

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

по дисциплине

«Теория и технология литейного производства»
для студентов специальности Т.02.02 –

«Технология, оборудование и автоматизация
обработки материалов» специализации Т.02.01.01 –

«Технология, оборудование и автоматизация
литейного производства»

Лабораторные работы по курсу "Теория и технология литейного производства" составлены в соответствии с учебной программой подготовки студентов по специализации "Технология, оборудование и автоматизация литейного производства".

Целью проведения лабораторных работ является закрепление теоретического материала курса и ознакомление студента на практике с методами и приборами проведения испытаний формовочных материалов и смесей, а также приобретение навыков в проведении и оформлении законченных экспериментальных работ.

Данный лабораторный практикум состоит из тринадцати работ, каждая из которых носит исследовательский характер и содержит необходимые теоретические сведения, описание методик, оборудования, приборов, материалов для проведения работ, а также методические указания по содержанию отчета и вопросы для контроля.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В основу каждой лабораторной работы положено параллельное выполнение работ и принцип максимальной самостоятельности студентов.

Началу работ предшествует вводная беседа, в которой студенты получают инструктаж по технике безопасности и расписываются в соответствующем журнале.

Перед выполнением очередной работы преподаватель проверяет подготовку студентов к занятиям, сообщает некоторые теоретические сведения, относящиеся к данной работе, знакомит с безопасными приемами работы на приборах и оборудовании. Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателя и участия лаборанта.

По окончании работы все подгруппы обмениваются полученными результатами исследований, заносят их в соответствующие таблицы и приступают к обработке и анализу их.

По работе составляется отчет, содержание которого указано в каждой лабораторной работе.

Оформленный отчет сдается преподавателю перед началом следующей работы.

Студенты, пропустившие лабораторную работу, выполняют ее в конце семестра, вне расписания, по особому графику.

Студент, не сдавший в установленный срок лабораторные работы, не получает зачет и к экзамену не допускается.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ ФОРМОВОЧНОГО ПЕСКА

Цель работы: ознакомить студентов с основными стандартными методами исследования формовочных песков.

Общие сведения

Основной составляющей формовочных и стержневых смесей являются формовочные пески.

Основой формовочного песка является кварц. В зависимости от массовой доли глинистой составляющей, под которой понимают частицы глинистых материалов, обломки зерен кварца и других минералов размером менее 22 микрометров, формовочные пески подразделяют на кварцевые (К), тощие (Т), жирные (Ж) (ГОСТ 2138-91).

Кварцевые и тощие формовочные пески подразделяют на группы в зависимости от содержания диоксида кремния, массовой доли глинистой составляющей, коэффициента однородности и среднего размера зерен, а жирные - от предела прочности при сжатии во влажном состоянии и среднего размера зерна.

В кварцевых песках доля глинистой составляющей не должна превышать 2%. Группы кварцевых песков приведены в табл. I.1-I.4.

Таблица I.1

Группа	Массовая доля глинистой составляющей, %, не более
1	0,2
2	0,5
3	1,0
4	1,5
5	2,0

Таблица I.2

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не более
K ₁	99,0
K ₂	98,0
K ₃	97,0
K ₄	95,0
K ₅	93,0

Таблица I.3

Группа	Коэффициент однородности, %
O ₁	св. 80,0
O ₂	от 70,0 до 80,0
O ₃	от 60,0 до 70,0
O ₄	от 50,0 до 60,0
O ₅	от до 50,0

Таблица I.4

Группа	Средний размер зерна, мм
O1	до 0,14
O16	от 0,14 до 0,18
O2	от 0,19 до 0,23
O25	от 0,24 до 0,28
O3	св. 0,28

В тощих песках содержание глинистой составляющей колеблется от 2,0 % до 12,0 %. Группы тощих песков приведены в табл. I.3-I.6.

Таблица I.5

Группа	Массовая доля глинистой составляющей, %, не более
1	4,0
2	8,0
3	12,0

Таблица I.6

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
T ₁	96,0
T ₂	93,0
T ₃	90,0

Жирные пески содержат от 12,0 % до 50,0 % глинистой составляющей. Группы жирных песков приведены в табл. I.4 и I.7.

Таблица I.7

Группа	Предел прочности на сжатие во влажном состоянии, МПа
К ₁	свыше 0,08
К ₂	от 0,05 до 0,08
К ₃	до 0,05

При маркировке формовочных, кварцевых и тощих песков используется обозначение групп: на первом месте располагается массовая доля глинистой составляющей, на втором — массовая доля диоксида кремния, на третьем месте — коэффициент однородности и на четвертом — средний размер зерна.

Пример. SK₂O₃O16 — формовочный кварцевый песок с массовой долей глинистой составляющей от 0,5 % до 1,0 %, массовой долей диоксида кремния не менее 98 %, коэффициентом однородности от 60 % до 70 % и средним размером зерна от 0,14 до 0,18 мм.

IT₃O₁O2 — формовочный тощий песок с массовой долей глинистой составляющей не более 4,0 %, массовой долей диоксида кремния не менее 90,0 %, коэффициентом однородности свыше 80,0 %, средним размером зерна от 0,19 до 0,23 мм.

K₃O1 — формовочный жирный песок с пределом прочности во влажном состоянии не более 0,06 МПа и средним размером зерна до 0,14 мм.

Формовочные кварцевые пески должны соответствовать показателям по массовой доле влаги, концентрации водородных ионов водной вытяжки (рН), массовой доле вредных примесей, форме зерен, значения которых приведены в табл. I.8—I.11.

Таблица I.8

Группа	Массовая доля влаг, %, не более
Сухие	0,5
Влажные	4,0
Сырые	6,0

Таблица I.9

Группа	рН
Кислые	до 6,2
Нейтральные	от 6,2 до 7,0
Щелочные	св. 7,0

Таблица I.10

Группа	Массовая доля вредных примесей, % не более	
	оксиды: Na_2O , K_2O , CaO , MgO	оксиды железа (Fe_2O_3)
Очень низкая	0,40	0,20
Низкая	0,80	0,40
Средняя	1,20	0,60
Высокая	1,60	0,80
Очень высокая	2,00	1,00

Таблица I.11

Группа	Коэффициент угловатости, ед, не более
Округлая	1,10
Полукруглая	1,25
Угловатая	1,40

По теоретической удельной поверхности и газопроницаемости кварцевые и тощие пески подразделяют на группы, приведенные в табл. I.12, I.13.

Таблица I.12

Группа	Теоретическая удельная поверхность, m^2/kg , не менее
Высокая	15
Средняя	10
Низкая	5

Таблица I.13

Группа	Газопроницаемость, $m^2/Pa \cdot c$, не менее
Очень высокая	550
Высокая	350
Средняя	200
Низкая	100
Очень низкая	30

По потере массы при прокаливании формовочные пески подразделяют на группы, указанные в табл. I.14.

Таблица I.14

Группа	Потеря массы при прокаливании, %, не более
Низкая	0,2
Средняя	1,0
Высокая	3,0

Массовая доля сульфидной серы в формовочных кварцевых песках не должна превышать 0,05 % и не иметь посторонних включений: агломератов кварцитов и кварцевых песчаников, остатков растительных слоев, угля, торфа, известняка.

В работе будут рассмотрены некоторые методы испытаний формовочных песков.

Определение массовой доли глинистой составляющей
ГОСТ 29234.1.

Определение коэффициентов однородности и среднего размера зерна - ГОСТ 29234.3.

Определение газопроницаемости - ГОСТ 29234.13.

Определение формы зерен песка - ГОСТ 29234.12.

Определение глинистых частиц

Оборудование, инструмент, материалы.

Шкаф сушильный, весы лабораторные, аппарат для определения глинистых частиц, трубка U-образная, мешалка лабораторная, сосуд стеклянный емкостью 1 дм³, палочка деревянная или стеклянная ϕ 4-6 мм, печь муфельная T=1000 °C, чаша кварцевая, эксикатор, песок кварцевый, пирофосфат натрия 10 г/дм³, вода техническая.

Порядок выполнения работы

От исследуемого песка отобрать две навески массой по 50 г каждая. Одну навеску помещают в кварцевую чашку и высушивают при температуре 105-110 °C и переносят в эксикатор для охлаждения. Вторая навеска высыпается в сосуд аппарата, в который заливается вода в объеме 475 см³ и пирофосфата натрия 25 см³. Сосуд закрывается пробкой, устанавливается на мешалку лабораторную и всалтывается в течение часа. После этого сосуд снимают с мешалки и содержимое переносят в стакан аппарата для автоматического отделения глинистых частиц, выполняя указания инструкция к аппарату. Если аппарат отсутствует, то сосуд доливают водой до 150 мм от дна, перемешивают палочкой и дают отстояться в течение 10 мин, затем сливают воду с помощью U-образной трубки. Операцию отмучивания повторяют два раза. При образовании хлопьев в верхнем слое сосуда их удаляют в слив с помощью U-образной трубки. В третий раз доливают

водой до того же уровня. Содержимое перемешивают палочкой и дают отстояться в течение 5 мин. Затем воду сливают. Эта операция повторяется до тех пор, пока вода в сосуде после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной. Остаток содержимого сосуда переносят количественно в кварцевую чашку и после 5-минутного отстаивания сливают воду. Осадок высушивают при температуре 105-110 °С и помещают в эксикатор для охлаждения. Затем охлажденные обе навески помещают в муфельную печь и прокачивают при температуре 1000 °С в течение 1 часа, после чего охлаждают и взвешивают.

