

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

И. Б. Одарченко, И. Н. Прусенко

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной формы обучения**

Гомель 2017

УДК 621.742./743(075.8)
ББК 34.612я73
О-40

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 23.02.2016 г.)*

Рецензент: декан машиностр. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Г. В. Петришин*

Одарченко, И. Б.

О-40 Формовочные материалы : практикум по выполнению лабораторных работ по од-
ноим. курсу для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного
производства» днев. формы обучения / И. Б. Одарченко, И. Н. Прусенко. – Гомель : ГГТУ
им. П. О. Сухого, 2017. – 70 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ;
32 Мб RAM ; свободное место на HDD 16 Мб ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat
Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит 6 лабораторных работ, включающих краткие теоретические сведения, перечень лабо-
раторного оборудования, методику и порядок проведения исследований, протокол испытаний и ре-
зультаты обработки исследований, перечень контрольных вопросов.

Для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»
дневной формы обучения.

УДК 621.742./743(075.8)
ББК 34.612я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2017

Лабораторная работа 1

Качественный и количественный анализ кварцевых формовочных песков

Цель работы: Ознакомиться с характеристиками и свойствами зернового состава кварцевых формовочных песков, с устройством и принципом работы лабораторного оборудования. Изучить методику и получить практические навыки определения гранулометрического состава методом ситового анализа, глинистой составляющей методом отмучивания, определения марки формовочных песков, а также микроскопической оценки зерен формовочных песков.

Краткие теоретические сведения

Основные эксплуатационные свойства формовочных песков определяются характеристиками зернового и химико-минералогического состава.

Зерновой (гранулометрический) состав формовочных песков определяется размером, характером распределения, формой, характеристикой поверхности зерен песка (песчинок).

Размер (крупность) зерен природных песков изменяется от 0,05 до 2,5 мм, при этом грубые пески (фракции 063, 1, 1,6, 2,5) в литейном производстве не применяются, так как они образуют шероховатую поверхность отливок. Согласно с действующим ГОСТом 2138-91 зерновой состав кварцевых формовочных песков делится на 5 групп: 03, 025, 02, 016, 01 с соответствующим размером зерен (таблица 1). Для крупных отливок следует применять более крупный песок группы 03, так как он обеспечивает более высокую газопроницаемость и огнеупорность формовочных смесей. Песок группы 025, 02 рекомендуется для мелкого и среднего литья из чугуна и стали. Мелкий и очень мелкий пески групп 016 и 01 применяются при изготовлении тонкостенных чугунных и стальных отливок, а также отливок из цветных сплавов.

Характер распределения зерен в формовочных песках отражает долевое соотношение частиц различного размера в общем объеме песка. При этом выделяют пески с рассредоточенной и сосредоточенной зерновой структурой. В песках с сосредоточенной зерновой структурой основную массу песка (не менее 70 %) составляют крупные и средние фракции.

составляют частицы близкие по размеру (3 смежных сита). Такие пески характеризуются высокой однородностью гранулометрического состава и формируют высокие эксплуатационные свойства формовочных и стержневых смесей.

Пески с рассредоточенной зерновой структурой характеризуются низкой однородностью гранулометрического состава. В них нельзя выделить значительную массу зерен близких по размеру. Такие пески формируют более низкие эксплуатационные свойства формовочных и стержневых смесей, в сравнении с сосредоточенной зерновой структурой.

Форма зерен песка оказывает существенное влияние на формирование прочностных и газопроводящих свойств формовочных и стержневых смесей, которые меняются в зависимости от степени уплотнения.

Согласно ГОСТ 2138-91, по форме частиц, различают зерна округлой, полуокруглой и угловатой формы. Степень округлости зерна зависит от химико-минералогического состава и характера происхождения песков, а также от величины зерен. Более полная характеристика формы зерна включает степень его сферичности и склонности к остроугольности. При этом шероховатость и чистота поверхности зерен песка могут быть различными: гладкой, шероховатой, чистой или покрытой оболочкой другого вещества, что оказывает существенное влияние на формирование прочности сцепления связующего вещества между зернами огнеупорного наполнителя.

Химико-минералогический состав формовочных песков определяется, главным образом, видом и долей основного порообразующего вещества (кварц, корунд, циркон, магнезит и др.), химической формулой минерала, количеством и видом содержащейся в них примесей.

Наиболее широкое применение в литейном производстве нашли кварцевые пески, которые используются для получения отливок мелкого развеса из чугунов, сталей и цветных сплавов. Не кварцевые высокоогнеупорные пески применяют при получении средних и крупных отливок из чугунов и сталей, а также отливок любого развеса из легированных черных сплавов.

В кварцевых формовочных песках доля основного порообразующего – кварца составляет 90–98 %. Соответственно 2–10% составляют вредные примеси: слюда, полевые шпаты, окислы

железа и щелочноземельных металлов. Все примеси имеют более низкую температуру плавления или термической деструкции, в сравнении с кварцем, и, образуют с ним легкоплавкую эвтектику, что снижает огнеупорность песков. Примеси сообщают пескам ту или иную окраску. Химический состав примесей влияет на общий химический состав песка.

Примеси в кварцевых формовочных песках с размером зерна менее 20 микрон принято называть глинистой составляющей. Частицы такого размера по сути являются вредным балластным компонентом в формовочных смесях, ухудшающим прочностные и газопроводящие свойства смесей. Поэтому доля таких частиц в формовочных песках регламентируется ГОСТ 2138–91 и для кварцевых песков она не должна превышать 2%.

В зависимости от массовой доли глинистой составляющей формовочные пески подразделяют на кварцевые (К) и глинистые (тощие (Т) и жирные (Ж)) (ГОСТ 2138–91). Кварцевые и тощие формовочные пески подразделяют на группы в зависимости от массовой доли глинистой составляющей, диоксида кремния, коэффициента однородности и среднего размера зерен, жирные – от предела прочности при сжатии во влажном состоянии и среднего размера зерна.

Тощие и жирные глинистые пески применяют для изготовления песчано-глинистых формовочных смесей при производстве неотчетственных чугуновых отливок. Для изготовления стальных отливок глинистые пески использовать нельзя, так как в них содержится большое количество легкоплавких примесей, приводящих к образованию газовых дефектов, а также пригара на поверхности отливки.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

Установка для взбалтывания, прибор для определения зернового состава песка (рис. 2), технические весы, сушильный шкаф с терморегулятором, обеспечивающий температуру нагрева до 200 °С, стеклянный сосуд емкостью 1000 см³ (рис. 1), мензурка, химический стакан емкостью 1000 см³, смывалка, сифонная трубка, две фарфоровые чашки, стеклянная палочка, часовое стекло для взвешивания, лист глянцевой бумаги, кисточка, щипцы, 1 %-ный водный раствор NaOH или 2 %-ный водный раствор пиррофосфата

натрия, исследуемый песок, микроскоп или бинокулярная лупа с увеличением 6-30^x, прибор для определения газопроницаемости, гильза для определения газопроницаемости песков в сухом состоянии, капер лабораторный.

Методика и порядок проведения исследований

1. Определение содержания глинистой составляющей методом отмучивания.

От пробы песка отбирают две навески массой по 50 г каждая. Первую навеску помещают в кварцевую чашу и высушивают при температуре 105–110°C, затем помещают в эксикатор до охлаждения.

Вторую навеску помещают в сосуд, приливают 475 см³ воды и 25 см³ раствора пирофосфата натрия 10 г/дм³. Сосуд плотно закрывают пробкой, устанавливают на лабораторную мешалку и взбалтывают в течение 1 ч. После этого сосуд снимают с мешалки, открывают пробку, тщательно сливают водой глину с пробки в сосуд. Затем доливают водой до метки на высоте сосуда 150 мм, перемешивают палочкой и дают отстояться в течение 10 мин. Сливают воду до уровня 12 мм от поверхности осадка с помощью U-образной трубки (рис. 1).

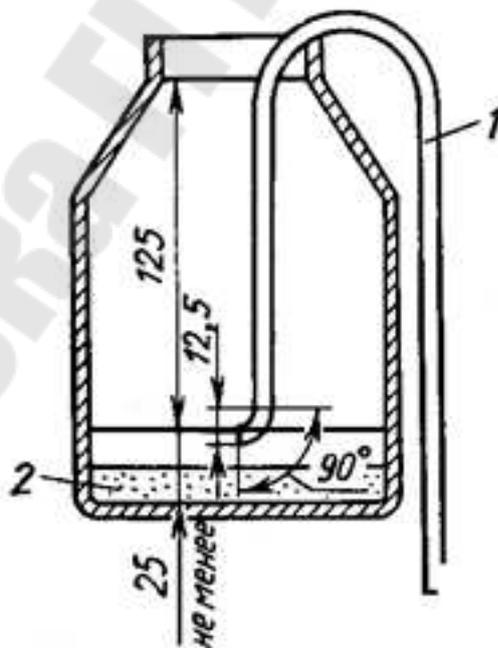


Рисунок 1 – Сосуд с сифоном

Операцию отмучивания повторяют два раза. При образовании хлопьев в верхнем слое смеси их удаляют. Для этого конец U-

образной трубки помещают в верхней части слоя хлопьев и осторожно удаляют их в слив. Сосуд в третий раз доливают водой до того же уровня, смесь перемешивают палочкой и дают отстояться 5 мин. Затем вновь сливают воду. Отмучивание повторяют до тех пор, пока вода в сосуде после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной. Осадок из сосуда количественно переносят в кварцевую чашу, отстаивают в течение 5 мин, воду сливают, осадок высушивают при температуре 105–110°C, Затем помещают в эксикатор для охлаждения. Далее обе навески переносят в муфельную печь и прокаливают при температуре 1000°C в течение 1 ч. Затем песок охлаждают, взвешивают с точностью до 0,01 г. и массовую долю глинистой (X, %) составляющей в песке определяют расчетным образом.

2. Определение зернового состава песчаной основы.

Зерновой состав формовочного песка определяют с помощью ситового анализа. Оставшуюся после отмучивания навеску 50 г (песчаную основу) подвергают рассеиванию на специальном приборе (рис. 3).



Рисунок 2 – Анализатор ситовый

Сначала проверяют чистоту сит и собирают комплект па их номерам. Под самое нижнее сито № 005 ставят поддон. На верхнее

сито № 2,5 насыпают испытуемый песок, стопку сит накрывают крышкой, устанавливают и укрепляют их на поддоне прибора. Включают электродвигатель и производят рассеивание в течение 15 мин. Затем прибор останавливают, снимают сита с поддона, удаляют крышку. Остатки песка на каждом из сит отдельно высыпают на глянцевую бумагу; при этом тщательно прочищают дно и стенки сита мягкой кисточкой. Песок, оставшийся на каждом сите при просеивании, называется фракцией. Основной фракцией исследуемого песка считается наибольшая сумма остатков на трех последовательно расположенных ситах. Каждый из остатков взвешивают с точностью до 0,01 г. и полученные результаты оформляют в таблицу 5, производят соответствующие расчеты.

3. Определение марки формовочного песка

Марка формовочных песков определяется в соответствии с ГОСТ 2138-91 на основании данных полученных по содержанию глинистой составляющей и характеристике зерновой основы.

Кварцевые пески (табл. 1) содержат до 2,0% глинистой составляющей.

Таблица 1 – Группы кварцевых песков

Группа	Массовая доля глин. сост., % не более	Группа	Массовая доля SiO ₂ , % не менее	Группа	Коэфф. однородности, %	Группа	Средний размер зерна, мм
1	0,2	K ₁	99	O ₁	св. 80	01	до 0,14
2	0,5	K ₂	98	O ₂	70-80	016	0,14-0,18
3	1	K ₃	97	O ₃	60-70	02	0,19-0,23
4	1,5	K ₄	95	O ₄	50-60	025	0,24-0,28
5	2	K ₅	93	O ₅	до 50	03	св. 0,28

Пример, 2K₁O₃O₂ (ГОСТ 2138-91) – кварцевый формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей от 0,2 до 0,5 %, массовой долей диоксида кремния не менее 99 %, коэффициентом однородности от 60 до 70 % и средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм.

Тощие пески (табл. 2) содержат от 2,0 до 12,0% глинистой составляющей и делят на 3 группы с содержанием массовой доли диоксида кремния от 90 до 96%.

Таблица 2 – Группы тощих песков

Группа	Массовая доля глин. сост., % не более	Группа	Массовая доля SiO ₂ , % не менее	Группа	Коэфф. однородности, %	Группа	Средний размер зерна, мм
1	4	Т ₁	96	О ₁	св. 80	01	до 0,14
				О ₂	70-80	016	0,14-0,18
2	8	Т ₂	93	О ₃	60-70	02	0,19-0,23
				О ₄	50-60	025	0,24-0,28
3	12	Т ₃	90	О ₅	до 50	03	св. 0,28

Пример, 2Т₂О₂025 (ГОСТ 2138-91) – тощий формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей не более 8 %, массовой долей диоксида кремния не менее 93 %, коэффициентом однородности от 70 до 80 % и средним размером зерна от 0,24 до 0,28 мм.

Жирные пески (табл. 3) содержат от 12,0 до 50,0% глинистой составляющей.

Таблица 3 – Группы жирных песков

Группа	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, МПа	Группа	Средний размер зерна, мм
Ж ₁	св. 0,08	01	до 0,14
		016	0,14-0,18
Ж ₂	0,05-0,08	02	0,19-0,23
		025	0,24-0,28
Ж ₃	До 0,05	03	св. 0,28

Пример, Ж₂016 (ГОСТ 2138-91) – жирный формовочный песок с пределом прочности при сжатии во влажном состоянии от 0,05 до 0,08 МПа и средним размером зерна от 0,14 до 0,18 мм.

4. Проведение микроскопической оценки зерен формовочных песков

Метод исследования формы зерен основан на визуальном определении. Испытание проводят на одной пробе. Для проведения испытания применяют микроскоп или бинокулярную лупу с

увеличением 6-30^x. От песка или смеси отбирают вручную пробу для испытаний, состоящую из 15 зерен. Зерна помещают на предметное стекло и исследуют в проходящем свете под микроскопом или лупой. Форму зерен устанавливают по наибольшему количеству зерен, принадлежащих к одному виду по ГОСТ 2138—91 (табл. 4).

Таблица 4 – Группы кварцевых песков в зависимости от формы зерен

Группа	Коэффициент угловатости, не более ед.
Округлая	1,1
Полуокруглая	1,25
Угловатая	1,4

Природные зёрна песка по характеру поверхности можно разделить на 8 групп: гладкую матовую – углубления на поверхности незаметны при среднем увеличении; гладкую полуматовую – углубления на поверхности незаметны даже при большом увеличении; гладкую блестящую – совершенно гладкую; шероховатую матовую – вся поверхность зерна покрыта незначительными углублениями, заметными при увеличении в 10 – 20 раз; шероховатую полуматовую – вся поверхность зерна покрыта незначительными точечными углублениями, заметными при увеличении в 40 – 60 раз; шероховатую блестящую – на совершенно гладкой поверхности отдельные шероховатости; ноздреватую – поверхности зерна более или менее равномерно покрыты небольшими углублениями, т.е. бугристая поверхность; кавернозную – на зерне наблюдается одно или несколько значительных углублений (каверн). Ноздреватость и каверзность можно рассматривать как изъяны поверхности зёрен.

