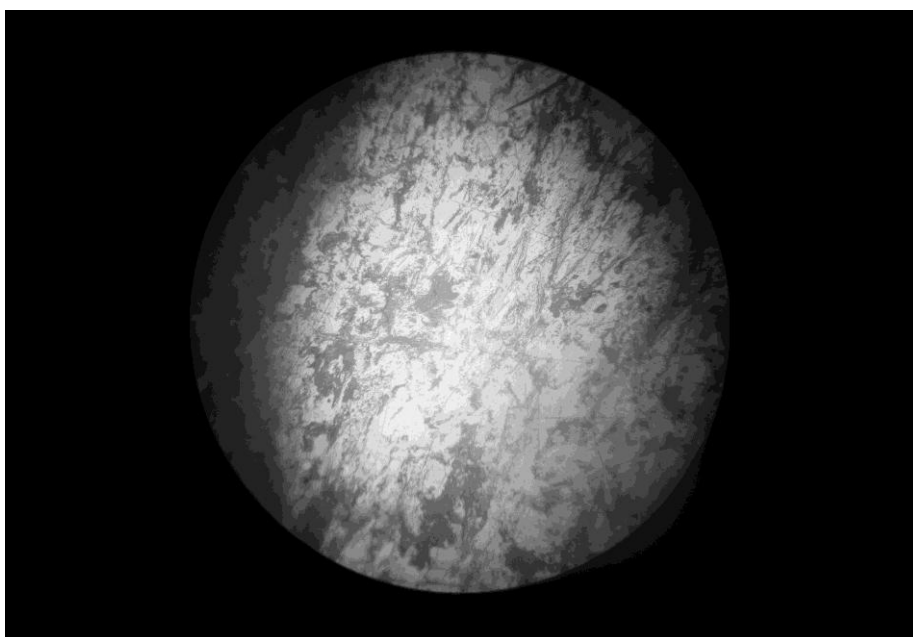


Рисунок 3.8 – Образцы для определения структуры сплава

На рисунке 3.9 представлены структуры сплава отливки полученной с использованием формовочной смеси из роторного смесителя и смешивающих бегунов. Структура в обоих образцах состоит из эвтектики твердого раствора и кристаллов чистого кремния. Помимо мелкокристаллической эвтектики наблюдаются первичные кристаллы мягкой пластичной фазы (растворимые медь и магний в алюминии). Процесс кристаллизации сплава протекает в узком температурном интервале и идет сплошным фронтом от стенок отливок к внутренним частям отливки, что вызывает образование между первичными кристаллами мелкозернистой эвтектики. В структуре сплава отливки из смеси роторного смесителя зерна имеют более округлую и однородную форму, при этом равномернее распределены по объему отливки. В сплаве из смеси смешивающих бегунов наблюдается игольчатая форма зерен, что снижает пластические свойства сплава, и видны темные пятна, свидетельствующие о низкой плотности металла в этих местах, что снижает твердость сплава. Так результаты замеров твердости на приборе ТК – 2 показали, что твердость сплава отливки из смеси роторного смесителя составляет *HRB 42* (замеры – 45, 36, 40, 47), из смеси смешивающих бегунов *HRB 38* (замеры – 36, 26, 44, 46).



а)



б)

Рисунок 3.9 – Структура алюминиевого сплава отливки: а) – из формовочной смеси роторного смесителя; б) – из формовочной смеси смешивающих бегунов

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Анализ технической информации показал, что песчано–глинистые формовочные смеси самые популярные в литейном производстве, а роторные смесители наиболее перспективный вид смесеприготовительного оборудования, так как имеют ряд существенных преимуществ: высокую производительность, высокое качество приготавливаемой смеси, возможность приготовления различных типов формовочных и стержневых смесей. Однако неизвестно, как влияет на качество отливки формовочная смесь, приготовленная в роторном смесителе, в отличие от смеси, приготовленной в катковом смесителе.

Разработана конструкция лабораторного роторного смесителя на базе смешивающих бегунов модели 018М для проведения экспериментальных исследований. Исследования показали следующие результаты:

- определены оптимальные параметры процесса приготовления песчано-глинистой смеси на роторном смесителе;
- литейная форма, изготовленная из формовочной смеси роторного смесителя имеет более высокую плотность, равномерно распределенную по объему формы;
- поверхность отливки, полученной в смеси из роторного смесителя имеет 2–3 класс шероховатости по ГОСТ 2789 – 73, а поверхность отливки в смеси смешивающих бегунов – 1 – 2 класс;
- отклонения размеров отливки, полученной в формовочной смеси из смешивающих бегунов составило 0,9 %, а в роторном смесителе 0,5 %;
- в структуре сплава отливки из смеси роторного смесителя зерна имеют более округлую и однородную форму, при этом равномернее распределены по объему отливки. Это положительно сказывается на механических свойствах отливки;
- твердость сплава отливки из формовочной смеси роторного смесителя больше (*HRB 42*), чем из смеси смешивающих бегунов (*HRB 38*), что обеспечит лучшие эксплуатационные свойства.