Массу первой навески в процентах определяют по формуле

$$X_1 = \frac{[m - (m_1 - m_2)] \cdot 100}{m};$$

где m - масса навески песка, г; m_1 - масса чаши с навеской песка до прокаливании, г; m_2 - масса чаши с навеской после прокаливании, г.

Массу остаточную второй навески в процентах вычисляют по формуле

$$X_2 = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

где m - масса навески песка, г; m_1 - масса навески песка после прокаливании, г.

Массовая доля глинистой составляющей в процентах определяется по формуле

$$X = X_1 - X_2,$$

где X_1 - остаточная масса в процентах первой навески;

X_2 - остаточная масса в процентах второй навески.

Ускоренный метод можно применять при определенном массовой доли глинистых частиц в тощих песках. От исследуемого песка берется навеска массой 20 г и помещается в сосуд для кипячения, наливается вода в количестве 300 см³ и содержимое кипятится в течение 5 мин. Затем в сосуд доливают воды еще 200 см³ и взбалтывается на мешалке в течение 10 мин. После

взбалтывания в сосуд доливают воду до объема 1000 см³, перемешивают содержимое палочкой и дают отстояться в течение 10 мин. По истечении времени U-образной трубкой сливают воду. Отмучивание повторяют. В третий раз сосуд доливают водой и содержимое перемешивают палочкой, дают отстояться 5 мин. Снова сливают воду. Операции повторяют до тех пор, пока вода в сосуде после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной.

Осадок из сосуда количественно переносят в кварцевую чашу, после отстаивания сливают воду и высушивают при температуре 105-110 °С. При наличии органических примесей производят промывку осадка при температуре 1000 °С в течение часа. Охлажденный песок взвешивают.

Массовую долю глинистых частиц определяют по формуле

$$X = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100.$$

где m — масса навески песка, г; m_1 — масса навески песка после отмучивания, г.

Определение среднего размера зерна и коэффициента однородности

Оборудование, инструмент, материалы.

Прибор для определения гранулометрического состава, комплект сит, весы лабораторные, кисть мягкая, песок кварцевый.

Порядок выполнения работы.

Навеску песка после отделения от нее массовой доли глинистых частиц помещают на верхнее сито комплекта, который собран в порядке уменьшения стороны ячейки сита.

Рассев песка ведут в течение 15 мин, после чего прибор выключают и производят разборку комплекта сит. С каждого сита остаток песка переносят на глянцевую бумагу, при этом тщательно с помощью кисти очистив сито, и взвешивают.

Массовую долю остатка песка на ситах в процентах определяют по формуле

$$X = \frac{m_1}{m} \cdot 100,$$

где m_1 — масса остатка песка на сите, г;
 m — масса исходной навески песка, г.

Полученные результаты заносятся в табл. I.15 для определения среднего размера зерна и коэффициента однородности.

Таблица I.15

Размер сторон ячейки сита в свету, мм	Остаток на сите, г	Остаток на сите, %	Частич, размером меньше сторон ячейки сита, %
2,50	0	0	100
1,60	0	0	100
1,00	0,1	0,2	98,8
0,63	0,4	0,8	99,0
0,40	1,80	3,7	95,3
0,316	4,60	9,5	85,8
0,20	18,75	38,5	47,3
0,16	8,90	18,3	29,0
0,10	11,60	23,8	5,2
0,063	2,35	4,8	0,4
0,050	0,15	0,3	0,1
Тазик	0,05	0,1	0
Всего	48,70	100,00	
Д _{ср} =0,206	4/3 Д _{ср} =0,275	2/3 Д _{ср} =0,137	0=56

По полученным данным строят интегральную кривую распределения частиц по размерам, для чего по оси абсцисс откладывают в логарифмическом масштабе размер сторон ячеек сетки в свету, а по оси ординат в линейном масштабе количество частиц, меньшее данного размера в процентах.

Средний размер зерна (Д_{ср}) соответствует размеру сторон ячеек, через который проходит 50 % песчаной основы.

Для определения коэффициента однородности (O) по интегральной кривой находят процентное содержание частиц размером меньше 4/3 Д_{ср} и 2/3 Д_{ср}. Коэффициент однородности равен разности этих значений (рис. I.1).

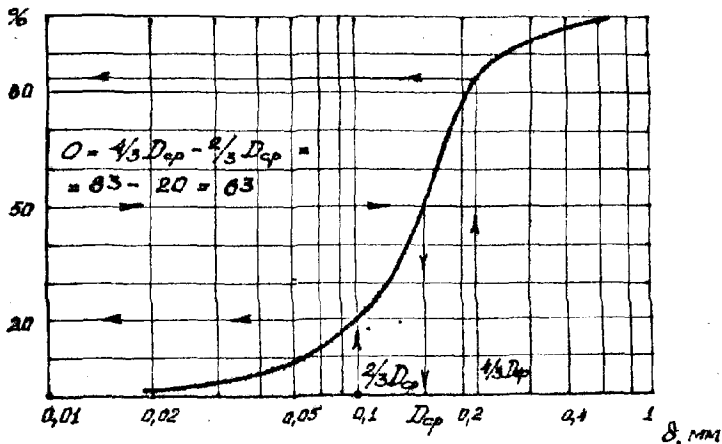


Рис. I. I Интегральная кривая

Определение газопроницаемости

Оборудование, инструмент, материалы.

Прибор для определения газопроницаемости, гильза для определения газопроницаемости песков в сухом состоянии, копра лабораторный, весы лабораторные, песок кварцевый сухой.

Порядок выполнения работы.

Из исследуемого песка изготавливают образцы в специальной металлической гильзе, собранной без сетки со стороны ячейки 0,10 мм. 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 изготовленным образцом снимают с копра, разбирают (снимают надставку), срезают избыток песка, если необходимо, устанавливают сетку и собирают гильзу. Собранный гильзу переворачивают на 180° и снимают подставку. В таком положении гильзу с образцом устанавливают на прибор для определения газопроницаемости.

ти и производят испытания. Снимают показания прибора. Необходимо производить два измерения. Если показания прибора не будут отличаться друг от друга не более 5 %, то принимается за результат среднее арифметическое двух измерений. В случае большего расхождения результатов определение газопроницаемости повторяют и за окончательный результат принимается среднее арифметическое трех измерений.

Определение формы зерен песка и теоретической удельной поверхности

Порядок выполнения работы

Форма зерен песка определяется коэффициентом угловатости, который вычисляется по формуле:

$$K_{уг} = \frac{S_{фак}}{S_{теор}}$$

где $S_{фак}$ - фактическая удельная поверхность песка, $м^2/кг$, и вычисляется по формуле

$$S_{фак} = K \cdot \frac{\epsilon \cdot \sqrt{\epsilon}}{1 - \epsilon} \cdot \frac{1}{\sqrt{G}}$$

где K - постоянная, равная 0,0419 при нормальных условиях;
 ϵ - газопроницаемость, $м^2/Па \cdot с$; ϵ - пористость слоя песка, вычисляется по формуле

$$\epsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\rho}$$

где ρ - теоретическая плотность песка, равная $2650 \text{ кг}/м^3$; ρ_0 - насыщенная плотность песка, $кг}/м^3$, которая определяется по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V}$$

где m - масса пробы песка, $кг$; V - объем пробы песка, $м^3$;

значения

$$\frac{a \cdot \sqrt{E}}{1 - a}$$

приведены в приложении ГОСТ 29234.12-91.

Теоретическая удельная поверхность $S_{теор}$ в м²/кг, находится по формуле

$$S_{теор} = \frac{6}{\rho} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{X_i}{D_i},$$

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 - остаток на сите, г; m - масса пробы песка, г;

D_i - средний диаметр зерен песка одной фракции, м, определяемый по формуле

$$D_i = \frac{D_n + D_{n+1}}{2}.$$

где D_n - размер ячейки сита, через которую прошла фракция песка, м; D_{n+1} - размер ячейки сита, на которой осталась фракция песка, м.

Необходимые данные по газопроницаемости и гранулометрическому составу для вычисления фактической и теоретической удельных поверхностей песка используются из ранее полученных результатов.