Дают полную характеристику формы зерна с учетом его угловатости и сферичности (рис. 3), параллельно производят оценку поверхности зерна песка, наличие налипших примесей. Полученные данные оформляют в таблицу, производят необходимые расчеты.

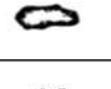
Сферичность ↓	Высокая угловатость	Угловатые	Приближенные к угловатым	Приближенные к округлым	Округлые	
0,9						Высокая сферичность
0,7						Сферичные
0,5						Средняя сферичность
0,3						Низкая сферичность
Угловатость →	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	

Рисунок 3 – Классификация зерен песка по форме

5. Определение коэффициента угловатости и теоретической удельной поверхности зерна песка

Метод основан на определении коэффициента угловатости зерен песка по соотношению истинной и теоретической удельных поверхностей (ГОСТ 29234.12-91).

Из пробы песка, отобранной и подготовленной по ГОСТ 29234.0, изготавливают образцы в специальной металлической гильзе, собранной без сетки, на лабораторном копре трехкратным ударом груза. Высота образцов должна быть $(50 \pm 0,8)$ мм и контролируется тремя рисками, нанесенными на станине и штоке копра. Гильзу с утрамбованным образцом снимают с копра, снимают надставку и удаляют избыток песка. Устанавливают сетку со стороной ячейки 0,10 мм и прикрывают гильзу надставкой, после чего вынимают подставку.

Гильзу с образцом устанавливают на прибор для определения газопроницаемости и проводят измерение. За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух определений. При этом очень низкая газопроницаемость формовочных песков составляет $30-100 \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$, низкая – $100-200 \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$, средняя – $200-350 \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$, высокая $350-550 \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$, очень высокая – более $550 \text{ м}^2/\text{Па} \times \text{с}$.

По полученным результатам испытания производят расчет фактической удельной поверхности песка, теоретической удельной поверхности песка, коэффициента угловатости.

Протокол испытаний и результаты обработки исследований

Массовую долю глинистой составляющей (X) в песке определяют по методике 1.

Остаточную массу первой навески (X_1) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{[M - (M_1 - M_2)]}{M} \times 100 \quad (\%) \quad X_1 =$$

где M – масса навески смеси, г; M_1 – масса чашечки с навеской до прокаливания, г; M_2 – масса чашечки с навеской после прокаливания, г

Остаточную массу второй навески (X_2) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_2 = \frac{m_1}{M} \times 100 \quad (\%) \quad X_2 =$$

где m_1 – масса смеси после удаления глинистых частиц и прокаливания, г.

Массовую долю глинистых частиц (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = |X_1 - X_2| \quad (\%) \quad X =$$

где X_1 – остаточная масса первой навески, %; X_2 – остаточная масса второй навески, %.

Зерновой состав песчаной основы определяют по методике 2. Результаты определения зернового состава песчаной основы вместе с расчётами массовых долей песка оставшейся на сите и прошедшие через них заносятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты определения зернового состава песчаной основы

№ сита	Размеры стороны ячейки сита, мм	Остаток песка на сите, г	Массовая доля остатка песка на сите, %	Массовая доля частиц песка размером меньше сторон ячейки сита, %
2,5	2,5			
1,6	1,6			
1	1			
063	0,63			
04	0,4			
0315	0,315			
02	0,25			
016	0,16			
01	0,1			
0063	0,063			
005	0,05			
Итого		50	100	100

По полученным данным строят столбчатую диаграмму фракционного состава песка, график интегральной кривой гранулометрического состава формовочного песка, графически определяют средний диаметр зерен песка, однородность.

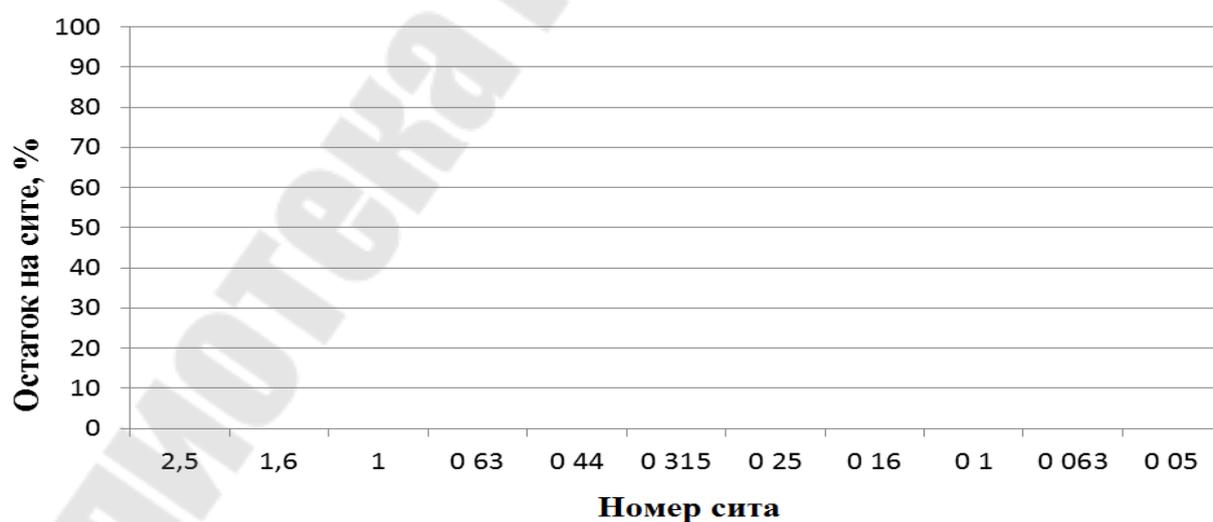


Рисунок 4 – Фракционный состав песка

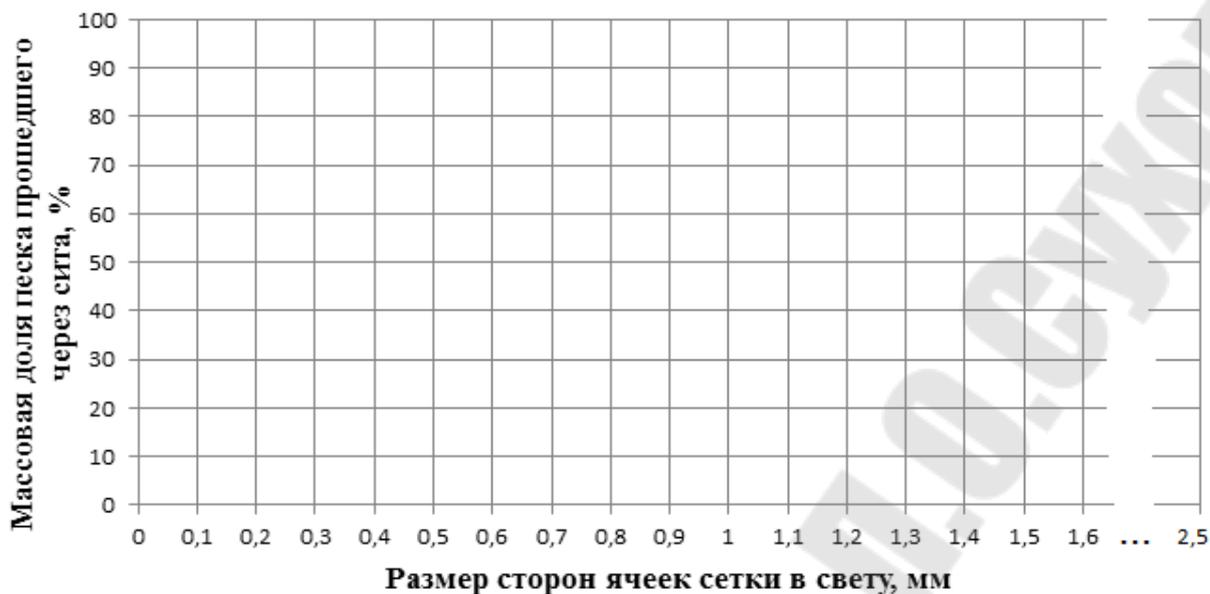


Рисунок 5 – Интегральная кривая гранулометрического состава формовочного песка

Средний размер зерна (D_{cp}) соответствует среднему размеру сторон ячейки сетки, через которые проходит 50 % песчаной основы. Для определения коэффициента однородности (O) по интегральной кривой находят процентное содержание частиц размером меньше O_1 и O_2 . Коэффициент однородности равен разности этих значений.

$$O_1 = \frac{4}{3} \times D_{cp} \text{ (мм)} \quad O_1 =$$

$$O_2 = \frac{2}{3} D_{cp} \text{ (мм)} \quad O_2 =$$

$$O = O_1 - O_2 \text{ (\%)} \quad O =$$

В соответствии с ГОСТ 2138-91 песок соответствует марке _____

По результатам ситового анализа подсчитывают также модуль мелкости (N) песка по формуле:

$$N = \frac{\sum_{i=0}^n a_i \times g_i}{\sum_{i=0}^n g_i} \quad N =$$

где g_i – остаток на сите, г; a_i – множители для каждого сита (табл. 6)

Таблица 6 – Множители

№ сита	2,5	1,6	1	063	04	0315	02	016	01	0063	005	тазик
a_i	3	5	9	20	30	40	53	65	105	165	210	300

Средний диаметр зерен песка вычисляют по следующей зависимости:

$$d_{cp} = \frac{25,4}{2N} \quad d_{cp} =$$

Таблица 7 – Результаты микроскопического анализа зерен формовочных песков

№	Форма зерна формовочного песка согласно ГОСТ 2138-91	Степень сферичности	Степень угловатости	Характеристика поверхности зерна песка	Наличие примесей на зернах песка
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Фактическую удельную поверхность песка (S_ϕ) согласно ГОСТ 29234.12-91 вычисляют по формуле:

$$S_\phi = K \times \frac{\varepsilon \times \sqrt{\varepsilon}}{1 - \varepsilon} \times \frac{1}{\sqrt{G}} \quad (M^2/кг) \quad S_\phi =$$

где K – постоянная, равная 0,8419 при н.у.,

G – газопроницаемость, $m^2/Па \times c$

ε – пористость слоя песка, вычисляемая по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad \varepsilon =$$

где ρ – теоретическая плотность песка, равная $2650 \text{ кг}/m^3$

ρ_0 – насыпная плотность песка, вычисляемая по формуле:

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \quad (кг/м^3) \quad \rho_0 =$$

где m – масса пробы песка, кг

V – объем пробы песка, m^3

Значения $\frac{\varepsilon \times \sqrt{\varepsilon}}{1 - \varepsilon}$ взять с ГОСТ 29234.12-91.

Теоретическую удельную поверхность песка (S_m) вычисляют по формуле:

$$S_T = \frac{6}{\rho} \times \sum_{i=n}^{i=1} \frac{X_i}{D_i} \quad (M^2/кг) \quad S_T =$$

где X_i – доля остатка песка на сите от общей массы песка, взятой для определения гранулометрического состава, вычисляемая по формуле:

$$X_i = \frac{m_i}{m}$$

где m_i – масса остатка песка на сите, г

m – масса пробы песка, г

Контрольные вопросы:

1. Чем определяются основные эксплуатационные свойства формовочных песков?
2. Чем характеризуется гранулометрический состав формовочных песков?
3. Чем обусловлен выбор фракции кварцевых песков для производства отливок?
4. Как характер распределения зерен песка влияет на эксплуатационные свойства формовочных и стержневых смесей?
5. Какие различают формы зерен формовочного песка?
6. Как влияет степень округлости зерна песка, шероховатость и чистота поверхности на эксплуатационные свойства формовочных и стержневых смесей?
7. Чем определяется химико-минералогический состав формовочных песков?
8. Назовите возможные примеси в кварцевых песках, какое влияние они оказывают на его свойства?
9. Как разделяют формовочные пески в зависимости от массовой доли глинистой составляющей?
10. Какие группы показателей формируют марки кварцевых, тощих, жирных песков?
11. В чем состоит сущность методики определения содержания глинистой составляющей методом отмучивания?
12. В чем состоит сущность методики определения зернового состава песчаной основы?
13. Что предполагает методика исследования формы зерен?
14. Методика определения коэффициента угловатости, теоретической удельной поверхности зерна песка?
15. Охарактеризуйте пески следующих марок $1K_3O_4016$, $2T_1O_101$, $Ж_102$, $4K_4O_2025$, $1T_1O_302$, $2K_2O_503$, $Ж_303$, $3T_3O_2016$, $Ж_1025$.

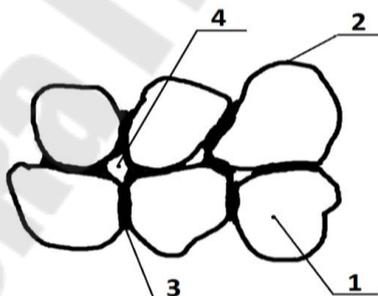
Лабораторная работа 2

Исследование свойств бентонитовых связующих для песчано-глинистых смесей

Цель работы: Ознакомиться с эксплуатационными свойствами и характеристиками бентонитовых глин. Изучить методику определения гранулометрического состава, термической устойчивости, прочности на сжатие во влажном состоянии бентонитовых глин. Ознакомиться с устройством и принципом работы лабораторного оборудования, приобрести практические навыки определения марки формовочных глин.

Краткие теоретические сведения

Литейные формовочные глины являются связующим материалом для изготовления литейных форм из песчано-глинистой смеси. Формовочные глины представляют собой тонкодисперсные частицы водных алюмосиликатов, обладающие термохимической устойчивостью. Формовочные глины при взаимодействии с водой приобретают связующую способность, обволакивают частицы огнеупорного наполнителя и формируют вокруг них скелетную коллоидную систему (рис. 1).



- 1 - огнеупорный наполнитель (твердая фаза), 2 - пленка связующего материала (жидкая фаза), 3 - зона контакта (манжета), 4 - поры стержневой смеси (газовая фаза)

Рисунок 1 – Модель фрагмента формовочной смеси

Глины состоят из одного или нескольких минералов, содержащих Al_2O_3 , зерен кварца и небольшой примеси некоторых других минералов, не содержащих глинозема. В зависимости от вида

преобладающего глинистого минерала формовочные глины делят на каолиновые, каолинитогидрослюдистые и бентонитовые.

К первой группе относятся глины, содержащие в основном минерал каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, его плотность 2,58–2,6 кг/м³, температура плавления 1750 – 1787 °С. При нагреве каолинит претерпевает превращения: при 100 – 140 °С удаляется гигроскопическая вода, при 400 – 700°С теряется конституционная (химически связанная) вода и наблюдается эндотермический эффект. Каолинит переходит в метакаолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), и глина теряет связующую способность. При 900–1050 °С метакаолинит распадается на смесь аморфных Al_2O_3 и SiO_2 . При 1200–1280 °С из свободного глинозема и кремнезема образуется минерал $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (муллит), что сопровождается также эндотермическим эффектом.

Каолиновые глины находят широкое применение в литейном производстве и особенно для отливок стальных и чугунных деталей.