Список литературы

1 Технология литейного производства. Литье в песчаные формы [Текст]: учебник / Трухов А.П., Сорокин Ю.А., Ершов М.Ю., Благодоров 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 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: ДГТУ, 2012. - 25 с.

6 Аксенов, П.Н. Оборудование литейных цехов [Текст]: учеб. для вузов / П.Н. Аксенов. - М.: Машиностроение, 1997. - 510 с.

7 Смеситель для приготовления формовочной смеси [Текст]: пат. 2243055 Рос. Федерация: МПК В 22 С5/04 / Афонасьев А.Г. и др.; заявитель и патентодержатель Рыбинск, Рыбинск. госуд. авиационная техн. Академия; заявл. 06.06.2000; опубл. 27.12.2004. Бюл N 15. - 3 с. ил.

8 Смеситель для приготовления формовочной смеси [Текст]: пат. 2284875 Рос. Федерация: МПК В 22 С5/04 / Бех Н.И. и др.; заявитель и патентодержатель Москва, ЗАО «Литиформ»; заявл. 27.04.2005; опубл. 10.10.2006. Бюл N 21. - 3 с. ил.

9 Смеситель [Текст]: пат. 2151020 Рос. Федерация: МПК В 22 С5/04 / Зуев М.П. и др.; заявитель и патентодержатель ОАО «ГАЗ»; заявл. 10.01.1999; опубл. 20.06.2000. Бюл N 9. - 3 с. ил.

10 Оборудование литейных цехов [Текст]: методич. указание / С.Н. Казанцев, А.В. Семушкин, Н.В. Стешкина - Пенза, из-во ПГУ, 2011 - 51 с.

11 Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства [Текст]: А.И. Горский - М.: Машиностроение, - 1978. - 551 с.

12 Покрытие литейных форм [Текст] / А.А Сварика. - М.: Машиностроение, - 1977. - 216 с.

13 Точность отливок [Текст]: труды совещания по теории литейных процессов; под ред. Б.Б. Тулчева - М.: Машиностроение, - 1960. - 208 с.

14 Сплавы алюминиевые литейные. Технические требования [Текст]: ГОСТ 1583-93. - Введ. 1997-01-01. - М.: Издательство стандартов, 2003. - 24 с.: ил.

15 Цветное литье [Текст]: справочник / Н.М. Галдин [и др.]. - М.: Машиностроение, 1989. - 528 с.

16 Материаловедение [Текст]: метод. указания к лаб. работам / В.С. Барабашин [и др.]. - Пенза: Изд-во ПГТУ, 1997. - 42 с.

17 Формовочные материалы [Текст]: метод. указ. к выпол. лаб. работ/О.Н. Голотенков [и др.]. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. - 71 с.

18 Пески формовочные. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 2138-91. Введ. 1993 - 01 - 01. - М.: Стандартиформ, 2005.- 25 с.: ил.

19 Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении [Текст]: В.М Воздвиженский [и др.]. - М.: Машиностроение, - 1984. - 432 с.

20 Формовочные и стержневые смеси [Текст]: Ю.Ф. Боровский [и др.]. - Л.: Машиностроение, - 1980. - 86 с.

21 Справочник по литейному оборудованию [Текст]: В. Я. Сафронов. - М.: Машиностроение, - 1985. - 320 с.

22 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики [Текст]: ГОСТ 2789-73. - Введ. 1975 - 01 - 01. - М.: Стандартиформ, 2005.- 27 с.: ил.

23 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю [Текст]: ГОСТ 9012-59. - Введ. 1960 - 01 - 01. - М.: Стандартиформ, 2007.- 30 с.: ил.

24 Пески формовочные. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 2138- 91. - Введ. 1993 - 01 - 01. - М.: Стандартиформ, 2005. -7 с.

25 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размера [Текст]: ГОСТ 3212-92. - Введ. 1993 - 07 - 01. - М.: Изд - во стандартов, 2004. - 28 с.: ил.

26 Процессы технологические литейного производства. Термины и определения [Текст]: ГОСТ 18169-86. - Введ. 1987 - 01 - 07. - М.: Изд- во стандартов, 1986. -12 с.

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

					<i>ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ</i>	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А

					ПГУ. ВКР.22.03.01.12МТ119. ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		