Содержание отчета

1. Характеристика формовочных песков.
2. Описание определения глинистой составляющей.
3. Описание определения среднего размера песка.
4. Результаты полученных исследований.

5. Методика определения газопроницаемости.
6. Выводы по каждому разделу работы.

Вопросы для контроля

1. Какими показателями характеризуются формовочные пески?
2. Какие показатели характеризуют марку песка?
3. Расшифровать марку песка, предложенную преподавателем.
4. Рассказать порядок определения глинистой составляющей.
5. Как производится определение среднего размера песка?
6. Чем характеризуется форма зерен песка?
7. Как строится интегральная кривая?
8. Какие бывают формовочные пески и чем отличаются они друг от друга?

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ БЕНТОНИТОВОЙ ФОРМОВОЧНОЙ ГЛИНЫ

Цель работы: экспериментальное определение основных характеристик формовочных глин.

Общие сведения

Основными связующими материалами в песчано-глинистых смесях (ПГС) являются формовочные глины, способные образовывать с водой пластичный материал, который вместе с зёрнами наполнителя придает формовочным смесям необходимые свойства и в первую очередь прочностные. Прочность ПГС зависит от следующих параметров формовочной глины: минералогического и химического состава, вида и количества примесей, дисперсности частиц, коллоидальности, а также количества и состава присоединенных катионов.

В зависимости от минерального состава формовочные глины разделяют на три вида: бентонитовые, каолиновые и полиминеральные (табл. 2.1).

Виды формовочных глин

Вид глины	Основной породообразующий минерал	Содержание основного породообразующего минерала, %, не менее
Бентонитовая (Б)	Монтмориллонит	70
Каолиновая и каолино-гидрослюдистая (К)	Каолинит и гидроокисида	70
Полиминеральная и прочие мономинеральные (П)	Не выявляются	-

Наибольшее применение в составах ППС нашли бентонитовые глины, основным минералом которых является монтмориллонит, имеющий химическую формулу $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ и пакетное строение (рис. 2.1). Отличительной особенностью монтмориллонита является его способность к набуханию в воде с увеличением своего объема в 10-12 раз. Это связано с увеличением расстояния между пакетами с 0,94 до 2,14 нм. Каждый пакет состоит из трех слоев. Между двумя слоями кремнекислородных тетраэдров внутри пакета расположен слой алюмогидроксильных октаэдров. Внутри слоистого пакета монтмориллонита связь между атомными группами осуществляется при помощи главных валентностей, тогда как между пакетами - слабыми силами Ван-дер-Ваальса, обуславливающие большую способность бентонита к набуханию.

Атомы кремния и алюминия, расположенные в центрах тетраэдров и октаэдров, могут замещаться атомами других металлов меньшей валентности с образованием у частиц монтмориллонита отрицательного заряда. Наличие этих зарядов приводит к адсорбции катионов на поверхности частиц монтмориллонита, способных замещаться другими катионами. Это явление называется катионообменом.

В монтмориллонитовых глинах способностью к катионообмену обладают не только внешние, но и внутрислоевые поверхности пакетов. Гидратация указанных поверхностей, а также диссоциация и гидратация обменных катионов являются причинами связывания воды бентонитами.

Суммарное содержание катионов на поверхности частиц монтмориллонита называется емкостью обменных катионов. Поскольку эта величина весьма мала, ее выражают в особых единицах – миллиграмм-эквивалентах (мг-экв.) в расчете на 100 г сухого материала.

Если в обменном комплексе преобладают одновалентные катионы щелочных металлов Na^+ и K^+ , то такой бентонит называется натриевым. Если же в обменном комплексе преобладают двухвалентные катионы щелочно-земельных металлов Ca^{2+} и Mg^{2+} , то такой бентонит называется кальциевым. По связующим свойствам лучшим из них является натриевый бентонит.

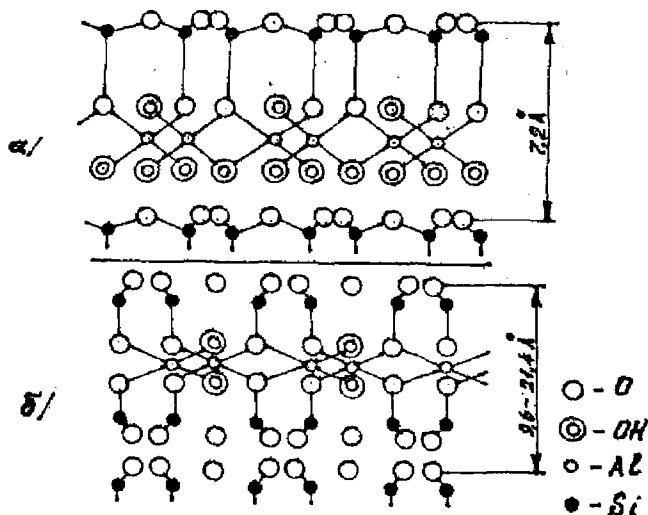


Рис.2.1. Схема кристаллической структуры каолинита (а) и монтмориллонита (б)

Натриевый бентонит обладает хорошими связующими свойствами и обеспечивает высокую сырую, сухую и горячую прочности формовочной смеси. Это позволяет вводить в смесь меньшее количество связующего и воды, а следовательно, и уменьшить газотворную способность смеси. В свою очередь пониженная газотворность смесей на основе натриевого бентонита дает возможность использовать в их составе пески с более мелким размером зерна, что положительно сказывается на чистоте поверхности отливок.

Наряду с высокими связующими свойствами натриевый бентонит обладает способностью сильно набухать в присутствии воды. Это свойство обуславливает пониженную текучесть и затрудненную выбиваемость смесей. Кроме того, максимальное использование прочностных свойств натриевого бентонита требует более длительного перемешивания формовочной смеси, чем при использовании других типов связующего.

По физико-механическим показателям в соответствии с ГОСТ 28177-89 бентонитовые формовочные глины подразделяются в зависимости от предела прочности при сжатии в сыром состоянии на: прочные (П) ($\sigma_{см} = 0,09$ МПа); среднепрочные (С) ($\sigma_{см} = 0,5-0,7$ МПа); малопрочные (М) ($\sigma_{см} \leq 0,05$ МПа). По пределу прочности при разрыве в зоне конденсации влаги: высокосвязующие - I ($\sigma_x \geq 0,0028$ МПа); связующие - 2 ($\sigma_x = 0,0028-0,0020$ МПа); среднесвязующие - 3 ($\sigma_x = 0,0020-0,0015$ МПа); малосвязующие - 4 ($\sigma_x \leq 0,0015$ МПа). По термической устойчивости: высокоустойчивые $T_1 \geq 0,6$ ад; среднеустойчивые $T_2 = 0,3-0,6$ ад; низкоустойчивые $T_3 < 0,3$ ад.

Постановка работы

Приборы и материалы, используемые в работе: приборы для определения прочности во влажном состоянии и в зоне конденсации влаги; копер лабораторный; весы лабораторные с пределом взвешивания 500 г с погрешностью ± 200 мг; смеситель лабораторный муфельная печь; эксикатор; фарфоровая испарительная чаша; песок кварцевый с содержанием глинистой составляющей не более 0,7%. бентонитовый порошок, вода с pH=6,0-7,0.

Каждая группа студентов исследует по два образца бентонитового порошка и измеряет $\sigma_{см}$, σ_x и T .

Порядок выполнения работы

Приготовить 3 кг смеси, состоящей из 95 частей песка и 5 частей глины, перемешивая ее в течение 2 мин в лабораторном смесителе. Затем добавить 70 см³ воды и перемешать увлажненную смесь в течение 20 мин.

Из приготовленной смеси изготовить пять образцов ϕ 50x50 мм и испытать на приборе для определения прочности, и определить среднеарифметическое значение пяти определений.

В специальной металлической гильзе с отрывным кольцом на лабораторном копре изготовить 3 образца ϕ 50x50 мм и испытать их на приборе для определения прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, определить среднеарифметическое значение трех определений.

Определять термическую устойчивость бентонита, для чего навеску глины массой по 200 г поместить в выпарительную чашу, которую установить в предварительно нагретую до температуры 550 °С муфельную печь и прокалить в течение часа. После прокаливания чашу с глиной поместить в эксикатор и выдержать до комнатной температуры. Приготовить два состава смесей по 2 кг с исходной и прокаленной глиной, после чего изготовить сырые образцы и испытать их прочность при сжатии.

Рассчитать термическую устойчивость (T) по формуле

$$T = \frac{\sigma_1}{\sigma_2},$$

где σ_1 - предел прочности при сжатии во влажном состоянии (с прокаленной глиной), МПа; σ_2 - предел прочности при сжатии во влажном состоянии (с исходной глиной), МПа.

По окончании работы по результатам испытаний определяется марка бентонитовой глины.