Каолинитогидрослюдные глины представляют собой промежуточные продукты разложения от слюд к каолиниту. По своему химическому составу и физическому состоянию эти минералы непостоянны. Химический состав слюд $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с температурой плавления 1150–1400°С.

Основой бентонитовых глин является минерал монтмориллонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. В нем возможна замена некоторой части Al^{3+} на Mg^{2+} , а Si^{4+} на Al^{3+} . Особенностью монтмориллонита является способность расширяться в направлении одной из кристаллографических осей. Эти свойства позволяют проникать ионам H^+ и OH^- внутрь кристаллической решетки, что ведет к увеличению набухания глины. Температура плавления монтмориллонита 1250–1300°С. Он способен отдавать или поглощать влагу из воздуха.

Бентонитовые глины обладают очень высокими связующими свойствами, так как способны удерживать большее количество воды, чем другие виды глин. Это позволяет при их применении в 2–3 раза сократить содержание глины в формовочных смесях и этим повысить огнеупорность и газопроницаемость смесей. Бентонитовые глины используют при изготовлении высококачественных формовочных смесей, смесей для автоматических линий, где особенно необходимы смеси с высокими и стабильными свойствами. В связи с потерей кристаллизационной влаги при высоких температурах сушки (120–200 °С) бентонитовые глины необратимо теряют свою связующую

способность, поэтому их применяют только для формовки по-сырому. Недостатком бентонитовых глин является и пониженная огнеупорность (1250—1300 °С).

В глинах обычно присутствует кварц (SiO_2), от нескольких долей до 50%; являясь инертным материалом, он снижает связующую способность, пластичность, усадку и увеличивает газопроницаемость. Кроме того, в глинах присутствуют гидраты оксидов железа, карбонаты в виде кальцита, магнезита, доломита, сидерита, гипса, которые являются вредными примесями.

Структура глинистых минералов имеет сложное слоистое строение. Глинистые минералы состоят из октаэдрических образований в виде пластинок толщиной $5 \cdot 10^{-10}$ м. Элементом октаэдрического образования является октаэдр, состоящий из атомов кислорода и гидроксилы. Внутри октаэдра расположен атом алюминия или магния (рис. 2).

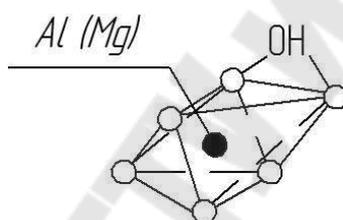


Рисунок 2 – Октаэдрический элемент глинистых минералов

Элементом тетраэдрического образования является тетраэдр, состоящий из атомов кислорода. Внутри тетраэдра расположены атомы кремния (рис. 3).

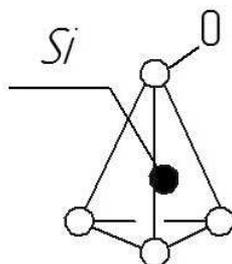


Рисунок 3 – Тетраэдрический элемент глинистых минералов

Кристаллическая решетка минерала каолинита состоит из двух слоев: алюмогидроксильного и кремнекислородного, образующих так называемый «пакет» (рис. 4).

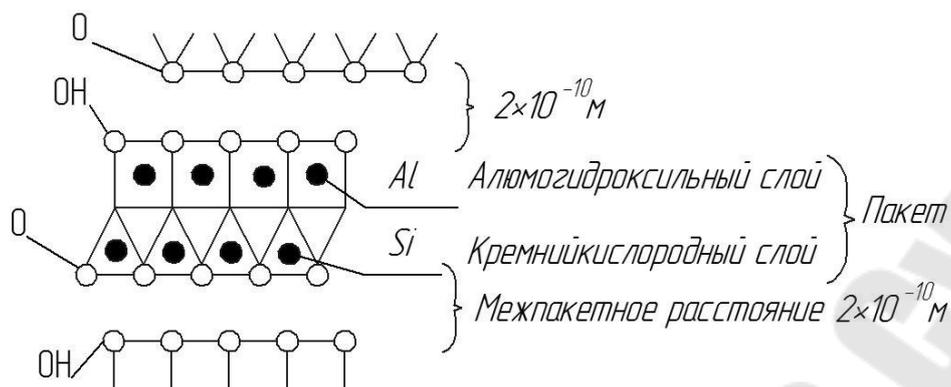


Рисунок 4 – Кристаллическая решетка каолинита

Ввиду того, что отдельные пакеты каолиновой глины соприкасаются плоскостями различных атомов (кислорода и гидроксидов), они образуют достаточно прочную, так называемую водородную связь. При увлажнении каолиновой глины такие пакеты плохо расщепляются и слабо диспергируют. Это объясняется тем, что межпакетное расстояние каолиновой глины составляет около $2 \cdot 10^{-10}$ м, а радиус молекул воды – $1,45 \cdot 10^{-10}$ м, вследствие чего проникновение в межпакетный зазор и расщепление пакета затруднено.

Кристаллическая решетка минерала монтмориллонита состоит из трех слоев: двух кремнекислородных и одного гидроксильного (рис. 5). Так как отдельные пакеты монтмориллонитовой глины соприкасаются плоскостями с одноименными атомами, связь между ними возникает непрочная (валентная). При увлажнении такой глины молекула воды легко проникает в межпакетный зазор, увеличивая его до $21 \cdot 10^{-10}$ м. Этим и объясняют высокую диспергирующую и связующую способность монтмориллонитовых глин.

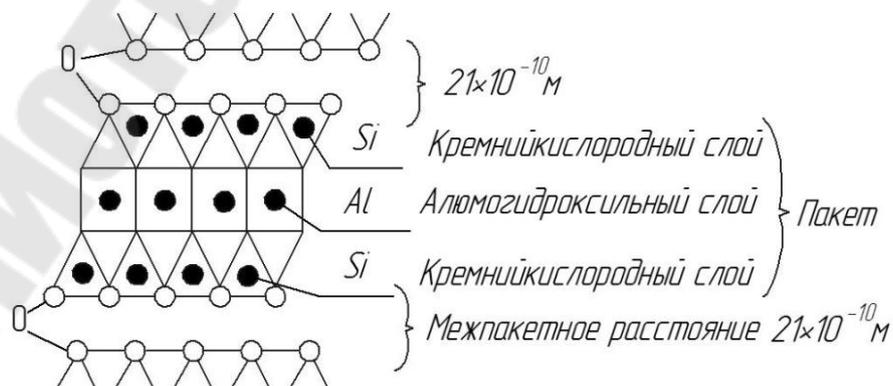


Рисунок 5 – Кристаллическая решетка монтмориллонита

Основными эксплуатационными свойствами формовочных глин являются связующая способность, прочность во влажном состоянии, прочность при сжатии в сухом состоянии, коллоидальность, термическая устойчивость (бентонитовых глин).

Связующая способность – важнейшее свойство, характеризующее способность глин образовывать прочные, устойчивые связи между зёрнами песка в смеси. Повышение связующей способности способствует уменьшению количества глины, вводимой в состав формовочной смеси, при этом повышаются газопроницаемость и огнеупорность смеси и в большинстве случаев снижается влажность, что уменьшает прилипаемость смеси к оснастке и улучшает ее формуемость.

Прочность во влажном состоянии является одной из основных характеристик песчано-глинистых смесей, применяемых для изготовления сырых форм. Данный показатель наиболее существенно зависит от минералогического состава глин, дисперсности глинистых частиц, емкости и состава обменного комплекса.

В сырых формовочных смесях находятся свободные молекулы воды. Чем больше слоев этих молекул, тем меньше связь между составляющими компонентами и тем меньше прочность смеси во влажном состоянии. В связи с этим при приготовлении смесей для сырых форм важным является оптимальное соотношение между глиной и водой, которое различно для глин различной минералогической природы и гранулометрического состава. Это соотношение для каждой новой партии глин определяется опытным путем.

Прочность при сжатии в сухом состоянии является основной характеристикой песчано-глинистых смесей, применяемых для изготовления сухих форм. Для получения максимальной прочности смесей в сухом состоянии требуется большее содержание воды чем в сыром. Это обусловлено необходимостью более равномерного распределения глинистой оболочки по поверхности зёрен наполнителя. В процессе сушки удаляется сначала капиллярная вода, а затем адсорбированная. При сушке форм происходит усадка смеси, которая может приводить к образованию макро- и микротрещин и снижению прочности смеси в высушенном состоянии. В связи с этим для получения максимальной прочности сухих форм необходимо правильно устанавливать режимы сушки для каждой смеси с учетом габаритов опок и стержней.

Коллоидальность характеризует способность глин к набуханию в воде, образования устойчивой водно-глинистой суспензии, влияет на распределение глинистой составляющей в формовочной смеси и тем самым на прочность и пластичность формовочных смесей.

Термическая устойчивость бентонитовых глин характеризует способность сохранять связующую способность в процессе высокотемпературного воздействия. основана на определении прочности при сжатии во влажном состоянии после нагрева глины и выдержки ее в течение 1 ч при температуре 550°C.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

Прибор для определения прочности при сжатии во влажном состоянии, муфельная печь с терморегулятором, копер лабораторный с гильзой цилиндрической, весы лабораторные 4-го класса с наибольшим пределом взвешивания 500 г с погрешностью +/- 20 мг и наибольшим пределом взвешивания 5000 г с погрешностью +/- 200 мг по ГОСТ 24104, смесители лабораторные, эксикатор по ГОСТ 25336, воронка металлическая с сеткой N 8 по ГОСТ 3826-82, комплект сит с сетками N 04, 016 по ГОСТ 6613, чаша выпарительная фарфоровая объемом 250 см³ по ГОСТ 9147, кисть мягкая Кр26 или Кр30 по ГОСТ 10597. Песок сухой кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7% с модулем мелкокости 52 - 62, определяемым по ГОСТ 23409.24, глина бентонитовая, подготовленная по ГОСТ 28177-89, вода дистиллированная с рН = 6,0 - 7,0 по ГОСТ 6709. Прибор для определения прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, укомплектованный специальными гильзами для изготовления образцов. Сода кальцинированная по ГОСТ 5100, раствор 75 г/дм³.

Методика и порядок проведения исследований

1. Определение гранулометрического состава порошкообразных глин.

Метод основан на определении количественного распределения частиц по крупности методом сухого рассева на ситах с последующим весовым определением полученных классов крупности и вычислением их выхода в процентах от общей массы, взятой для ситового анализа.

От пробы глины отбирают навеску массой 25 г и помещают на верхнее сито комплекта. С помощью кисти глину протирают через сито № 04, избегая разрушения глинистых составляющих. Снимают сито № 04 и повторяют операцию на сите № 016. Остаток на каждом из сит взвешивают. Испытание проводят на двух навесках.

По гранулометрическому составу порошкообразные глины должны соответствовать требованиям (табл.1).

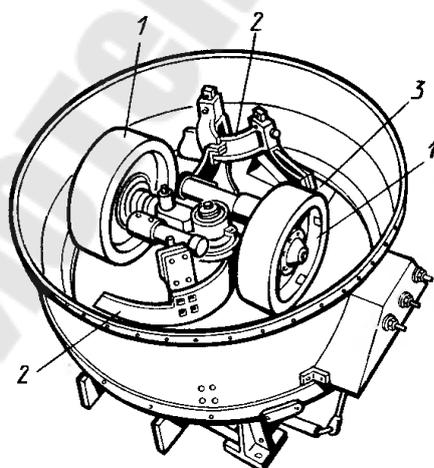
Таблица 1 – Требования к гранулометрическому составу порошкообразных глин

Остаток, %, не более, на ситах с размером ячеек, мм:	Норма, %
0,4	3
0,16	10

Допускаемое расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 10%. Если результаты испытания отличаются от среднего арифметического более чем на 10%, то определение повторяют один раз.

2. Определение уплотняемости смеси и предела прочности при сжатии во влажном состоянии.

Согласно ГОСТ 28177-89 для проведения испытания готовят 3 кг смеси (по массе), состоящей из 95 частей песка и 5 частей глины, перемешивая ее в течение 2 мин в лабораторных смесителях (рис. 6). Затем добавляют 65 - 70 см³ воды, закрывают смеситель крышкой и перемешивают увлажненную смесь в течение 20 мин.

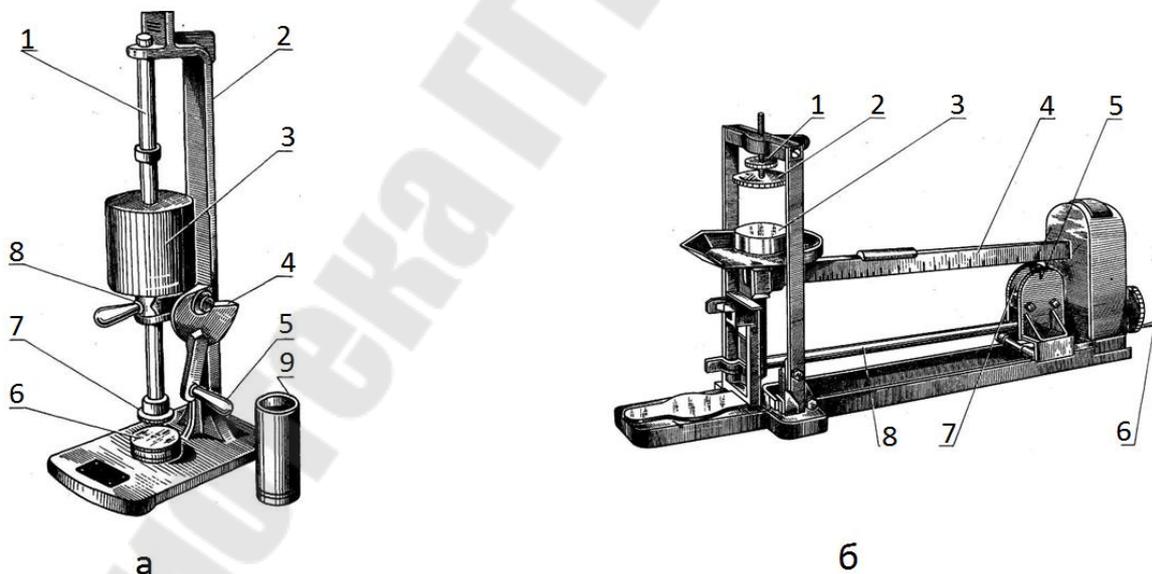


- 1 - каток
- 2 - плужки
- 3 - отверстие для выгрузки смеси

Рисунок 6 – Лабораторный смеситель (бегуны)

Для определения уплотняемости согласно ГОСТ 23409.13. изготавливают образцы на лабораторном копре (рис. 7, а). Металлическую гильзу 9 устанавливают в поддон 6 и заполняют через воронку формовочной смесью. Подъемником копра 8 поднимают шток 1 и груз 3, на станину устанавливают поддон с гильзой, осторожно и плавно опускают боек 7, закрепленный на штоке 1, в гильзу до соприкосновения со смесью. После этого вращением рукоятки 5 и эксцентрика 4 уплотняют смесь тремя ударами груза 3 массой $6,35 \pm 0,015$ кг, падающего с высоты $50 \pm 0,25$ мм. Высота образца в гильзе после уплотнения должна быть $50 \pm 0,8$ мм. Эту высоту контролируют по трем горизонтальным рискам, нанесенным через 0,8 мм на стойке 2 станины. Совпадение верхнего торца штока 1 со средней риской соответствует высоте образца 50 мм. Крайние риски указывают на допускаемые отклонения.