Содержание отчета

По законченной работе оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.
6. Выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Разновидности формовочных глин.
2. Как маркируются глины?
3. Механизм формирования вяжущих свойств формовочных глин.
4. Методика определения марки глины.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ПОРЯДКА ВВОДА КОМПОНЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСИ

Цель работы: экспериментально установить зависимость технологических свойств смеси от режима приготовления.

Общие сведения

Основным материалом для изготовления форм стального и чугунного литья в условиях серийного и массового производства являются песчано-глинистые смеси, которые в уплотненном состоянии представляют собой множество твердых частиц, окруженных оболочкой связующего материала, слабо связанных между собой. Важнейшими критериями их качества считаются: предел прочности на сжатие во влажном состоянии, газопроницаемость, влажность.

Рекомендации по выбору составляющих, а также собственно смесей носят эмпирический характер и не устанавливают связь с качеством отливки.

Следует отметить, что песчано-глинистые смеси нашли широкое применение при изготовлении форм для отливок, масса которых не превышает 500 кг. При получении отливок большей массы с использованием песчано-глинистой смеси возникают определенные неудобства: увеличивается трудоемкость уплотнения и отделки форм, необходимость теплового отверждения, удлиняется цикл производства, сложность, а иногда и невозможность механизации технологических процессов, требуются рабочие высокой квалификации. Перечисленные недостатки частично заставили заменить песчано-глинистые смеси смесями холодного отверждения. Применение ЭСС, ХТС позволило сократить продолжительность или ликвидировать сушку форм, снизить или отказаться от процесса уплотнения.

По предложенной Б.Б.Гуляевым и В.С.Кривицким классификации свойства смесей делятся на технологические, рабочие и общие. Технологические свойства: прочность во влажном и упрочненном состояниях, выбываемость, осыпаемость, текучесть, живучесть, долговечность.

Рабочие свойства: прочность в нагретом состоянии, огнеупорность, податливость, газотворность и газопроницаемость, поверхностная прочность, склонность к пригару и теплофизические характеристики смесей. Общие свойства зависят от исходных формовочных материалов и определяют: объемную массу, пористость, зерновой, минералогический и химический составы.

Формовочная смесь будет обладать оптимальной структурой и механическими свойствами, если она находится в состоянии термодинамического равновесия. Исходя из этого принципа формируются структурно-механические свойства смесей на всех этапах технологии формообразования: при выборе исходных материалов, смешивании, упрочнении, взаимодействии с отливкой и выливке.

В процессе перемешивания решаются две основные задачи: достижение однородности и максимума прочности смеси при заданных ограничениях по другим свойствам.

Структура смеси на этом этапе формируется за счет протекания физико-химических процессов на границе твердое тело - жидкость. При обеспечении рациональной последовательности протекания процессов на этом этапе удастся получить равновесную структуру смеси при максимальном КПД процесса. Нарушение этого условия при активном вмешательстве в ход этих процессов осуществляется при необходимости максимизации или минимизации какого-либо свойства смеси, например прочности во влажном состоянии или живучести. При этом значительно возрастает энергозатраты на проведение процесса, структура смеси приобретает неустойчивое равновесие, что приводит к ухудшению ее других технологических свойств.

Улучшение свойств смеси, в которую после наполнителя вводят твердую добавку, обусловлено возникновением незначительного трибсафакта у зерен кварцевого или другого наполнителя после обработки в смесителе. Благодаря этому твердая добавка равномерно распределяется на зернах песка. После введения жидкого связующего они смачиваются, отрываются от подложки за счет расклевывающего давления и образуют равномерную взвесь в пленке связующего.

Исследованиями установлено, что оптимальной является следующая последовательность ввода компонентов смеси в смеситель: наполнитель - твердая добавка - связующее, в последовательности возрастания краевого угла смачливания.

В большинстве случаев последовательность ввода компонентов совпадает с увеличением их поверхностной энергии.

Из литературных источников известно, что независимо от типа смесителей с увеличением времени перемешивания возрастает предел прочности смесей на сжатие во влажном состоянии. Технологические особенности изготовления форм и комплекс свойств смесей оказывают влияние на качество изготавливаемых отливок.

Постановка работы

I. Бегуны лабораторные, весы лабораторные, емкости для смесей и исходных формовочных материалов, прибор для определения предела прочности во влажном состоянии, прибор для определения газопроницаемости, копир лабораторный, кварцевый песок, огне-

упорная глина, сульфидно-спиртовая бражка, УСК-1.

2. Провести исследование смесей следующего состава (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Смесь	Песок	Глина	ССБ	УСК-1	Вода
№ 1	94	6			6
№ 2	94	2	2	2	

Составы смесей можно изменять по указанию преподавателя, ведущего занятия.

Порядок выполнения работы

Масса приготавливаемой смеси в лабораторных бегунах равна 3 кг. В соответствии с приведенным в таблице составом подготовить необходимые компоненты. Сначала определяется влияние длительности перемешивания на прочностные характеристики смеси, для чего загрузить сухие составляющие и перемешать в течение одной минуты, затем ввести жидкие. Общее время перемешивания компонентов - 8 мин. Из приготовленного состава отобрать смесь на изготовление трех образцов для определения предела прочности во влажном состоянии. Смесь уплотнять в гильзе на лабораторном копре тремя ударами. Изготовленные образцы установить на прибор для определения предела прочности. Смесь от разрушенных образцов снова загрузить в бегуны и перемешать в течение 5 мин. Снова отобрать приготовленную массу для определения предела прочности во влажном состоянии. Операцию приготовления смеси повторить три раза, т.е. общее время перемешивания для каждого случая будет 8, 13 и 18 мин. Полученные результаты свести в таблицу и по данным построить график: по оси ординат отложить предел прочности на сжатие, а оси абсцисс - время перемешивания.

Для определения влияния порядка ввода компонентов на технологические свойства смесей необходимо соблюдать следующую последовательность загрузки: для первой смеси - песок - вода - глина; для второй - песок - ССБ - УСК - глина и песок - глина - УСК - ССБ. Общее время перемешивания смеси 8 мин для каждого случая.

Смесь отбирать для изготовления образцов по-сырому для первой и по-сырому и сухому для второй. Время сушки образцов 20 мин при температуре 200 °С. Высушенные образцы охладить и определить предел прочности смеси в сухом состоянии. Полученные результаты овести в таблицу и проанализировать. По выполненной работе сделать выводы.

Содержание отчета

1. Дать краткое описание существующих песчано-глинистых смесей.
2. Выделить основные технологические и рабочие свойства смесей.
3. Кратко описать методику проведения работы.
4. Привести в таблице результаты эксперимента и построить зависимости.
5. Сделать выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Какие смеси используют для изготовления литейных форм?
2. Перечислить факторы, оказывающие влияние на качество формовочной смеси.
3. Какие свойства смесей относят к рабочим?
4. Объяснить влияние порядка ввода компонентов на свойства смеси.
5. Какое влияние оказывает время перемешивания на свойства смесей, объяснить почему?
6. Что такое единая, наполнительная и облицовочная смесь?
7. Что входит в состав песчано-глинистых смесей?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЧЕСТИ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы: ознакомление с методами определения текучести формовочных и стержневых смесей в зависимости от их вида.

Общие сведения

Применительно к физической модели уплотнения формовочных смесей текучесть характеризует внутреннее трение или сопротивление сдвигу смеси при ее деформации в направлении, перпендикулярном к приложению нагрузки. Применительно к качеству уплотнения текучесть характеризуется способностью смеси уплотняться с максимальной равномерностью степени уплотнения в объеме формы или стержня.

Сопротивление сдвигу S для ованосипучей среды описывается приближенно законом Кулона:

$$S = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где p - нормальное давление; φ - угол внутреннего трения; c - связность или сцепление.

Величина c обусловлена силами адгезионно-когезионного взаимодействия зерен огнеупорного наполнителя, покрытых пленкой связующего, т.е. зависит преимущественно от свойств самого связующего - вязкости, поверхностного натяжения, адгезии к наполнителю, предельного напряжения сдвига.

Угол внутреннего трения (для формовочных смесей находится в интервале 20-50°) в большей степени связан с гранулометрией песка, формой зерен, т.е. со свойствами огнеупорного наполнителя.

Наибольшее влияние на текучесть оказывает сцепление. О текучести можно судить косвенно по прочности смеси во влажном состоянии. Следовательно, прочность может служить крите-

рием при разделении формовочных и стержневых смесей на так называемые сыпучие, пластичные и жидкие. Жидкие смеси заполняют форму или полость стержневого ящика под действием гравитационных сил. Эти смеси практически не обладают начальной прочностью. Смеси с прочностью до 0,005–0,007 МПа относятся к сыпучим. Для их уплотнения достаточно только вибрация. Смеси с большей прочностью требуют применения уплотнения с большими затратами энергии (вотряхивание, прессование и др.).