После уплотнения смеси производят замер расстояния от поверхности уплотненного образца до края гильзы. Производят расчет уплотняемости смеси, которая должна быть не менее 60%. Затем гильзу с поддоном снимают с копра, отделяют поддон от гильзы и с помощью деревянного выталкивателя образец осторожно извлекают из гильзы. Готовые образцы испытывают на приборе для определения прочности при сжатии во влажном состоянии (рис. 7, б).



а) – копер, б) – прибор для определения прочности при сжатии во влажном состоянии

Рисунок 7 – Лабораторные устройства

Полученный образец устанавливают на площадку 3 рычажного прибора, предварительно проверив, чтобы указатель 7 каретки 5 стоял

на делении 0 шкалы рычага 4. Затем с помощью винта 1 и верхней площадки 3 зажимают образец. Вращением рукоятки 6 винта 8 перемещают каретку 5 до тех пор, пока под действием сжимающей нагрузки образец не разрушится, при этом указатель 7 фиксирует на рычаге 4 разрушающее усилие.

Смесь в смесителе с открытой крышкой продолжают перемешивать, через каждые 1 - 2 мин определяя показатели уплотняемости и прочности при сжатии по мере естественного подсыхания смеси. Испытание прекращают с момента снижения прочности смеси.

Испытание проводят на 3 образцах. За предел прочности при сжатии во влажном состоянии принимают среднее арифметическое результатов трех определений.

Расхождения между результатами определений и средним арифметическим трех определений не должны превышать 10%. Если расхождения превышают 10%, смесь увлажняют при перемешивании до показателя уплотняемости, соответствующего наибольшей прочности, определения повторяют два раза.

3. Определение термической устойчивости.

Для проведения испытания две навески глины, массой по 200 г помещают в две выпарительные чаши. Легким постукиванием по чаше выравнивают поверхностный слой глины и помещают чаши с глиной в предварительно нагретую до температуры 550 °С муфельную печь. Одновременно прокаливают две навески глины в течение 1 ч при температуре 550 °С. После прокаливания чашу с глиной помещают в эксикатор, выдерживают до достижения комнатной температуры, перемешиванием лопаточкой усредняют прокаленную глину и отбирают навеску массой 150 г. Готовят смесь массой 3 кг с прокаленной глиной и проводят испытание для определения предела прочности при сжатии во влажном состоянии.

Термическую устойчивость определяют расчетным образом по данным пределов прочности при сжатии во влажном состоянии для исходной и прокаленной глины.

4. Определение предела прочности при разрыве в зоне конденсации влаги.

Метод основан на определении сопротивления образца разрыву при одностороннем поверхностном нагревании.

Для определения прочности при разрыве в зоне конденсации влаги в состоянии оптимальной активации добавляют в смеситель 10 см³ раствора кальцинированной соды, перемешивают смесь в течение 1-3 мин и при достижении показателя уплотняемости 45-50% определяют прочность при разрыве в зоне конденсации влаги. Операцию повторяют до момента снижения прочности в зоне конденсации влаги. Из смеси готовят образцы в специальной металлической гильзе с отрывным кольцом на лабораторном копре трехкратным ударом груза. Высота образцов должна быть (50±0,8) мм и контролируется тремя рисками на станине и штоке копра. Испытание проводят на трех образцах и смесь всех образцов возвращают в смесители.

За прочность при разрыве в зоне конденсации влаги принимают среднеарифметическое результатов трех определений. За прочность при разрыве в зоне конденсации влаги в состоянии оптимальной активации принимают среднеарифметическое результатов трех определений, при которых прочность в зоне конденсации влаги будет наибольшей.

Расхождения между результатами определений и среднеарифметическим трех определений не должны превышать 15%. Если расхождения превышают 15%, определения повторяют два раза.

За результат испытания принимают среднеарифметическое результатов пяти определений.

5. Определение марки бентонитовых глин.

Марка бентонитовых глин в соответствии с ГОСТ 28177-89 определяется по требованиям к её физико-механическим показателям (табл. 2). Обозначение марок:

Таблица 2 – Марки бентонитовых глин

Марка	Предел прочности при сжатии, Па (кгс/см ²), не менее	Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, Па (кгс/см ²), не менее	Термическая устойчивость, единицы, не менее
П1Т ₁	8.826×10 ⁴ (0.9)	0,275×10 ⁴ (0.028)	0,6
П1Т ₂	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.275×10 ⁴ (0.028)	0,3
П1Т ₃	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.275×10 ⁴ (0.028)	—
П2Т ₁	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,6
П2Т ₂	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,3

П2Т ₃	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.196×10 ⁴ (0.020)	—
П3Т ₁	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.147×10 ⁴ (0.015)	0,6
П3Т ₂	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.147×10 ⁴ (0.015)	0,3
П3Т ₃	8.826×10 ⁴ (0.9)	0.147×10 ⁴ (0,015)	—
П4Т ₁	8.826×10 ⁴ (0.9)	—	0,6
П4Т ₂	8.826×10 ⁴ (0.9)	—	0,3
П4Т ₃	8.826×10 ⁴ (0.9)	—	—
С1Т ₁	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.275×10 ⁴ (0.028)	0,6
С1Т ₂	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.275×10 ⁴ (0.028)	0,3
С1Т ₃	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.275×10 ⁴ (0.028)	—
С2Т ₁	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,6
С2Т ₂	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,3
С2Т ₃	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.196×10 ⁴ (0.020)	—
С3Т ₁	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.147×10 ⁴ (0.015)	0,6
С3Т ₂	6.865×10 ⁴ (0.7)	0,147×10 ⁴ (0,015)	0,3
С3Т ₃	6.865×10 ⁴ (0.7)	0.147×10 ⁴ (0.015)	—
С4Т ₁	6.865×10 ⁴ (0.7)	—	0,6
С4Т ₂	6.865×10 ⁴ (0.7)	—	0,3
С4Т ₃	6.865×10 ⁴ (0.7)	—	—
М1Т ₁	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.275×10 ⁴ (0.028)	0,6
М1Т ₂	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.275×10 ⁴ (0.028)	0,3
М1Т ₃	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.275×10 ⁴ (0.028)	—
М2Т ₁	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,6
М2Т ₂	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.196×10 ⁴ (0.020)	0,3
М2Т ₃	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.196×10 ⁴ (0.020)	—
М3Т ₁	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.147×10 ⁴ (0.015)	0,6
М3Т ₂	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.147×10 ⁴ (0.015)	0,3
М3Т ₃	4.903×10 ⁴ (0.5)	0.147×10 ⁴ (0.015)	—
М4Т ₁	4.903×10 ⁴ (0.5)	—	0,6
М4Т ₂	4.903×10 ⁴ (0.5)	—	0,3
М4Т ₃	4.903×10 ⁴ (0.5)	—	—

П – прочная; С – среднепрочная; М – малопрочная; 1 – высокосвязующая; 2 – связующая; 3 – среднесвязующая; 4 – малосвязующая; Т₁ – высокоустойчивая, Т₂ – среднеустойчивая; Т₃ – низкоустойчивая. Пример обозначения марки: П2Т₃ – глина формовочная бентонитовая прочная по пределу прочности при сжатии, связующая по пределу прочности при разрыве и низкоустойчивая по термической устойчивости.

Протокол испытаний и результаты обработки исследований

Результаты определения гранулометрического состава порошкообразных глин сводят в таблицу 3.

Массовую долю остатка на сите (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (\%) \quad X =$$

где m_1 – масса остатка на соответствующем сите, г;
 m_2 – масса навески, г.

Таблица 3 – Гранулометрический состав порошкообразных глин

Порядок испытания	Размер ячеек сита, мм:	Остаток на ситах, г	Массовая доля остатка на ситах, %
1	0,4		
	0,16		
2	0,4		
	0,16		

Уплотняемость смеси (x) в процентах вычисляют по формуле:

$$x = \frac{H - H_1}{H} \times 100 \quad (\%) \quad x =$$

где H – высота смеси до уплотнения, мм;
 H_1 – высота смеси после уплотнения, мм.

Таблица 4 – Результаты определения предела прочности при сжатии во влажном состоянии

№ образца	Время смешивания, мин	Уплотняемость, %	Предел прочности образца при сжатии во влажном состоянии							
			по результатам испытания исходной глины, Па (кгс/см ²)				по результатам испытания прокаленной глины, Па (кгс/см ²)			
			1	2	3	Средн. знач.	1	2	3	Средн. знач.
1										
2										
3										
Для состава смеси Песок _____, Bentonит _____, Вода _____										

Термическую устойчивость вычисляют по формуле:

$$T = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \times 100 \quad T =$$

где σ_1 – предел прочности при сжатии во влажном состоянии по результатам испытания прокаленной глины, Па (кгс/см²);

σ_2 – предел прочности при сжатии во влажном состоянии по результатам испытания исходной глины, Па (кгс/см²).

В соответствии с ГОСТ 28177-89 (методика 5) глина соответствует марке _____

Выводы и заключения по работе _____

Контрольные вопросы:

1. Что представляют собой формовочные глины?
2. Какие различают формовочные глины по содержанию основных глинистых минералов?
3. Дайте сравнительную характеристику каолинитовых, каолинитогидрослюдистых, бентонитовых формовочных глин?
4. Какие вредные примеси могут присутствовать в формовочных глинах?
5. Какое воздействие вредные примеси оказывают на свойства формовочных глин?
6. Охарактеризуйте кристаллическую структуру глинистых минералов формовочных глин.
7. Назовите и охарактеризуйте основные эксплуатационные свойства формовочных глин.
8. В чем состоит сущность методики определения гранулометрического состава порошкообразных глин?
9. Как определяется уплотняемость смеси и предел прочности при сжатии во влажном состоянии?
10. Как определяется термическая устойчивость бентонитовых глин?
11. Охарактеризуйте методику определения прочности при разрыве в зоне конденсации влаги.
12. Как определяется марка бентонитовых глин?
13. Охарактеризуйте глины следующих марок П4Т₃, С2Т₁, П2Т₁, ПЗТ₃, М4Т₁, С4Т₃, М1Т₃, С1Т₃.

Лабораторная работа 3

Исследование свойств единых песчано-глинистых смесей

Цель работы: Ознакомиться с основными эксплуатационными свойствами единых песчано-глинистых смесей, с устройством и принципом работы лабораторного оборудования. Изучить методику и получить практические навыки определения исследований влажности, газопроницаемости, текучести, гигроскопичности формовочных смесей.

Краткие теоретические сведения

Для того, чтобы получить отливку, свободную от дефектов, формовочные смеси должны удовлетворять комплексу определенных свойств. Все свойства смесей можно разделить на группы: гидравлические, механические, технологические и теплофизические.

Гидравлические свойства смесей в основном определяют условия газообразования и удаления газообразных продуктов из полости формы при заливке сплавом. *Механические свойства* определяют прочностные характеристики литейной формы в период ее изготовления, а также при заливке ее сплавом и затвердевании отливки. *Технологические свойства* характеризуют условия получения качественных форм, а также условия изготовления отливок с наименьшей трудоемкостью и высоким качеством поверхности (без трещин и засоров); *теплофизические свойства* – условия протекания тепловых процессов при затвердевании отливки в форме.

Гидравлические свойства

Влажность характеризует процентное содержание влаги в смесях. Величина влажности определяет значение многих других свойств смеси и оказывает прямое влияние на качество получаемых отливок, например, при повышенной влажности смесей в отливках могут возникать газовые раковины. В смесях различают следующие виды влаги: химически связанную, поверхностно-связанную и свободную (рис. 1).

Химически связанная влага входит в состав минеральных компонентов смеси (песка и глины). При ее удалении в процессе высокотемпературного воздействия на смесь первоначальные свойства минеральных компонентов утрачиваются вследствие

разрушения их кристаллической решетки. Например, при нагреве песчано-глинистой смеси до температуры 300–700°С происходит необратимая дегидратация глины, сопровождаемая потерей ею связующих свойств.



1 – поверхностно-связанная; 2 – свободная;

3 – капиллярно-связанная; 4 – адсорбированная; 5 – жесткая

Рисунок 1 – Виды влаги, удерживаемой на поверхности компонентов смеси

Поверхностно-связанная влага подразделяется на капиллярно-связанную и адсорбированную. Адсорбированная влага удерживается на поверхности смеси электростатическими силами. Толщина слоя влаги может достигать до $0,5 \cdot 10^{-6}$ м (0,5 мкм). Чем ближе адсорбированная влага расположена к поверхности частички смеси, тем больше она отличается по физическим свойствам от обычной влаги. Например, влага, находящаяся непосредственно на поверхности частички, толщиной в 3–4 молекулы воды, что составляет примерно $8-12 \cdot 10^{-10}$ м, имеет точку кипения выше 100°С, температуру затвердевания – ниже 0, а плотность – больше 1. Таковую влагу обычно называют «жесткой» или «нежидкой». Более отдаленные поверхностные слои адсорбированной влаги по своим физическим свойствам приближаются к обычной капельно-жидкой воде.

Капиллярно-связанная влага удерживается на поверхности частичек смеси капиллярными силами. Свободная влага может быть удалена из смеси под воздействием силы тяжести. Эта влага характерна для сильно увлажненной смеси или регенерированного мокрым способом формовочного песка.

Пористость характеризуется отношением объема пустот (пор) к общему объему смеси и выражается в процентах. Величина пористости смеси в основном определяет степень развития процессов проникновения жидкого металла или его оксидов в глубь формы, т. е. вероятность возникновения пригара на поверхности смеси определяется главным образом степенью уплотнения смеси и содержанием в ней глины или других мелкозернистых добавок. Пористость уплотненных формовочных смесей находится в пределах 25–50%.

Газопроницаемость является одним из важнейших свойств смеси и характеризует способность ее пропускать газы. При недостаточной газопроницаемости смеси затрудняются условия удаления газообразных продуктов из полости формы в процессе ее заливки. Газопроницаемость смесей зависит от размера зерен формовочного песка, содержания в них мелкозернистых добавок, степени уплотнения и влажности.

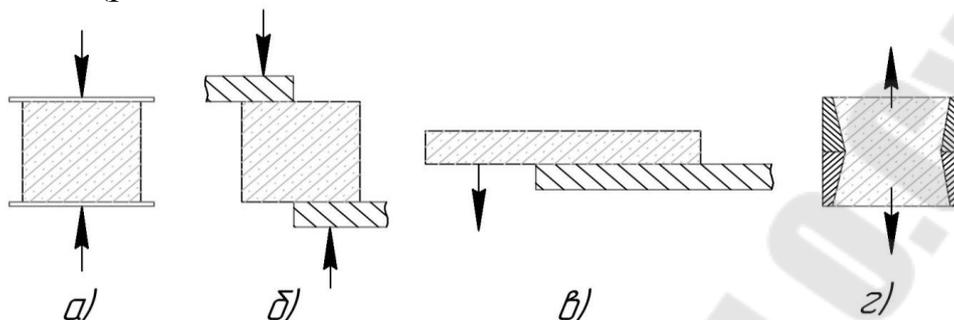
Газотворность характеризует способность смеси выделять газы при нагреве до высоких температур (при температуре 1250°C). Выделяющиеся при заливке формы газы могут быть причиной образования газовых раковин в отливках, причем чем выше газотворность смеси, тем больше опасность их образования. Значение газотворности смесей зависит от вида и количества органических (выгорающих) добавок, от содержания влаги, а также от скорости выделения газообразных продуктов в процессе нагрева смеси. Чем позже начинают выделяться из смеси газы, тем меньше вероятность возникновения газовых раковин в отливках, так как к этому времени успевает образоваться корочка затвердевшего сплава, которая будет препятствовать внедрению в отливку газовых пузырьков.