Для определения текучести песчано-глинистых смесей (ПГС) наиболее распространен метод Орлова, предложенный для уплотнения статистическим прессованием. Этот метод основан на определении отношения величин твердости уплотненной смеси в точках А и Б (рис.4.1).

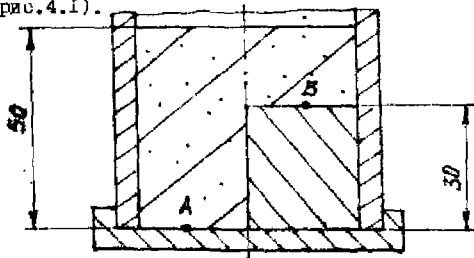


Рис.4.1. Схема определения текучести при прессовании

Для сыпучих смесей (ХТС и др.) в качестве технологической оценки, характеризующей силы сцепления, может служить определение формуемости — способности формовочной смеси уплотниться при заполнении формы свободной засыпкой. Формуемость смеси зависит от влажности. Чем больше влажность, тем ниже формуемость. У песчано-смоляных ХТС при изменении содержания связующего от 1 до 2,5 мас.ч. формуемость изменяется от 95 до 55 %.

Формуемость определяется путем просеивания смеси в сетчатом барабане, применяемом для определения осыпаемости.

Для жидких смесей (ЖСС), которым характерно низкое внутреннее трение за счет введения в их состав поверхностно-актив-

ных веществ (ПАВ), текучесть определяют по диаметру "расплава" определенного объема смеси. Для этого используют цилиндрическую гильзу диаметром 100 мм и высотой 150 мм, которая устанавливается на подставку, имеющую градуировку.

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: лабораторные смесители для приготовления ПТС, ХТС, ЖСС; лабораторный копер; технические весы с разновесами; коробки для смесей и исходных материалов; совок; часы; прибор для определения оснываемости; твердомер; цилиндрическая гильза с вкладышем; прибор для определения текучести ЖСС; сухой кварцевый песок; сухая формовочная глина в порошке; жидкое стекло плотностью 1450–1470 кг/м³; ФХШ; ПАВ; карбамидно-фураковая смола; ортофосфорная кислота; вода.

2. Каждая группа студентовготавливает три состава смеси (табл. 4.1). Каждый студент обязан определить текучесть каждого состава смеси самостоятельно.

Таблица 4.1

№ смеси	Кварц. песок	Глина	Смола*	Жидкое стекло	ФХШ	ПАВ	Кислота	Вода
1	95	5	-	-	-	-	-	5 св. 100 %
2	100	-	2,5 св. 100 %	-	-	-	1,5 св. 100 %	-
3	95	-	-	св. 100%	5	0,15 св. 100 %	-	3 св. 100 %

* - марка связующего материала предлагается преподавателем.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать компоненты на 2 кг песчано-глинистой смеси и приготовить смесь в лабораторных бегунах с вертикальными катками. Порядок перемешивания материалов в бегунах: сухой кварце-

вый песок - порошкообразный бентонит - вода. Песок и глину перемешивают 2 мин, затем добавляют воду и перемешивают еще 5 мин. Готовую смесь из бегунов выгружают в короб.

2. Определение текучести ПТС. Текучесть смеси при статическом уплотнении определяют по ГОСТ 23409.17-78. Навеску смеси массой 110 ± 5 г насыпают в металлическую неразъемную гильзу с вкладышем, имитирующим модель (рис.4.1), и уплотняют с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза. Гильза снимается, и твердомером замеряется твердость в плоскостях ступенчатого образца по три замера на каждой плоскости. Результаты замеров усредняются, и рассчитывается текучесть смеси (T) по формуле

$$T = \left(\frac{H_A}{H_B} \right) \cdot 100, \%$$

3. Рассчитать компоненты на 700 г ХТС и приготовить смесь в смесителе для ХТС. Порядок перемешивания материалов в смесителе: сухой кварцевый песок - смола - кислота. Песок и смолу перемешивают 1 мин, затем добавляют кислоту и перемешивают еще 30 с. Готовую смесь из смесителя выгружают в короб.

4. Определение формуемости. Формуемость смеси определяют по ГОСТ 23.409.15-78. Навеску смеси массой 200 г помещают в середину барабана прибора. Барабан вращается в течение 10 с. Прощедшую через сетчатую стенку барабана смесь взвешивают. Формуемость смеси (Φ) вычисляют по формуле

$$\Phi = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100, \%$$

где m_1 - масса исходной навески, г; m_2 - масса прошедшей через сито смеси, г.

5. Рассчитать компоненты на 3 кг ЖСС и приготовить смесь в лопастном смесителе. Порядок перемешивания материалов в смесителе: сухой кварцевый песок - феррохромовый шлак - жидкая композиция. Жидкая композиция готовится отдельно в стеклянном стакане на лабораторном миксере в пропорциях, указанных в табл.2.1. Песок и ФХШ перемешивают 1 мин, затем добавляют жидкую композицию и перемешивают еще 3 мин.

6. Определение текучести ЖСС. Готовую смесь из смесителя заливают в гильзу, установленную на градуированную подставку в приборе для определения текучести ЖСС, срезают излишки смеси и включают прибор. Замеряют диаметр расплыва смеси в четырех направлениях. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение диаметров всех четырех направлений.

Содержание отчета

По законченной работе оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.

Вопросы для контроля

1. Что такое текучесть формовочных смесей?
2. Что влияет на текучесть смеси?
3. Как определяется текучесть ППС?
4. Как определяется текучесть сыпучих смесей?
5. Как определяется текучесть жидко-подвижных смесей?
6. Что такое формуемость смесей и от чего она зависит?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы: ознакомление с методами определения прочностных свойств различных видов формовочных и стержневых смесей.

Общие сведения

Прочность формы, стержня или образца для испытаний – это их способность сопротивляться разрушению или необратимому деформированию под действием внешних статических, динамических нагрузок или температурных напряжений. Прочностью формовочной смеси называют предел прочности при разрушении стандартного образца при выбранном виде нагружения. Факторы, определяющие формирование прочности, приведены на рис.5.1.

В формовочных и стержневых смесях прочность связующего значительно меньше прочности основного материала – огнеупорного наполнителя (предел прочности кварца при сжатии составляет 2280–2800 МПа, при растяжении – 85–120 МПа, при изгибе – 92–180 МПа). Поэтому прочность указанных смесей определяется двумя параметрами (рис.5.1) – индивидуальной прочностью связи между зёрнами наполнителя в зоне контакта и числом реализованных контактов, т.е. контактов, которые осуществляются через плёнку связующего материала. В силу неопределённости геометрии зёрен и неоднородности их размеров обе названные величины могут оцениваться только статистически.

Теоретически разрушение единичного контакта может быть адгезионным – по границе раздела связующее – наполнитель и когезионным – по плёнке связующего. Реальное разрушение, как правило, бывает смешанным с преобладанием адгезионного (для ИТС с органическими связующими) или когезионного (ИТС, жидко-стекольные смеси). Как видно из рис.5.1, на прочность контакты

Прочность формовочной или стержневой смеси



Рис.5.1. Факторы, влияющие на прочность формовочных и стержневых смесей

влияют: природа связующего материала, физические свойства поверхности наполнителя, а также структурные факторы — число контактов (N), форма и размеры манжет связующего, соединяющего зерна. При уменьшении размеров зерен, которые оценивают по среднему диаметру (D_{cp}), число контактов увеличивается. При соблюдении условия равенства толщины манжеты (δ) увеличение числа контактов (N) приводит к увеличению прочности. Однако даже при значительном увеличении N прочность резко падает, если уменьшается δ .

С увеличением степени уплотнения прочность растет быстрее, чем плотность, т.е. одновременно с более плотной упаковкой происходит раздавливание манжет с соответствующим увеличением площади склейки. Повышение плотности смеси на 15–20 % увеличивает число контактов (N) на 40–50 %, а прочность на сжатие ($\sigma_{сж}$) для ПС в 3–4 раза; песчано-смоляных ХТС в 1,5–2 раза.

В формировании прочности смесей, подвергающихся химическому или тепловому упрочнению, значительную роль играют внутренние напряжения, обусловленные усадкой связующей композиции. На их значение влияют природа связующей композиции, ее состав и режим упрочнения. Чем выше скорость упрочнения, тем больше напряжения. Поэтому зависимость прочности от скорости отверждения при самозатверждении или тепловой обработке, как правило, имеет экстремальный характер.

В особых условиях находится поверхностный слой смеси, т.к. число контактов в нем значительно ниже, чем у наполнителя внутри смеси. Поэтому на поверхностную прочность, которая характеризуется осыпаемостью, влияют гигроскопичность связующего, время твердения смесей.