Механические свойства

Прочность характеризует способность смеси сохранять заданную конфигурацию полости литейной формы в период ее изготовления и транспортирования, а также при заливке. В соответствии с ГОСТ 29234–91 прочность смесей оценивают предельной величиной нагрузки, при которой разрушается уплотненный образец смеси. Различают прочность смесей во влажном, упрочненном, нагретом и прокаленном состояниях.

Прочность смеси во влажном состоянии зависит главным образом от количества и состояния содержащейся в ней глины, а также от величины влажности, зернового состава формовочного

песка, степени уплотнения смеси и некоторых других факторов. Наиболее часто прочность смеси во влажном состоянии оценивается при сжатии (рис. 2,а), резе (рис. 2,б), изгибе (рис. 2,в) и растяжении (рис. 2,г).



а – при сжатии; б – при срезе; в – при изгибе; г – при растяжении

Рисунок 2 – Схема методов оценки прочности смесей во влажном состоянии

Технологические свойства

Уплотняемость – это способность смеси уменьшать свой первоначальный объем под воздействием внешних сил. Уплотняемость песчано-глинистых смесей зависит от содержания воды и глины и от их соотношения. Оценка уплотняемости производят по разнице объемов навески смеси до и после уплотнения, отнесенной к первоначальному ее объему, и выражают в процентах.

Текучесть – это способность смеси под воздействием внешних сил заполнять труднодоступные полости в модельной оснастке, обеспечивая равномерное уплотнение формы. Значение текучности тесно связано с величиной прочности смеси во влажном состоянии, при этом чем меньше эта величина, тем выше текучесть смеси во влажном состоянии.

Прилипаемость – это способность смеси во влажном состоянии прилипать к поверхности модельной оснастки или транспортных средств (ленточных конвейеров). Повышенная прилипаемость смесей увеличивает шероховатость поверхности формы или стержня, а также вызывает необходимость частой чистки поверхности модельной оснастки и транспортных средств.

Гигроскопичность характеризует способность формы впитывать влагу из окружающей среды. Оценка гигроскопичности основана на определении массы влаги, поглощенной сухой смесью.

Осыпаемость характеризуется способностью поверхности формы или стержня не разрушаться при транспортировании, сборке и заливке формы. Значение осыпаемости связано с количеством и природой связующего материала, а также с режимом сушки форм и стержней. Для уменьшения осыпаемости песчано-глинистых форм в состав смеси обычно вводят добавки лигносульфонатов.

Податливость – это способность формы или стержня деформироваться под воздействием усадки отливок. Степень податливости смеси зависит от природы огнеупорной основы, от количества и природы связующего материала, а также от степени уплотнения смеси. Например, сильно уплотненные смеси с большим количеством глины малоподатливы. Для улучшения податливости в состав вводят специальные добавки.

Огнеупорность характеризует способность смеси не оплавляться под действием высоких температур. При недостаточной огнеупорности смеси происходит оплавление и спекание отдельных ее компонентов с образованием крупных пор, приводящих к формированию повышенного пригара на отливках. Значение огнеупорности смеси зависит от минералогического, гранулометрического и химического состава формовочного песка и глины.

Пригораемость – это способность поверхностного слоя формы противостоять прочному сцеплению с металлом отливки. Степень пригораемости смеси зависит от многих факторов, в том числе от пористости смеси, химической инертности ее огнеупорной основы. Уменьшения пригораемости смеси достигают введением в ее состав противопригарных и высокоогнеупорных материалов (каменный уголь, мазут, маршалит и др.), применением специальных защитных покрытий, специальных добавок.

Долговечность характеризует способность смеси, после соответствующей подготовки, повторно использоваться для изготовления форм без введения добавок свежих формовочных материалов. Долговечность смеси зависит от интенсивности температурного воздействия жидкого сплава, от природы огнеупорной основы и связующего материала смеси. Песчано-глинистые смеси обладают наибольшей долговечностью. Оценку долговечности смеси производят по числу циклов ее использования, обеспечивающему сохранение смесью физико-химических свойств и получение качественных отливок.

Теплофизические свойства

К теплофизическим свойствам относятся теплоемкость, теплопроводность, температуропроводимость и теплоаккумулирующая способность. Эти характеристики определяют тепловой режим охлаждения отливки в форме. Значения их зависят главным образом от природы огнеупорной основы смесей, а также и от состояния формы (влажная, сухая). Наиболее высокими теплофизическими свойствами обладают цирконовые, дистенсиллиманитовые, хромитовые формовочные пески. Теплофизические характеристики кварцевых песков значительно ниже.

Различные теплофизические свойства смесей позволяют регулировать процессы затвердевания отдельных частей отливок. Значение теплоемкости и теплопроводности смесей определяется в специальных теплофизических лабораториях, а температуропроводность и теплоаккумулирующая способность – расчетным путем.

Теплопроводность вещества λ определяется как количество теплоты Q , которое подводится за время τ через поверхность площадью F , расположенную перпендикулярно к тепловому потоку, отнесенное к температурному градиенту $\Delta t/d$ (Δt – разность температур; d – толщина образца):

$$\lambda = \frac{Q}{F\tau\Delta t/d}$$

Теплопроводность большинства формовочных смесей с повышением температуры увеличивается, а у смесей с магнезитом и корундом, в качестве наполнителя, уменьшается. Получение заданной теплопроводности в песчаных формах затруднительно, так как она зависит не только от теплопроводности наполнителя, но и от влажности воздуха и газов, находящихся в межзерновых порах.

В сухом песке предположительно теплопередача происходит от зерна к зерну за счет прямых контактов, частично – излучением. Теплопроводность при повышении температуры на 1000°C (с 95 до 1095°C) изменяется почти на 100% – с $2,63 \cdot 10^{-6}$ до $4,75 \cdot 10^{-6}$ Вт/(м·К).

Процесс распространения теплоты во влажном песке, однако, более сложен, чем в сухом. Теплопередача происходит как за счет теплопроводности зерен наполнителя, так и воды (водяного пара),

адсорбированной зернами песка и находящейся в порах между песчинками.

При нагреве влажной формовочной смеси залитым металлом в глубь формы проникает водяной пар (в результате изменения давления), нагретый в порах воздух, а также продукты сгорания органических составляющих. В холодных слоях формы, удаленных от отливки, происходит конденсация влаги. В результате переноса теплоты водяным паром и улучшения условий теплопередачи между контактирующими зернами песка из-за накопления влаги в местах их контакта общая теплопроводность смеси с повышением влажности также повышается.

На теплопроводность песчано-глинистых форм влияют степень уплотнения формовочной смеси и содержание связующего. Например, теплопроводность повышается при увеличении степени уплотнения и количества бентонина в смеси.

Удельная теплоемкость формовочной смеси зависит не только от ее вида, но и от температуры. С повышением температуры она также увеличивается. Значительное влияние на удельную теплоемкость формовочной смеси оказывает содержание в ней влаги. Для более полного представления о теплофизических свойствах форм определяют *температуропроводность* a (в $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$), характеризующую, насколько интенсивно в форме выравниваются температурные перепады:

$$a = \frac{\lambda}{c \times \rho}$$

где c – удельная теплоемкость смеси, Дж/(кг·К); ρ – плотность смеси, кг/м³.

Температуропроводность в интервале температур 500–1000°С кварцевого песка составляет $0,00145 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, шамота – $0,00178 \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

При расчете теплопередачи от отливки к форме применяется также величина, называемая коэффициентом тепловой аккумуляции:

$$b = \sqrt{\lambda c \cdot \rho}$$

Чем выше теплоаккумуляторная способность формы, тем быстрее охлаждается отливка и меньше опасность образования пригара на поверхности отливки.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

Прибор для определения прочности при сжатии во влажном состоянии, муфельная печь с терморегулятором, копер лабораторный с гильзой цилиндрической, специальная металлическая гильза с вкладышем, весы лабораторные 4-го класса с наибольшим пределом взвешивания 500 г с погрешностью +/- 20 мг и наибольшим пределом взвешивания 5000 г с погрешностью +/- 200 мг по ГОСТ 24104, смесители лабораторные, эксикатор по ГОСТ 25336, чаша выпарительная фарфоровая объемом 250 см³ по ГОСТ 9147, кисть мягкая Кр26 или Кр30 по ГОСТ 10597. Песок сухой кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7% с модулем мелкости 52 - 62, определяемым по ГОСТ 23409.24, глина бентонитовая, подготовленная по ГОСТ 28177-89, вода дистиллированная с рН = 6,0 - 7,0 по ГОСТ 6709, твердомер, прибор для определения газопроницаемости смеси.

Методика и порядок проведения исследований

1. Приготовление единой песчано-глинистой смеси.

Для проведения испытаний готовят 3 кг смеси (по массе), состоящей из 95 частей песка и 5 частей глины, перемешивая ее в течение 2 мин в лабораторных смесителях. Затем добавляют 65-70 см³ воды, закрывают смеситель крышкой и перемешивают увлажненную смесь в течение 20 мин.

2. Определение влажности формовочной смеси.

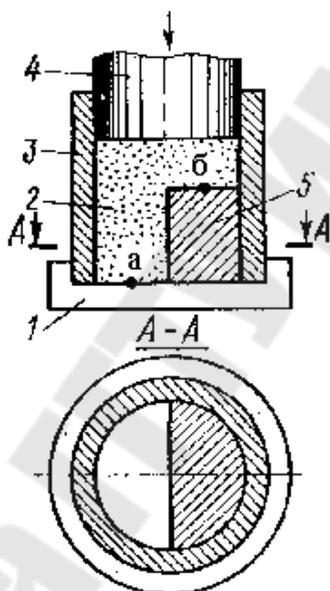
От пробы смеси методом вычерпывания выделяют навеску массой 50 г. помешают в предварительно высушенную до постоянной массы и взвешенную чашу, сушат в сушильном шкафу при 105-110°C в течение 30 мин и взвешивают. Каждое последующее взвешивание производят после высушивания в течение 15 мин до постоянной массы. Масса смеси считается постоянной, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,02г. После окончательного высушивания навеску смеси охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Определяют содержание только поверхностно-связанной и свободной влаги в смеси, адсорбированная влага удаляется лишь частично, так как «жесткая» вода при этом не испаряется.

3. Определение текучести смеси.

Для определения текучести смеси используется метод, основанный на статическом прессовании образца и определении отношения величин твердости смеси в объеме смеси.

Для проведения исследования из пробы смеси изготавливают образцы в специальной металлической гильзе с вкладышем, на лабораторном копре трехкратным ударом груза. Допускается уплотнение под прессом. Гильзу с образцом переворачивают на выталкиватель и замеряют твердомером твердость образца в точке а рисунок 3. Затем образец поднимают на выталкивателе на высоту вкладыша, вкладыш удаляют и замеряют твердость в точке б рисунок 4. Испытания проводят на трех образцах.



1 – основание гильзы; 2 – образец; 3 – гильза; 4 – прессующий плунжер; 5 – вкладыш

Рисунок 3 – Схема ступенчатой пробы для оценки текучести смеси

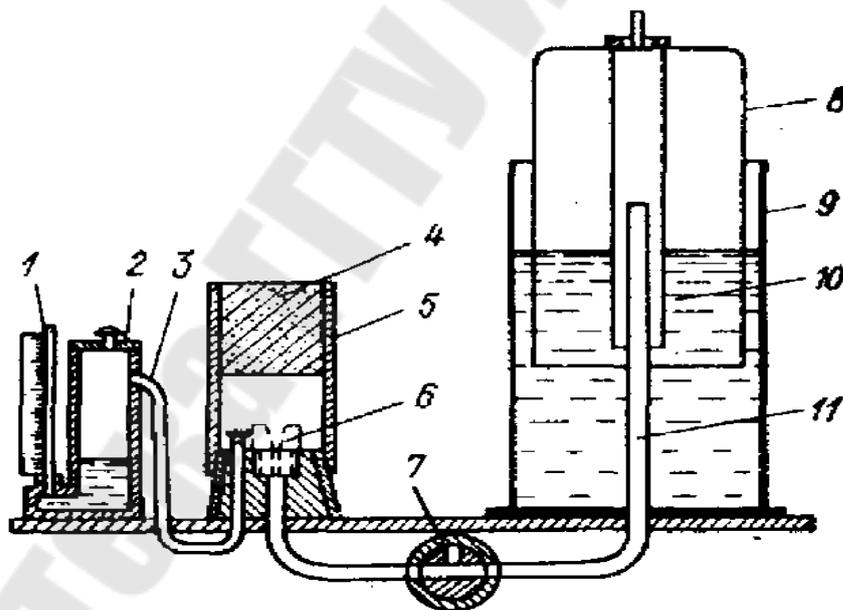
3. Определение прочности смеси при сжатии во влажном состоянии.

Для заданного состава смеси определяют прочность при сжатии во влажном состоянии (см. Лабораторная работа №2). Испытания проводят на трех образцах.

4. Определение газопроницаемости смеси.

Определение газопроницаемости смеси производят путем пропускания воздуха через стандартный образец, изготовленный из испытуемой смеси. Для изготовления образца отбирают навеску смеси массой (110 ± 5) г, насыпают ее в металлическую неразъемную гильзу и уплотняют с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза, падающего с высоты $(50 \pm 0,25)$ мм. Подготовленный таким образом образец должен иметь высоту $(50 \pm 0,2)$ мм. Высоту образца контролируют рисками, нанесенными на станине и штоке копра.

Определение газопроницаемости смеси осуществляется на соответствующем приборе (рис. 4). Гильзу 5 с образцом смеси 4 укрепляют на приборе. Открытием трехходового крана 7 по трубке 11 через образец пропускают 2000 см^3 воздуха, находящегося под колпаком 8, расположенным в баке 9. Замер возникающего под образцом давления воздуха производят с помощью манометра 1.



1 – манометр; 2 – резервуар; 3 – трубка; 4 – образец смеси; 5 – гильза; 6 – ниппель; 7 – трехходовой кран; 8 – калиброванный колпак; 9 – бак; 10 – трубка колпака; 11 – трубка бака

Рисунок 4 – Схема прибора для определения газопроницаемости смеси

Протокол испытаний и результаты обработки исследований

Величину влажности смеси B определяют по формуле:

$$B = \frac{M - M_1}{M} \times 100 \quad (\%) \quad B =$$

где M и M_1 – масса смеси до и после сушки, г.

Величину текучести смеси выражают в процентах и рассчитывают по формуле:

$$T = \frac{H_n}{H_v} \times 100 \quad (\%) \quad T =$$

где H_n и H_v – твердость нижнего и верхнего торца образца, условные единицы.

Полученные данные заносят в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты исследования свойств единых ПГС

Номер образца смеси	Влажность смеси, %	Текучесть смеси, %	Прочность смеси при сжатии во влажном состоянии, Па (кгс/см ²)	Газопроницаемость смеси, ед
1				
2				
3				

Выводы и заключения по работе _____

Контрольные вопросы:

1. Какие выделяют группы свойств формовочных смесей?
2. Какие свойства формируют гидравлическую группу свойств формовочных смесей, их характеристика?
3. Какие свойства формируют гидравлическую группу свойств формовочных смесей, их характеристика?
4. Какие свойства формируют механическую группу свойств формовочных смесей, их характеристика?
5. Какие свойства формируют технологическую группу свойств формовочных смесей, их характеристика?
6. Какие свойства формируют теплофизическую группу свойств формовочных смесей, их характеристика?
7. Как определяется влажность смеси?
8. Охарактеризуйте методику определения текучести смеси.
9. Как определяется газопроницаемость смеси?

Лабораторная работа 4

Влияние технологических условий и режимов приготовления на свойства единых песчано-глинистых смесей

Цель работы: Ознакомиться с влиянием продолжительности перемешивания и порядка ввода исходных компонентов на свойства смеси, с устройством и принципом работы лабораторного оборудования. Изучить методики и получить практические навыки приготовления единых песчано-глинистых смесей, проведения исследований эксплуатационных свойств смеси.

Краткие теоретические сведения

Технологические свойства формовочных смесей на стадии смесеприготовления определяются равномерностью распределения связующих материалов, специальных добавок по объему смеси, а также равномерностью покрытия зерна песка оболочкой связующего. Чем равномернее распределены составляющие в смеси по ее объему, чем более однородна оболочка, связывающая зерна песка, тем более однородными технологическими свойствами будет обладать формовочная смесь. Однородность смеси – соответствие содержания составляющих компонентов в любом минимальном объеме смеси заданному.

Связывание разрозненных зерен наполнителя в единую систему (смесь) обусловлено возникновением сил сцепления между поверхностью зерен и пленкой связующего (адгезией), а также наличием сил связи между частицами самого связующего (когезией). Прочностные свойства глин проявляются только в присутствии воды, причем вода способствует равномерному распределению компонентов смеси, увеличивает адгезию связующего с поверхностью зерен песка. Кроме того, вода, имеющая сравнительно высокое поверхностное натяжение, сама в некоторой степени является связующим.

Равномерность распределения составляющих смеси и создание оболочек связующего вокруг зерен песка достигаются в процессе перемешивания – одной из основных операций технологического процесса приготовления формовочных смесей. На данной стадии

создается структура, качество которой наряду со свойствами исходных материалов, определяют свойства упрочненной смеси.

Процесс перемешивания – это непрерывное разрушение и образование коагуляционных контактов, которое сопровождается увеличением площади межфазной поверхности раздела связующее-наполнитель, пропорциональным расходу энергии.

Важными технологическими факторами, определяющими как эффективность процесса смесеприготовления, так и качество смеси, является содержание в ней связующего материала, влаги, а также длительность перемешивания компонентов. При этом требуется соблюдение оптимальных условий, которые определяются как видом связующего, так и типом смесителя. Кроме того, для более равномерного распределения компонентов смеси и создание однородных оболочек связующего вокруг зерен песка, снижения времени перемешивания, энергозатрат следует соблюдать последовательность смешивания компонентов формовочной смеси.

Максимально высокие свойства смесь приобретает только в период равномерного распределения пленки связующего по поверхности зерен наполнителя. Скорость протекания процесса обволакивания зерен песка связующими определяется физико-механическими свойствами составляющих смеси, конструкцией рабочих органов смесителя, числом уплотнений и разрыхлений в элементарном объеме смеси в единицу времени.

Одним из критериев качества перемешивания может служить количество контактов, образовавшихся в единице объема. Сама кинетика образования контактов сильно зависит от вязкости связующей композиции, смачивания на поверхности раздела связующее-наполнитель, расхода энергии на перемешивание.

Модель формирования однородной структуры смеси рассматривается в несколько этапов. На первом этапе (рис. 1, а) наполнитель занимает объем V . В некоторую часть этого объема вводится связующее, после чего в общем объеме появляется участок V_1 , в котором распределено все связующее. Благодаря силам адгезии на каждой частице наполнителя формируется оболочка связующего (процесс смачивания), толщина которой значительно превышает оптимальную. На поверхности наполнителя всегда имеется активный слой экспонированных ионов, которые вступают во взаимодействие с поверхностным слоем молекул связующего. Это взаимодействие определяет работу адгезии в пограничном слое. При этом появляется

так называемый эстафетный эффект по Г. И. Дистлеру, при котором первый слой связанных молекул взаимодействует с последующим, образуя оболочку упорядоченных молекул связующего. Особенностью этого слоя является дифференцированная сила связи.

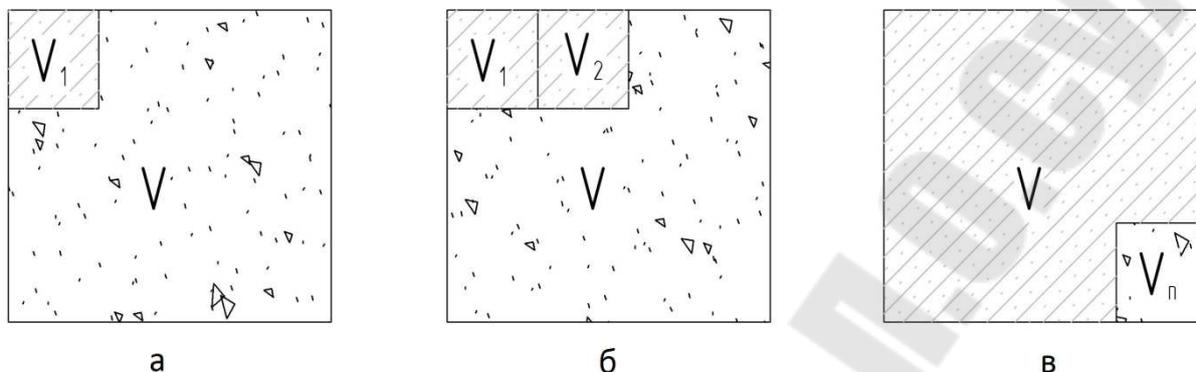


Рисунок 1 – Модель формирования однородной структуры смеси

По мере удаления от наполнителя силы связи, определяемые как силы когезии, уменьшаются и достигают значения, равноценного собственно работе когезии, т. е. вдвое больше силы поверхностного натяжения. В этом случае силы когезии меньше сил адгезии. На втором этапе (рис. 1, б) при смешивании происходит сдвиг объема V_1 и внедрение его в следующий элементарный объем V_2 . Поскольку силы адгезии превышают силы когезии, связующее из поверхностных слоев оболочки наполнителя в объеме V_1 переходит на активную поверхность наполнителя в объеме V_2 . При дальнейшем сдвиге частиц затрачивается работа на преодоление сил когезии в связующем и происходит разрыв контактов оболочек двух частиц наполнителя. Процесс перемешивания продолжается до полного распределения связующего между зернами наполнителя и формирование на них оболочек (рис. 1, в).

При продолжении перемешивания, т. е. на третьем этапе, система получает энергию, расходуемую на удаление воды или растворителя в составе связующего. Этот процесс сопровождается возрастанием жесткости связей в оболочке за счет увеличения сил адгезии. Увеличение продолжительности перемешивания сверх оптимальной приводит к тому, что в связующей системе появятся внутренние напряжения, ослабляющие когезионные и адгезионные связи и, как следствие этого, к падению прочности и других физико-механических свойств приготавливаемых смесей.

Аналогичная зависимость существует между прочностью смеси и содержанием в ней связующего: при малых количествах связующего значительная часть зерен наполнителя не покрывается пленкой связующего, вследствие чего смесь имеет недостаточную прочность. Только при достижении в смеси оптимального количества связующего происходит формирование пленки, равномерно распределенной по поверхности зерен наполнителя, создание межзеренных манжет связующего и, как следствие, приобретение смесью максимально высокой прочности.

Рациональная последовательность введения компонентов и оптимальный режим приготовления смеси обеспечивают достижение ее однородности и максимума прочности.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

Прибор для определения прочности при сжатии во влажном состоянии, копер лабораторный с гильзой цилиндрической, весы лабораторные 4-го класса с наибольшим пределом взвешивания 500 г с погрешностью ± 20 мг и наибольшим пределом взвешивания 5000 г с погрешностью ± 200 мг по ГОСТ 24104, смесители лабораторные. Песок сухой кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7% с модулем мелкости 52 - 62, определяемым по ГОСТ 23409.24, глина бентонитовая, подготовленная по ГОСТ 28177-89, вода дистиллированная с pH = 6,0 - 7,0 по ГОСТ 6709, твердомер, прибор для определения газопроницаемости смеси.

Методика и порядок проведения исследований

1. Приготовление единой песчано-глинистой смеси.

Взвешиваются составляющие компоненты в расчете на 3 кг формовочной смеси. Приготавливается формовочная смесь в бегунах при следующем порядке введения компонентов: песок + вода (продолжительность перемешивания – 2 мин) + бентонит. Смесь перемешивается в течение 15 мин. После трех-, пяти-, десяти-, пятнадцатиминутного перемешивания отбирается проба и определяются газопроницаемость и предел прочности при сжатии смеси во влажном состоянии. Результаты испытаний заносятся в

таблицу 1 протокола испытаний и результатов обработки исследований.

2. Определение газопроницаемости смеси.

Порядок определения газопроницаемости смеси описан в лабораторной работе №3.

3. Определение предела прочности при сжатии смеси во влажном состоянии

Порядок определения предела прочности при сжатии смеси во влажном состоянии описан в лабораторной работе №2.

По данным эксперимента определяется оптимальная продолжительность режима перемешивания смеси.

4. Исследование влияния порядка ввода компонентов в процессе приготовления на физико-механические свойства смеси.

Приготавливается смесь заданного состава по ранее установленному оптимальному режиму перемешивания компонентов и определяются газопроницаемость, предел прочности при сжатии смеси во влажном состоянии. Порядок ввода компонентов смеси представлен в таблице 2.

Протокол испытаний и результаты обработки исследований

По данным эксперимента определяется оптимальная продолжительность режима перемешивания смеси (таблица 1).

Таблица 1 – Определение оптимальной продолжительности режима перемешивания смеси

Исследуемые свойства	Продолжительность режима приготовления смеси			
	3 мин	5 мин	10 мин	15 мин
σ , МПа				
K, ед				

По полученным данным строятся графики зависимости прочности, газопроницаемости от времени перемешивания:

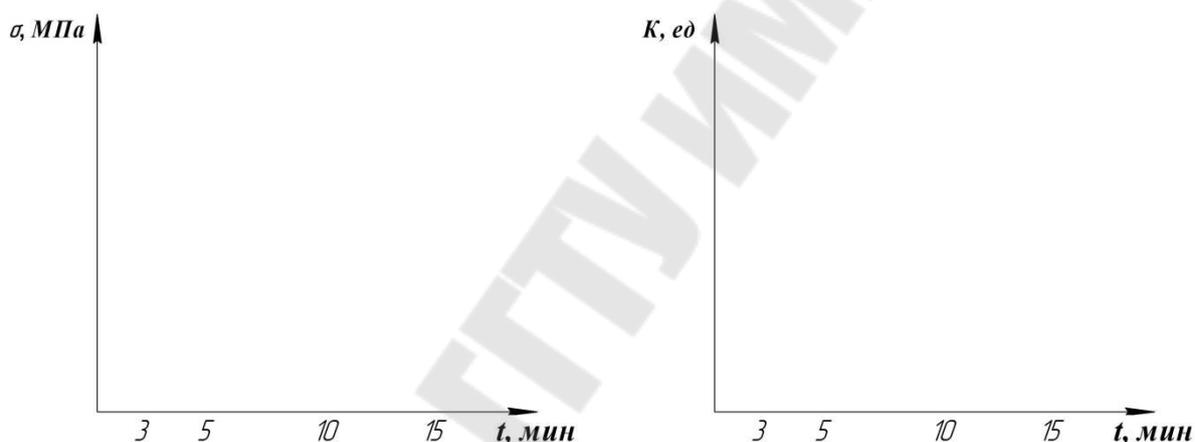


Таблица 2 – Результаты исследования порядка ввода компонентов на эксплуатационные свойства единой песчано-глинистой смеси

Порядок ввода компонентов смеси	Газопроницаемость, ед.	Прочности при сжатии смеси во влажном состоянии, МПа
Кварцевый песок + вода		
Кварцевый песок + вода + бентонит		
Кварцевый песок + бентонит		
Кварцевый песок + бентонит + вода		

Лабораторная работа 5

Оптимизация состава формовочных песчано-глинистых смесей

Цель работы: Изучить теоретические принципы оптимизации состава единых песчано-глинистых смесей, используя методики определения газопроницаемости, предела прочности на сжатие во влажном состоянии. Приобрести практические навыки оптимизации состава формовочных смесей.

Краткие теоретические сведения

Оптимизация состава формовочных песчано-глинистых смесей заключается в формировании определенного комплекса прочностных, газопроводящих свойств. Результат оптимизации в значительной степени зависит от связующей способности формовочных глин и достигается регулированием дисперстности связующего посредством изменения влажности.

Связующую способность формовочным глинам обеспечивает вода, содержание которой определяет влажность смесей. В подавляющем большинстве случаев под понятием «влажность» формовочной смеси подразумевают содержание в ней воды, удерживаемой физико-химической и физико-механической связями.

Вода способствует равномерному распределению компонентов смеси, увеличивает прочность сцепления (адгезию) связующего с поверхностью зерен песка. Кроме того, вода, имеющая сравнительно высокое поверхностное натяжение, сама в некоторой степени является связующим.

Влажные формовочные смеси принадлежат к классу структурно-сложных коллоидных капиллярно-пористых веществ. Существует три формы связи воды с минеральными и органическими веществами смеси: химическая, физико-химическая и физико-механическая. Каждая форма связи характеризуется несколькими основными признаками.

Наиболее прочной связью воды с минералами является химическая связь, характеризуемая точными количественными соотношениями; она нарушается при термическом воздействии. Химическая связь воды с минералами возникает в результате

протекания химической реакции или при образовании кристаллогидратов.

Физико-химическая связь жидкости с коллоидными веществами в стадии ее установления аналогична распространению двух жидкостей с разными молекулярными массами. С точки зрения термодинамики процесс набухания коллоидного вещества (например, глины) в первую очередь аналогичен процессу образования твердого раствора; при этом происходит адсорбция молекул жидкости молекулами внешней и внутренней поверхностей мицелл коллоидного тела с выделением некоторого количества теплоты.