Изменение осыпаемости связано с повышением или понижением влажности поверхностного слоя из-за испарения или поглощения влаги гигроскопичным связующим. Скорость этих процессов зависит от влажности смеси, воздуха и температуры. У гигроскопичных связующих при относительной влажности воздуха, превышающей 80–85 %, влажность смеси в поверхностном слое возрастает, поверхностная прочность падает, появляется значительная осыпаемость. Если связующее высыхает при хранении, то поверхностная прочность зависит от его природы и способа отверждения. Само-

твердеющие смеси с жидким стеклом и смолами, как правило, упрочняются при хранении. У этих смесей повышенная осыпаемость является признаком того, что стержень или форма изготовлены из смеси, частично потерявшей живучесть. При CO_2 -процессе, особенно при "перадуде", или пониженном содержании жидкого стекла осыпаемость растет из-за развития напряжений в выходящей сетке силикагеля.

Прочность смесей должна быть достаточной, чтобы обеспечить изготовление, транспортировку, хранение, оборку форм и стержней без повреждений или разупрочнения. Поэтому формовочные и стержневые подвергаются различным видам испытаний на прочность, изложенных в ГОСТ 23409.7-78, ГОСТ 23409.9-78. Различают прочность на сжатие в сыром или сухом состоянии. Испытание проводится на стандартных цилиндрических образцах диаметром 50 мм и высотой 50 мм (рис. 5.2, а). Этим испытаниям подвергаются ПС, ХТС, смеси, отверждаемые тепловой сушкой, КОС.

Для определения предела прочности формовочных и стержневых смесей при растяжении в отвержденном состоянии используют стандартные образцы, изображенные на рис. 5.2, б.

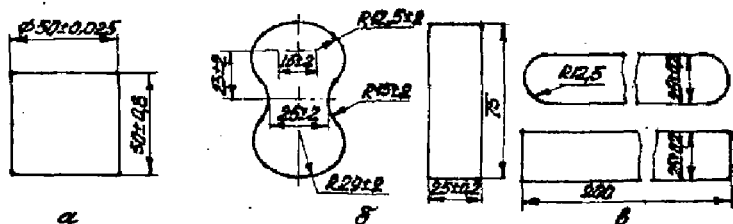


Рис. 5.2. Стандартные образцы для определения прочности при сжатии, растяжении и изгибе

Данному испытанию могут подвергаться смеси, отверждаемые в нагретой оснастке, отверждаемые тепловой сушкой, для CO_2 -процесса, ХТС.

Испытанию предела прочности на изгиб подвергаются смеси, отверждаемые в нагретой оснастке и ХТС. Для этого используются образцы, соответствующие рис.5.2,в.

Испытание поверхностной прочности-осыпаемости основано на определении величины потери массы образца (рис.5.2,а) в сыром, высушенном или отвердевшем состоянии при трении его о стенки сетчатого барабана. Испытанию могут подвергаться любые смеси.

Уплотнение всех вышеуказанных образцов производится трехкратным ударом лабораторного копра или на пескоудном стенде. Испытания описанных ранее свойств проводят на трех образцах. За результат исследований принимается среднее арифметическое трех опытов.

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: лабораторные смесители для приготовления ПТС, ХТС, лабораторный копер, технические весы с разновесами, коробки для смесей и исходных материалов, совок, часы, приборы для определения прочности, осыпаемости, цилиндрическая гильза, стержневые яшки для получения образцов по рис.5.2,б,в, сухой кварцевый песок, сухая формовочная глина в порошке, карбамидно-фурановая смола, ортофосфорная кислота, фенол-формальдегидная смола.

2. Каждая группа студентов приготавливает три состава смеси в соответствии с табл.5.1.

Каждый студент самостоятельно определяет прочность образцов на сжатие, растяжение, изгиб, поверхностную прочность (осыпаемость).

Составляющая смеси	Кварцевый песок	Глина	Смола*	Кислота	Вода
1	93	7	-	-	5
2	100	-	3	2	-
3	100	-	3	-	-

* - марка связующего предлагается преподавателем.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать компоненты на 2 кг ЦУ (смесь № 1) и приготовить смесь в лабораторных бегунах с вертикальными налками. Порядок перемешивания материалов в бегунах: сухой кварцевый песок - порошкообразная глина - вода. Песок и глину перемешивают 2 мин, затем добавляют воду и перемешивают еще 5 мин. Готовую смесь из бегунов выгружают в короб.

2. Определение предела прочности при сжатии. Прочность смеси при сжатии определяют по ГОСТ 23409.7-78. Навеску смеси массой 165 ± 5 г насыпают в металлическую наравъемную гильзу и уплотняют с помощью лабораторного конра трехкратным ударом груза. Гильза снимается, и образец устанавливается в приспособление прибора и нагружается до полного его разрушения. Шкала прибора указывает значение предела прочности при сжатии в МПа.

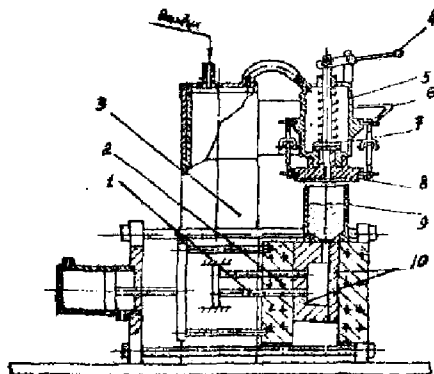
3. Определение осыпаемости. Осыпаемость определяют по ГОСТ 23409.9-78. Изготавливается стандартный цилиндрический образец по п. 2. После этого образец взвешивают, затем помещают в центральную часть барабана, который вращают при испытании сырых образцов в течение 30 с, сухих - 1 мин. Затем барабан останавливают, образец извлекают и снова взвешивают. Осыпаемость (O) в процентах вычисляют по формуле

$$O = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\%,$$

где m - масса образца до испытания, г; m_1 - масса образца

после испытания, г.

4. Рассчитать компоненты на 700 г смеси М 3 и приготовить смесь в лабораторном смесителе для ХТС. Песок и смолу перемешивают в течение 2 мин. Готовую смесь из смесителя выгружают в съемный бункер 9 (рис.Б.3).



Б.3. Схема прибора мод.4735

5. Определение предела прочности при растяжении. Прочность смеси при растяжении определяют по ГОСТ 23409.7-78. На основе готовой смеси по п. 4 на приборе мод.4735 (рис.Б.3) приготовить образцы (рис.Б.2.б). Для этого на стержневой ящик 10, предварительно нагретый до температуры 220–250 °С, установить бункер 9 и поместить под колпак надува 8. Опустить рычаг-скобу 6 до упора вниз, прижав бункер 9 к стержневому ящику 10 и колпаку надува 8. Наматывать вниз до упора рычаг 4 для открытия клапана 7 надува и заполнить стержневой ящик смесью. Выдерживать смесь в ящике в течение 2 мин и раскрыть его. При этом подвиж-

ная половина стержневого ящика 10 переместится в левое положение, а толкатели 7 вытолкнут образцы из гнезда ящика.

6. Рассчитать компоненты на 700 г смеси № 2 и приготовить смесь в лабораторном смесителе для ХТС. Порядок перемешивания материалов в смесителе: сухой кварцевый песок - омола - кислота. Песок и смолу перемешивают 1 мин, затем добавляют кислоту и перемешивают еще 30 с. Готовую смесь из смесителя выгружают в короб.

7. Определение предела прочности на изгиб. Предел прочности на изгиб определяют по ГОСТ 23409.7-76. Навеску смеси массой 220 ± 5 г засыпают в металлический стержневой ящик, соответствующий конфигурации стержня (рис. 5, 2, в), и уплотняют с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза. Допускается после уплотнения срезать избыточный слой смеси высотой не более 3 мм без заглаживания. Образец выдерживается в ящике в течение 30 мин, после чего извлекается и устанавливается в приспособление прибора и нагружается до полного его разрушения. Предел прочности на изгиб измеряется в МПа.

Содержание отчета

По законченной работе оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.

Вопросы для контроля

1. Что такое прочность формы или стержня?
2. Какие факторы влияют на прочность смесей?
3. Что такое прочность контакта и от чего она зависит?
4. Какие виды разрушения формовочной смеси вы знаете и от чего они зависят?

5. Как влияет плотность упаковки смеси на прочность?

6. Для чего необходима прочность формовочных и стартовых смесей?

7. Как влияет скорость упрочнения смеси на прочность и почему?

8. Каким видам испытания на прочность подвергаются смеси ХТС, ПТС, ЖСС?

9. Что такое осыпавость и от чего она зависит?

10. Как определяется предел прочности смеси на сжатие?

11. Как определяется предел прочности смеси при растяжении?

12. Как определяется осыпавость смеси?