Гидратационная вода, будучи адсорбированно-связанной, обладает свойствами, отличными от свойств обычной воды: не растворяет электролиты и вещества, ее плотность значительно больше единицы, а температура замерзания ниже 0 °С. Кроме того, она обладает свойствами упругого твердого тела. Толщина адсорбционного слоя воды составляет несколько сотен молекулярных диаметров; адсорбционные свойства воды ослабевают по мере удаления от поверхностного молекулярного слоя. Одновременно с выделением тепла адсорбция сопровождается также некоторым сжатием (контракцией) системы: коллоидное тело-жидкость. Объем набухшего тела меньше суммы объемов поглощенной жидкости и адсорбента.

Вторая стадия набухания коллоидных тел происходит без выделения тепла и сжатия системы. Вода, поглощённая во второй стадии, называется осмотической. Свойства этой воды не отличаются от свойств обычной жидкости. Такими же свойствами обладает так называемая иммобилизованная жидкость, которая находится внутри ячеек при образовании коллоидного тела.

Физико-механическая связь обусловлена действием капиллярных сил и сил смачивания. Первые зависят от поверхностного натяжения жидкости и капиллярного давления, а вторые определяются в основном природой и состоянием поверхности контактирующих материалов. Соотношения между капиллярной и поверхностно-связанной водой не одинаково у глин различных месторождений и изменяется в пределах примерно 0,3–2,0.

В некоторых случаях формовочные материалы (краски, пасты, глинистая суспензия, огнеупорные покрытия при литье по выплавляемым моделям) могут содержать гравитационную (механически захватываемую) влагу, последняя может

самопроизвольно удаляться под действием силы тяжести. В обычных формовочных смесях гравитационная вода отсутствует.

Влажность характеризуется различным влиянием на свойства смесей. С повышением влажности одни свойства смеси до определенного значения улучшаются, другие ухудшаются (рис. 1).

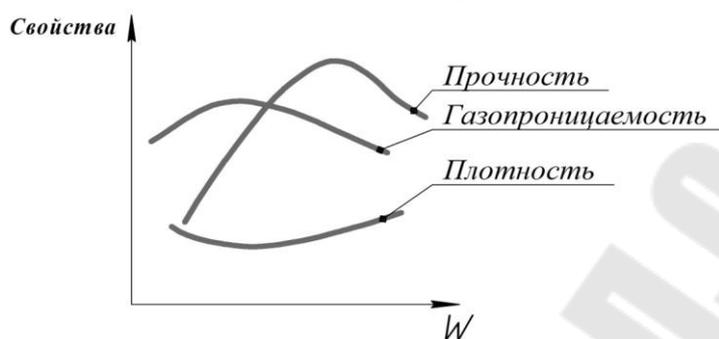


Рисунок 1 – Влияние влажности смеси на прочность, газопроницаемость, плотность

Это вызывает соответствующие трудности при составлении рецептур смесей и необходимость принятия компромиссного решения, которое может привести к ухудшению некоторых свойств. Диапазон изменения влажности формовочных смесей, уплотняемых обычными методами (встряхиванием, прессованием, пескометом) находится в пределах 2–8 %, а стержневых – в пределах 0–4 %.

Современные технологические процессы и особенно автоматические и механизированные смесеприготовительные и формовочные линии предъявляют жесткие требования к величине отклонения влажности смесей, составляющей 0,2–0,5 %. В случае большего отклонения влажности смесь теряет свои оптимальные технологические свойства, что нарушает работу установок и способствует образованию дефектов в отливках.

Недостаток влажности обуславливает неэффективное использование глины, вызывает осыпаемость форм, снижает прочность смеси и в итоге приводит к формированию дефектов (засоры, раковины и т. д.) в отливках. Повышенная влажность приводит к снижению газопроницаемости и прочности смеси, является причиной образования ужимин, пористости, засоров, поверхностных и объемных раковин, искажения размеров отливки.

Прочность формовочным смесям придает глинистая оболочка, сформировавшаяся вокруг частиц песка. В состав этой оболочки кроме глины и воды входят и различные добавки, а также органические связующие материалы (при наличии их в составе

смеси). Глинистые оболочки представляют собой пасты с содержанием воды около 50 %. Поэтому максимальные значения прочностных свойств могут быть достигнуты только при определенном соотношении количества воды и глины в составе формовочной смеси.

Для каждого конкретного состава смеси существует оптимальная величина влажности и содержания глинистой составляющей, при которых достигаются наилучшее сочетание основных свойств смеси.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

Прибор для определения прочности при сжатии во влажном состоянии, копер лабораторный с гильзой цилиндрической, весы лабораторные 4-го класса с наибольшим пределом взвешивания 500 г с погрешностью +/- 20 мг и наибольшим пределом взвешивания 5000 г с погрешностью +/- 200 мг по ГОСТ 24104, смесители лабораторные. Песок сухой кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7% с модулем мелкости 52 - 62, определяемым по ГОСТ 23409.24, глина бентонитовая, подготовленная по ГОСТ 28177-89, вода дистиллированная с рН = 6,0 - 7,0 по ГОСТ 6709, твердомер, прибор для определения газопроницаемости смеси.

Методика и порядок проведения исследований

1. Приготовление образцов из 4 составов смесей

Для проведения испытаний готовят 4 состава смеси. Масса каждой смеси 3 кг: 93 мас. ч. кварцевого песка, 7 мас. ч. глины. Данные компоненты перемешивают в течение 2 мин в лабораторных смесителях. Затем для смеси №1 добавляют 2 мас. ч. воды, для смеси №2 – 4 мас.ч. воды, для смеси № 3 – 6 мас. ч. воды, для смеси № 4– 8 мас. ч. воды. Закрывают смеситель крышкой и перемешивают увлажненную смесь в течение 2–3 мин.

Для проведения исследования из каждой смеси изготавливают образцы в специальной металлической гильзе, на лабораторном копре трехкратным ударом груза.

2. Определение газопроницаемости и прочности смесей во влажном состоянии.

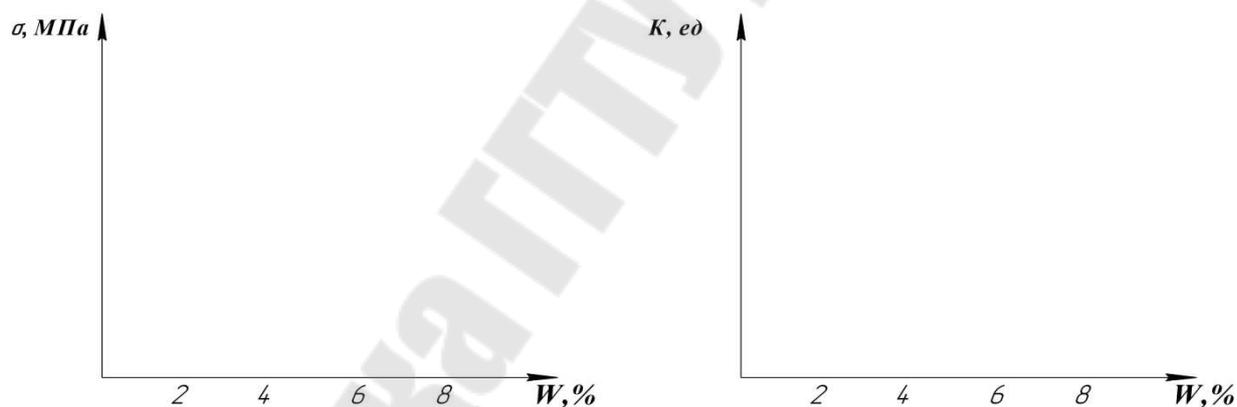
Протокол испытаний и результаты обработки исследований

Результаты исследований заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния количества воды на свойства формовочной смеси

Номер смеси	Кол-во воды, %	Газопроницаемость, ед.				Предел прочности на сжатие, Па			
		1	2	3	Среднее значение	1	2	3	Среднее значение
1	2								
2	4								
3	6								
4	8								

по полученным данным строятся графики зависимости прочности, газопроницаемости от количества воды в смеси:



Выводы и заключения по работе _____

Контрольные вопросы:

1. Что представляют собой оптимизация состава формовочных песчано-глинистых смесей?
2. Что подразумевается под понятием «влажность» формовочной смеси?
3. Какое воздействие оказывает вода на эксплуатационные свойства формовочной смеси?
4. Охарактеризуйте химическую форму связи воды с минеральными и органическими веществами смеси.
5. Охарактеризуйте физико-химическую форму связи воды с минеральными и органическими веществами смеси.
6. Охарактеризуйте физико-механическую форму связи воды с минеральными и органическими веществами смеси.
7. Какое влияние оказывает недостаточная влажность на свойства смеси?
8. Какое влияние оказывает повышенная влажность на свойства смеси?
9. Каким образом можно обеспечить технологически необходимое значение газопроницаемости и прочности во влажном состоянии смеси?
10. К каким дефектам отливок может привести применение формовочных смесей с недостаточным количеством влаги, с избытком влаги?

Лабораторная работа 6

Оптимизация состава и условий приготовления стержневых смесей

Цель работы: Приобрести практические навыки приготовления стержневых смесей по технологическим процессам по bake. Изучить влияние количества отвердителя, факторов внешнего воздействия на живучесть, время набора манипуляционной прочности, прочностных показателей химически твердеющей смеси. Ознакомиться с принципом работы лабораторного оборудования.

Краткие теоретические сведения

Стержни предназначены для формирования внутренней поверхности отливки, поэтому в процессе заполнения формы расплавом они полностью омываются им. Учитывая это к стержневым смесям предъявляются повышенные требования по прочности, термостойкости, газотворности, влажности, гигроскопичности, податливости и выбиваемости из отливок.

Современные технологические процессы изготовления стержней основываются на использовании химически твердеющих смесей в холодной оснастке (при нормальной температуре окружающей среды). Эти технологические процессы позволяют резко сократить цикл изготовления стержней, сократить число операций в цикле, создать предпосылки для внедрения элементов механизации и автоматизации на стержневых участках.

Достоинством ХТС является их легкая уплотняемость в оснастке, высокая скорость холодного отверждения, повышенная прочность и низкая осыпаемость стержней, облегченная выбиваемость из отливок, легкость регенерации отработанных смесей, высокая размерная точность отливок. При правильном выборе смоляного связующего обеспечивается также высокое качество отливок. Недостатки ХТС связаны с необходимостью принятия специальных мер по обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий труда.

На формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам (процессы получения литейных стержней, форм для условий многономенклатурного производства

отливок, основанные на применении песчано-смоляных смесей, отверждаемых жидкими отвердителями) большое влияние оказывают следующие факторы: тип связующих компонентов (смолы, отвердители, катализаторы), содержание примесей в песке, влажность песка, температура окружающей среды, продолжительность перемешивания, последовательность загрузки компонентов.

1. Выбор связующих компонентов играет важнейшую роль при разработке рецептуры стержневой смеси. Для использования смол холодного отверждения в массовом и крупносерийном производстве отливок необходимо обеспечить очень короткий (1-2 мин.) цикл отверждения сыпучей смеси, в мелкосерийном и индивидуальном производстве цикл отверждения может быть значительно больше (от 30 мин до 24 часов). Данные интервалы времени, в первую очередь, задаются типом применяемой связующей системы (смола+отвердитель или катализатор).

Для использования смол холодного отверждения в массовом и крупносерийном производстве отливок необходимо обеспечить очень короткий (1-2 мин.) цикл отверждения сыпучей смеси, в мелкосерийном и индивидуальном производстве цикл отверждения может быть значительно больше (от 30 мин до 24 часов). Данные интервалы времени, в первую очередь, задаются типом применяемой связующей системы (смола+отвердитель или катализатор).

В таблице 1 приведены наиболее широко применяемые смолы для ХТС.

Таблица 1 – Синтетические смолы для ХТС

Наименование смолы	Марка смолы
Мочевино-формальдегидные (карбамидные)	КФ-Ж, КФ-МТ
Мочевино-формальдегидно-фурановые (карбамидо-фурановые)	БС-40, БС-70, БС-80, КФ-40, КФ-90, Фуритолы: 80, 86, 174
Фенолформальдегидные (фенольные)	ОФ-1, СФ-3042, СФ-480, СФЖ-30-13, СФЖ-301
Фурило-фенолформальдегидные	ФФ-1СМ, ФФ-1ФМ, ФФ-1Ф
Мочевино-фенолоформальдегидно-фурановые	Фуритолы: 8, 11, 28, 30, 68, 102, 107, 107М, 125, 127, КСФ-1

Для стальных отливок массового производства лучшими являются фенолофурановые и фенольные смолы, которые обеспечивают высокую прочность смесей в течение небольшого времени (1-2мин). Однако окончательная прочность у смесей на основе карбамидных, карбамидно-фурановых смол превышает прочности смесей с фенольными и фенолофурановыми смолами, за счет более высокой адгезии к кварцу.

Для отверждения синтетических смол применяются различные отвердители: бензолсульфокислота, паратолуол сульфокислота, ортофосфорная кислота и др.

2. Необходимо стремиться к применению песков с минимальным содержанием глинистой составляющей, легкоплавких примесей, мелочи (пылевидной фракции).

Глина оказывает существенное влияние на прочность смоляных смесей и скорость затвердевания, что связано с ослаблением адгезионного взаимодействия в системе связующее-кварц при нанесении на зерна частичек глины и других примесей. Возможно также, что в связи с высокой сорбционной емкостью глины она легко поглощает часть отвердителя, который находясь в межпакетных объемах, исключается из сферы взаимодействия с высоковязкой смолой. Увеличение содержания глины в песке приводит к снижению прочностных свойств смесей на карбамидно-фурановых, карбамидоформальдегидных связующих, смолах модифицированных фуриловым спиртом.

Отвердитель также взаимодействует с окислами и солями щелочных и щелочноземельных металлов, содержащихся в песке и глине, и частично нейтрализуется, при этом его активная часть снижается и скорость затвердевания смеси падает. Увеличение количества катализатора в смеси с учетом его нейтрализации не восстанавливает технологических свойств, поскольку одновременно растет относительное содержание влаги, что сильно тормозит процесс химического взаимодействия. При наличии в песке углекислых солей Са, Mg и др. реакции идут с выделением CO_2 , который образует дефекты в связующей композиции.

Наличие пылевидной фракции в формовочном песке способствуют снижению всех эксплуатационных свойств стержневой смеси. К пылевидной фракции относятся частицы формовочного песка размером менее 0,09 мм. Не менее вредны также и очень мелкие фракции песка (0,09 – 0,125 мм). Пылевидные и мелкие частицы

препятствуют равномерному распределению связующих компонентов в смеси, особенно при коротком периоде ее перемешивания. Для компенсации этого необходимо увеличивать содержание связующей композиции, что увеличивает стоимость смеси и ухудшает условия труда.

Поэтому для смесей ХТС по no bake процессу используются кварцевые пески с содержанием глинистой составляющей не более 0,2-0,5%, легкоплавких примесей не более 2-3%. Содержание пылевидной фракции регламентируется средним диаметром зерна песка и должно быть минимально возможным. Содержание очень мелкой фракции в свежем формовочном песке не должно превышать 2%.

3. Факторы внешнего воздействия (влажность песка, температура окружающей среды) непосредственное воздействие оказывают на прочностные показатели, живучесть, время набора манипуляционной прочности. Для приготовления ХТС используют кварцевые пески с влажностью не более 0,3-0,5 %.