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

Цель работы: экспериментальное определение зависимости основных технологических свойств песчано-глинистой формовочной смеси (прочности, газопроницаемости и текучести) от ее влагосодержания.

Общие сведения

Постановка задачи. Одним из важнейших факторов, обеспечивающих получение качественных отливок, является приготовление стабильной формовочной смеси, имеющей требуемый уровень физико-механических и технологических свойств. Добиться этого можно только при условии правильного выбора исходных компонентов смеси и оптимального их соотношения, рационального использования эффективных методов подготовки и приготовления смеси, высокого уровня автоматизации и непрерывного оперативного контроля качества смеси на всех этапах ее подготовки и приготовления.

Более 70 % разовых форм в литейном производстве изготавливаются из песчано-глинистых формовочных смесей (ШС). Свойства этих смесей практически полностью определяются характеристиками и соотношением трех основных компонентов: наполнителя (как правило, кварцевого песка), формовочной глины (как правило, бентонитовой) и воды. Одной из основных концепций оперативного управления качеством песчано-глинистых формовочных смесей непосредственно в технологическом потоке является непрерывный контроль и управление влажностью смеси. Эта концепция базируется на двух основных факторах.

Во-первых, влажность ШС при заданном составе является параметром, определяющим важнейшие физико-механические и технологические свойства смеси (прочность, газпроницаемость, текучесть, уплотняемость, формуемость и др.). При этом каждая формовочная смесь имеет оптимальный диапазон влагосодержания, обеспечивающий наилучшее сочетание качественных характеристик смеси: максимальную прочность, низкую осылаемость, высокую газпроницаемость при хорошей уплотняемости и удовлетворительной текучести. На рис.6.1 графически представлено влияние влагосодержания на свойства песчано-глинистой формовочной смеси, используемой в I-м чугуно-литейном цехе ПО "МТЗ".

$\delta, \text{Мпа}$ 0, % Гад Т, %

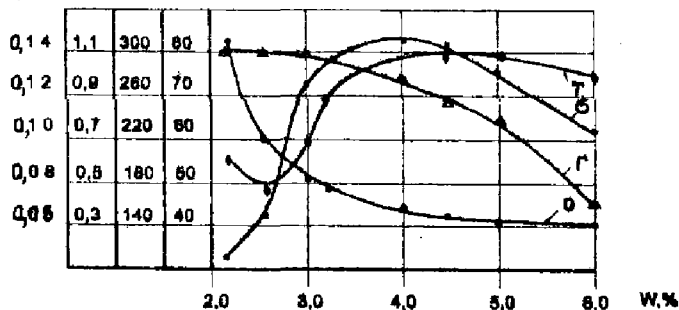


Рис.6.1

Из приведенных на рис.б.1 зависимостей следует, что для представленной смеси наиболее оптимальным интервалом рабочих влажностей является диапазон от 3,5 % до 4,3 %. Превышение оптимальной влажности приводит к снижению объемной прочности и газопроницаемости смеси, повышает и газотворность и как следствие вызывает дефекты отливок по ужиминам, поверхностным и объемным газовым раковинам, приводит к увеличению пригара и т.д. В то же время заниженное содержание влаги в формовочной смеси увеличивает ее осыпаемость, снижает уплотняемость, что приводит к возникновению дефектов по засорам, повышению шероховатости, снижению размерной точности отливок.

Во-вторых, если содержание и потери бентонита, противопригарных и других специальных добавок в смеси достаточно легко поддаются прогнозированию (учитываются среднестатистические потери, связанные с уносом смеси с отливкой и при обеспыливания, выгорание добавок и шамотизация активной глины при заливке), то изменение влагосодержания формовочной смеси — параметр, зависящий от большого количества факторов, в том числе и случайных, среди которых — температура и влажность в цехе, режим работы технологического оборудования (технологические и аварийные перемены в работе, загруженность оборудования), номенклатура заливаемых отливок и металлоемкость формы, длина транспортеров, наличие и производительность оборудования, обеспечивающего подготовку (регенерацию) оборотной смеси. Указанные причины приводят к широкому разбросу влажности в объеме оборотной смеси (от 0,8—1 % до 3—3,5 %) и соответственно необходимости изменения дозировки воды (либо суспензии) в каждом цикле смесеприготовления.

Помимо сказанного, доувлажнение смеси мгновенно отражается на ее технологических свойствах, в то время как влияние дополнительно вводимого бентонита (также как спецдобавок) имеет относительно высокую инерционность и проявляется полностью лишь после нескольких полных оборотов формовочной смеси.

Учитывая приведенные обстоятельства, сегодня ведущие мировые производители смесеприготовительного и формовочного оборудования оснащают его системами автоматического контроля и управления влагосодержанием. Наиболее перспективными среди них являются

системе, основанные на контроле влажности смеси по ее диалектрическим характеристикам. Задача же современного технолога, отвечающего за качество формовочной смеси, заключается в рациональном выборе исходных формовочных материалов и состава смеси, подборе оптимального уровня влажности, грамотной организации постоянного контроля качества смеси и управления процессом смесеприготовления.

2. Исследование качественных характеристик формовочной смеси. Прочность смеси. Прочность формовочной смеси называют предел прочности при разрушении (сжатии, растяжении, изгибе и срезе) стандартного образца под действием внешней нагрузки, этот параметр регламентируется ГОСТ 23409.7-78.

Прочность смеси определяется индивидуальной прочностью единичной связи (контакта) между частицами смеси и количеством реализованных контактов. Таким образом, прочность смеси зависит от вида связующего, того, насколько равномерно связующее покрывает поверхность зерен, от его адгезионных и когезионных свойств, величины и формы зерен песка, а также степени уплотнения смеси.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать определенной прочностью, чтобы в процессе заливки и затвердевания форма и стержни могли выдержать статическое и динамическое воздействие металла, давление газов, усилия, возникающие при усадке металла и т.д. Смесь должна иметь достаточную "манипуляторную" прочность, чтобы форма и стержни не деформировались в сыром состоянии при их изготовлении, транспортировке и сборке форм. Поэтому прочность как одна из главных характеристик смеси должна систематически контролироваться в производственных условиях.

В условиях ручной и машинной формовки (на встряхивающих машинах и вибростлах) рекомендуется использовать ПГС, имеющие прочность при сжатии во влажном состоянии в пределах 50-80 кПа. При изготовлении отливок на автоматических линиях используются смеси с прочностью от 90 до 200 кПа (в случае безопочной формовки).

Текучесть смеси. Текучесть характеризует способность смеси под действием внешней нагрузки получать пластические деформации без нарушения сплошности. Чем меньше нагрузка, при которой образец пластически деформируется, тем больше показатель текучности смеси. Текучесть регламентируется ГОСТ 23409.11-78 (определение текучности при динамическом уплотнении) и ГОСТ 23409.17-78 (определение текучности при статическом уплотнении).

Равномерное уплотнение смеси вокруг модели зависит от текучности формовочной смеси, т.е. от ее способности перемещаться из более уплотненной части формы в менее уплотненную.

Чтобы произошел относительный сдвиг элементарных объемов, смесь нужно довести сначала до состояния предельного равновесия (предельного напряжения сдвига), при котором наступает равенство между внешним давлением, действующим на элементарный объем, и вызванными этим давлением силами внутреннего сопротивления.

При достижении этих условий в объеме смеси возникает бесчисленное множество поверхностей скольжения, минимальное увеличение внешнего давления приводит к деформации сдвига частиц по этим плоскостям и соответствующему уплотнению смеси.

Внутреннее трение смеси определяется вязкостью связующего (для ПТУ соотношением "вода - бентонит" и связующими характеристиками бентонита), гранулометрией кварцевого наполнителя и текущей плотностью смеси. Как показывает практика, для получения качественного отпечатка модели и равномерного уплотнения смеси по объему формы ее текучесть, определенная по ГОСТ 23409.17-78, должна быть не менее 60-70 %.

Газопроницаемость. Газопроницаемость - технологическое свойство, характеризующее способность уплотненной формовочной смеси пропускать через себя газы и пары, образующиеся при взаимодействии жидкого металла и горячей отливки с формой. Если не обеспечить этим газам условия выхода через материал формы и стержней в атмосферу, то они перемещаются в сторону отливки и внедряются в жидкий металл, что приводит к появлению в отливках дефектов в виде газовых раковин, пористости, ужилин и др. Поэтому формы и стержни должны обладать достаточно хорошей газопроницаемостью. При использовании ПТУ газопроницаемость является важнейшим свойством и должна систематически контролироваться, этот

контроль осуществляется согласно ГОСТ 23409.6-78. Для обеспечения нормального режима отвода газов из залитой формы газопроницаемость смеси должна быть не менее 100-120 ед. На газопроницаемость смеси влияет гранулометрический состав смеси (наличие и количество пылевидных частиц), содержание связующего и степень уплотнения.