При составлении рецептуры стержневых смесей следует учитывать сезонные колебания температуры окружающего воздуха. Оптимальные условия эксплуатации смесей зафиксированы при использовании формовочного песка при температуре 20-25 °С. Снижение температуры способствует снижению моментальной прочности и окончательной прочности (почти в 4 раза). Указанный недостаток стержневых смесей устраняется увеличением расхода отвердителя, что увеличивает производственные затраты.

Повышение температуры на рабочем месте свыше 25 °С заметно увеличивает начальную скорость затвердевания, однако снижает окончательную прочность на разрыв.

4. Время перемешивания смеси для определенной конструкции смесителя сильно влияет на скорость затвердевания и прочность стержневой смеси. Это объясняется распределением связующего по зернам песка и количеством мостов, скрепляющих их, а также выделяющимся теплом, которое дает дополнительный импульс отверждения.

Конструкция смесителя, его емкость, число оборотов в конечном итоге сильно влияет на свойства смеси, позволяет активно регулировать их. Смеситель должен обеспечивать максимальную интенсивность перемешивания компонентов стержневой смеси.

5. Последовательность ввода компонентов при приготовлении смесей также играет значительную роль на формирование эксплуатационных свойств. Смолы, содержащие мочевины, целесообразно вводить первыми и только после их распределения следует вводить отвердитель. Фенолосодержащие смолы целесообразно вводить в смеситель после отвердителя. Карбамидофурановые смолы менее чувствительны к очередности ввода компонентов.

Лабораторное оборудование, инструменты, материалы

При проведении лабораторной работы используются: весы лабораторные 4-го класса с наибольшим пределом взвешивания 500 г с погрешностью +/- 20 мг и наибольшим пределом взвешивания 5000 г с погрешностью +/- 200 мг по ГОСТ 24104, химический стакан емкостью 80 см³, смеситель лопастной лабораторный периодического действия модели IM-R2, вибростенд, оснастка для изготовления образцов «Восьмерка», «Цилиндр», прибор для определения газопроницаемости, гильза для определения газопроницаемости, рычажный прибор для исследования прочности образцов на разрыв, муфельная печь с терморегулятором, песок сухой кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7% с модулем мелкости 52 - 62, определяемым по ГОСТ 23409.24, смола марки КФ65С по ТУ 6-00-5751766-4-88 с плотностью 1040 кг/м³, отвердитель – улучшенная термическая ортофосфорная кислота по ТУ 2143-002-002094550-96 с плотностью 1340 кг/м³.

Методика и порядок проведения исследований

1. Приготовление стержневой смеси.

Готовят 3 состава стержневой смеси (таблица 3), в состав которых входит кварцевый песок (2 кг на стержневую смесь), синтетическая смола марки КФ65С, отвердитель – улучшенная термическая ортофосфорная кислота.

Производят расчет количества необходимых связующих компонентов. Смешивание компонентов смеси производят в лабораторном лопастном смесителе периодического действия. В смеситель загружают кварцевый песок, затем равномерно добавляют ортофосфорную кислоту и смешивают в течение 3 минут. После этого

равномерно добавляют смолу и так же перемешивают в течение 3 минут. По окончании перемешивания начинают отсчет времени, в течение которого стержневая смесь сохраняет реологические свойства для определения живучести смеси и определения времени набора манипуляционной прочности.

За живучесть принимают время, прошедшее от момента приготовления смеси до регистрации твердомером отличного от нулевого значения поверхностной прочности (твёрдости). Это означает, что смесь начала отверждаться.

Регистрируют время набора манипуляционной прочности стержневой смеси. Для литейных стержней значение манипуляционной прочности находится на уровне 50-150 Н/см².

2. Изготовление образцов.

Образцы изготавливаются с помощью вибростенда в соответствующей оснастке. Для определения прочности на разрыв используют оснастку «Восьмерка», для определения газопроницаемости – «Цилиндр».

3. Исследование прочности образцов на разрыв.

Предел прочности на разрыв образцов из стержневых смесей в отвержденном состоянии определяют на рычажном приборе (рис. 1). Исследования проводят для каждого состава смеси на трех образцах, прочностные показатели определяют по среднему значению.

Перед закреплением образца в зажимах 1 рычаг 3 устанавливают в горизонтальное положение с помощью груза 2. Вращением гайки 7 поднимают нижний захват в верхнее крайнее положение, устанавливают образец, затягивают зажимы до плотного соприкосновения их с образцом, после этого оттягивают затвор 4. Дробь из воронки 5 высыпается в ведро 6, и к образцу постепенно прикладывается растягивающее усилие. В момент разрыва образца рычаг 3 падает, при этом затвор 4 перекрывает выходное отверстие воронки 5. Дробь взвешивают и определяют предел прочности смеси при растяжении по таблице 2.

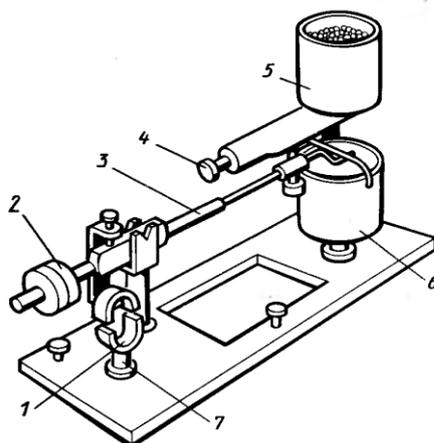


Рисунок 1 – Рычажный прибор для определения прочности образца на разрыв

Таблица 2 – Предел прочности смеси при растяжении, кПа

Граммы	Килограммы						
	0	1	2	3	4	5	6
0	–	157	314	471	628	785	942
50	7,8	165	322	478	636	793	950
100	10,8	173	330	487	643	800	957
150	23,5	180	337	494	651	808	965
200	3,14	188	345	502	659	816	973
250	39,2	196	353	510	667	824	981
300	47,1	204	361	518	675	832	–
350	55,0	212	369	526	683	840	–
400	62,8	220	377	534	691	848	–
450	71,0	228	385	541	698	855	–
500	78,5	235	392	549	706	863	–
550	86,3	243	400	557	714	871	–
600	94,1	251	408	565	722	879	–
650	102,0	259	416	573	730	887	–
700	110,0	267	424	581	738	895	–
750	118,0	275	432	589	746	902	–
800	126,0	283	439	596	753	910	–
850	133,0	290	447	604	761	918	–
900	141,0	298	455	612	769	926	–
950	149,0	306	463	620	777	934	–

Например, масса дробы составила 3,45 кг. В таблице 2 по горизонтали находят цифру 3, а по вертикали 450, пересечение линий дает величину предела прочности образца при растяжении, т. е. 541 кПа.

5. Определение газопроницаемости образцов стержневой смеси.

Определение газопроницаемости образцов стержневой смеси производится на соответствующем приборе по стандартной методике (см. лабораторная работа 3). Исследования для каждого состава смеси проводят на трех образцах, значение газопроницаемости определяют по среднему значению.

На основании проведенных исследований оптимизируют рецептуру стержневой смеси, для которой проводят последующие исследования.

6. Исследование влияния содержания пылевидной фракции в формовочном песке на эксплуатационные свойства стержневой смеси.

Готовят 3 состава смеси заданного состава. В первом составе смеси используют обеспыленный песок, во втором – песок с дополнительным содержанием фракции 0,125 мм и менее в количестве 5%, в третьем – песок с дополнительным содержанием фракции 0,125 мм и менее в количестве 10%. Изготавливают образцы «Восьмерка», исследуют живучесть, время достижения манипуляционной прочности, прочностные показатели стержневой смеси.

7. Исследование влияния влажности формовочного песка на эксплуатационные свойства стержневой смеси.

Готовят 3 состава смеси заданного состава. В первом составе смеси используют предварительно высушенный песок, во втором – песок с влажностью 0,5%, в третьем – песок с влажностью 1,5%. Изготавливают образцы «Восьмерка», исследуют живучесть, время достижения манипуляционной прочности, прочностные показатели стержневой смеси.

8. Исследование влияния температуры формовочного песка на эксплуатационные свойства стержневой смеси.

Готовят 3 состава смеси заданного состава. В первом составе смеси используют песок температуры окружающей среды, во втором – предварительно охлажденный песок до температуры 4 °С, в третьем – предварительно нагретый песок до температуры 50 °С. Изготавливают образцы «Восьмерка», исследуют живучесть, время достижения манипуляционной прочности, прочностные показатели стержневой смеси.

Протокол испытаний и результаты обработки исследований

В таблице 3 производят расчет количества необходимых связующих компонентов.

Таблица 3 – Составы стержневых смесей

Смесь	Количество компонентов					
	Кварцевый песок		Смола марки КФ65С		Ортофосфорная кислота	
	% масс.	кг	% масс.	мл	% масс.	мл
Смесь 1	100	2	1,2		0,6	
Смесь 2	100	2	1,2		0,8	
Смесь 3	100	2	1,2		1,2	

Результаты измерения живучести смеси и времени достижения манипуляционной прочности для различных составов смесей оформляют в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты измерения живучести смеси и времени достижения манипуляционной прочности

Смесь	Живучесть, мин.	Достижение манипуляционной прочности, мин.	Цвет
Смесь 1			
Смесь 2			
Смесь 3			

Результаты исследования прочности образцов из заданных составов стержневых смесей оформляют в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования прочности образцов из ХТС

Смесь	Прочность через 1 ч. после изготовления образцов, Н/см ²				Окончательная прочность, Н/см ²			
	1 обр.	2 обр.	3 обр.	Ср. знач.	1 обр.	2 обр.	3 обр.	Ср. знач.
Смесь 1								
Смесь 2								
Смесь 3								

Результаты исследования газопроницаемости образцов из заданных составов стержневых смесей оформляют в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты измерения газопроницаемости образцов из ХТС

Смесь	Газопроницаемость через 1 ч. после изготовления образцов, ед.				Газопроницаемость через 24 часа после изготовления образцов, ед.			
	1 обр.	2 обр.	3 обр.	Ср. знач.	1 обр.	2 обр.	3 обр.	Ср. знач.
Смесь 1								
Смесь 2								
Смесь 3								

Результаты исследования влияния содержания пылевидной фракции в формовочном песке на живучесть, время достижения манипуляционной прочности, прочностные показатели для оптимизированной рецептуры стержневой смеси оформляют в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты исследования влияния содержания пылевидной фракции на эксплуатационные свойства ХТС

№ образца	Живучесть смеси, мин.			Достижение манипуляционной прочности, мин.			Прочность через 1 ч. после изготовления образцов, Н/см ²		
	в зависимости от содержания пылевидной фракции в формовочном песке								
	0 %	5 %	10 %	0 %	5 %	10 %	0 %	5 %	10 %
1									
2									
3									
Ср. знач.									

Результаты исследования влияния факторов внешнего воздействия на живучесть, время достижения манипуляционной прочности, прочностные показатели стержневой смеси оформляют в таблице 8, 9.

Таблица 8 – Результаты исследования влияния влажности формовочного песка на эксплуатационные свойства ХТС

№ образца	Живучесть смеси, мин.			Достижение манипуляционной прочности, мин.			Прочность через 1 ч. после изготовления образцов, Н/см ²		
	в зависимости от влажности формовочного песка								
	0 %	0,5 %	1,5 %	0 %	0,5 %	1,5 %	0 %	0,5 %	1,5 %
1									
2									
3									
Ср. знач.									

Таблица 9 – Результаты исследования влияния температуры формовочного песка на эксплуатационные свойства ХТС

№ образца	Живучесть смеси, мин.			Достижение манипуляционной прочности, мин.			Прочность через 1 ч. после изготовления образцов, Н/см ²		
	в зависимости от температуры формовочного песка								
	окр. ср.	4 °С	50 °С	окр. ср.	4 °С	50 °С	окр. ср.	4 °С	50 °С
1									
2									
3									
Ср. знач.									

Выводы и заключения по работе _____

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к литейным стержням?
2. Назовите достоинства химически твердеющих смесей.
3. Назовите эксплуатационные свойства стержневой смеси.
4. Что такое по bake процессы?
5. Какие факторы оказывают влияние на формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам?
6. Охарактеризуйте влияние связующих компонентов на формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам.
7. Назовите основные синтетические смолы, применяемые в ХТС.
8. Охарактеризуйте влияние глинистой составляющей, легкоплавких примесей, пылевидной фракции на формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам.
9. Охарактеризуйте влияние влажности песка, температуры окружающей среды на формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам.
10. Охарактеризуйте влияние продолжительности перемешивания, последовательности загрузки компонентов на формирование эксплуатационных свойств стержневых смесей по по bake процессам.
11. Как осуществляется исследование прочностных показателей ХТС?

Литература

1. Берг, П.П. Формовочные материалы. / П.П. Берг. – М.: Машгиз, 1963. – 408 с.
2. Гуляев, Б.Б. Формовочные процессы / Б. Б. Гуляев, О. А. Корнюшкин, А. В. Кузин. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1987. – 264 с.
3. Боровский, Ю.Ф. Формовочные и стержневые смеси / Ю.Ф. Боровский, М.И. Шацких – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1980. – 86с.
4. Жуковский, С.С. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей / С.С. Жуковский, А.М. Лясс. – М.: Машиностроение, 1978. – 224 с.
5. Титов, Н.Д. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1974. – 472 с.
6. Оробченко, Е.В., Прянишникова, Н.Ю. Фурановые смолы/ Е.В. Оробченко, Н.Ю. Прянишникова. – Киев: ГОСТЕХИЗДАТ УССР, 1963. – 170 с.
7. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, Н.В. Андрианов. В 2 ч. Ч. 2. Технология изготовления отливок в разовых формах. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2011. –406с.
8. Технология и оборудование для производства стержней методом Cold-box-amin / Д.М. Кукуй [и др.]; под ред. Д.М. Кукуя.– Минск: Новое знание, 2007. –352 с.
9. Жуковский, С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник / С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2010. – 256 с
10. Актуальные разработки связующих систем PUR-Cold-Box для изготовления стержней фирмы «FURTENBACH GmbH»/ Псименос А. Х., [и др.]: под общ. ред. А. Х. Псименос [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ruscastings.ru/files/file163.pdf>.– Дата доступа: 15.09.2016 г.
11. Жуковский, С.С. Синтетические литейные связующие для новых технологических процессов / С.С. Жуковский, А.Г. Коршаков // Заготовительные производства в машиностроении, –2008, – №3. – С. 10-15.

Содержание

Лабораторная работа 1 Качественный и количественный анализ кварцевых формовочных песков.....	2
Лабораторная работа 2 Исследование свойств бентонитовых связующих для песчано-глинистых смесей.....	18
Лабораторная работа 3 Исследование свойств единых песчано-глинистых смесей	32
Лабораторная работа 4 Влияние технологических условий и режимов приготовления на свойства единых песчано-глинистых смесей	44
Лабораторная работа 5 Оптимизация состава формовочных песчано-глинистых смесей	51
Лабораторная работа 6 Оптимизация состава и условий приготовления стержневых смесей	57
Литература.....	69

**Одарченко Игорь Борисович
Прусенко Иван Николаевич**

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-36 02 01 «Машины
и технология литейного производства»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 25.01.17.

Рег. № 55Е.
<http://www.gstu.by>