Влажность смеси. Влажность смеси определяется содержанием воды, которая может быть как самостоятельным компонентом связующей композиции формовочной смеси (например в ПГО), так и входить в состав одного из ее компонентов как растворитель (например, в жидкостекольных смолах, в смесях на водорастворимых синтетических смолах). Влагосодержание является важнейшей характеристикой всех типов смесей и оказывает существенное влияние практически на все технологические свойства смеси: прочность, уплотняемость, формуемость, текучесть, прочность в зоне конденсации и др.

Вода, входящая в состав формовочных смесей, не является просто механически примешанной. Она связана с минеральными и органическими веществами химически, физико-химически и физико-механически. Химически связанная, так называемая конституционная (или кристаллизационная), вода находится в минерале в определенном количественном соотношении с другими составляющими и выделяется лишь при температуре 400-500 °С.

Физико-химически и физико-механически связанная вода (т.н. слабо связанная) не входит в состав минерала. К ней относятся адсорбционная, капиллярная и свободная вода, которая располагается на поверхности частиц минерала, в промежутках между ними и может быть удалена частично или полностью, без изменения свойств минерала при температуре 105-110 °С. Под понятием "влажность" формовочной смеси, как правило, понимают воду, которая удерживается слабыми связями.

Согласно ГОСТ 23409.5-78 влажность формовочных смесей определяется методом высушивания навески исследуемой смеси при температуре 105-110 °С до постоянной массы. Этот метод является весьма трудоемким, требует тщательного взвешивания образцов и длительного времени испытаний (1-2 часа). Однако условия современного литейного производства требуют внедрения методов контроля, позволяющих проводить оперативный (мгновенный) анализ

кая непосредственно в технологическом потоке, так и в лабораторных условиях. С другой стороны, ГОСТ допускает применение экспрессных методов определения влажности при условии, что погрешность используемого метода не будет превышать 15 %.

Учитывая эти обстоятельства, в последнее время в литейном производстве все активнее используются методы косвенного определения влажности (электрические и электрофизические), наиболее перспективными из которых являются методы, построенные на взаимосвязи диэлектрических свойств смеси и ее влагосодержания. На кафедре "Машины и технология литейного производства" БИПА разработан оригинальный метод бесконтактного мгновенного контроля влажности смеси по ее поглощающей способности, основанный на уникальных диэлектрических свойствах воды в СВЧ-диапазоне: на резонансных частотах (10-20 ПГц) поглощающая способность воды (α_w) достигает 30 ед., в то время как практически все обезвоженные материалы (в том числе входящие в состав песчано-глинистой формовочной смеси) имеют нулевой уровень поглощения. Это обеспечивает практически прямую зависимость между ослаблением микроволнового электромагнитного импульса (N), проходящего через смесь, и ее влажностью:

$$N = 0,68 \alpha_w \rho_{см} L W, \text{ дБ,}$$

где α_w - коэффициент поглощения воды; L - толщина слоя смеси; $\rho_{см}$ - плотность исследуемой смеси; W - влажность смеси.

Разработанный метод в настоящее время реализован в поточных и лабораторных приборах, последний из которых представлен и описан в методике выполнения настоящей работы. Прибор позволяет мгновенно измерять влажность формовочных смесей в диапазоне 2-6 % на стандартных цилиндрических образцах (50x50), при погрешности метода не более 5 %.

Газотворность - способность смеси выделять газы при нагреве вследствие испарения влаги и образования газообразных продуктов термической деструкции связующего. Чем выше газотворность, тем больше газовое давление в форме и больше опасность образования газовых раковин. Газотворность зависит от состава смеси и

скорости разложения материалов. Наиболее газотворностью отличаются смеси с органическими связующими. Высокая газотворность смеси должна сочетаться с ее высокой газопроницаемостью.

Вероятность образования газовых дефектов в отливках из-за формовочных смесей характеризуется критерием

$$M = \frac{G}{K},$$

где G - газотворность, см³/г; K - газопроницаемость. Чем выше критерий M , тем вероятнее образование газовых дефектов в отливках.

Методы определения газотворности делятся на косвенные и прямые. Косвенные основаны на определении объема газов, выделившегося из смеси при ее нагреве в печи до заданной температуры в заданной атмосфере. Прямые основаны на измерении параметров газовыделения из стержня или формы при непосредственном контакте с жидким металлом с использованием специальной технологической оснастки.

Постановка работы

1. Приборы, материалы, используемые в работе: лабораторные Сегуны, лабораторный копер, коробки для смесей, овок, часы технические, весы с разновесами, твердомер, металлическая линейка, мензурка, прибор для экспресс-анализа влажности (ИВД-1), прибор для определения газопроницаемости, прибор для определения предела прочности при сжатии образцов во влажном состоянии, прибор для определения текучести смеси, сухой кварцевый песок, бентонитовая глина в порошке, вода, формовочная песчано-глинистая смесь.

2. Группа студентов делится на подгруппы, каждая из которыхготавливает и исследует две смеси. Марки песка, глины и состав смеси задаются преподавателем.

В качестве исследуемой смеси может использоваться единая формовочная смесь, взятая в одном из литейных цехов минских предприятий. Влажность смеси варьируется путем добавления воды в процессе приготовления в пределах 3-6%. После добавления очередной порции воды, составляющей 0,4-0,6% (в абсолютных процентах), проводится контроль влажности, прочности, текучести и газопроницаемости.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать компоненты на 3 кг смеси и приготовить смесь в лабораторных бегунах с вертикальными катками. Порядок перемешивания материалов в бегунах: сухой песок - глина в порошок - вода. Песок и глину перемешивают 2 мин, затем добавляют воду и перемешивают еще 8 мин. Готовую смесь из бегунов выгружают в короба. При использовании заводской ППС после доувлажнения время перемешивания должно составлять 3 мин.

2. На приборе ИВМ-1 (рис.6.2) проверить влажность подготовленной смеси по следующей методике:

1). Включить прибор ИВМ-1 в сеть, прогреть прибор в течение 20 мин.

2). Провести калибровку прибора:

- вставить в установочное отверстие имитатор стрелной вверх. На индикацию выводится показание, соответствующее паспортному значению. Если показания индикатора отличаются более чем на 0,1 % от паспортного значения, потенциометром "Ноль" установить требуемую величину;

- нажать установочную кнопку. На индикацию выводится показание, соответствующее паспортному значению. Если показания отличаются более чем на 0,1 %, потенциометром "Крутизна" установить требуемую величину.

3). Подготовить пробу: отобрать пробу формовочной смеси в количестве не менее 0,5 кг. Отбор пробы материала, ее хранение и требования к качеству должны соответствовать требованиям ГОСТ 23409.5-78, регламентирующего проведения контроля влажности формовочных смесей методом высушивания.

4). Провести измерение влажности.

- поставить на поддон гильзу, а сверху на гильзу надставку
- поместить в гильзу и надставку исследуемый материал в количестве 160 ± 5 г и на лабораторном копре изготовить стандартный образец высотой 50 мм;

- снять надставку и поддон с гильзы;

- поместить гильзу вместе с исследуемым материалом в установочное отверстие прибора и записать показания индикатора;

- провести аналогичные измерения на трех стандартных образцах, результат трех параллельных измерений усреднить и записать в журнал.

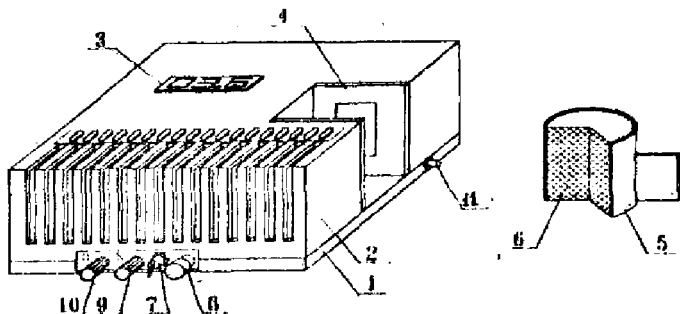


Рис. 6.2. Влагомер ИВЛ-1:

I - шкала; 2 - крышка; 3 - цифровой индикатор; 4 - установочное отверстие; 5 - измерительная гильза; 6 - исследуемый материал; 7 - тумблер включения; 8 - предохранитель; 9 - потенциометр "Крутизна"; 10 - потенциометр "Ноль"; II - установочная кнопка

3. Испытать смесь на газопроницаемость. Для этого из смеси изготавливают стандартные образцы в неразъемной металлической гильзе с внутренним диаметром $50 \pm 0,025$ мм и высотой 120 мм. В эту гильзу засыпают смесь массой 165 ± 5 г и с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза уплотняют ее. Образцы должны иметь высоту $50 \pm 0,8$ мм, которая контролируется тремя рисками, нанесенными на станину и штоке копра. Газопроницаемость образца определяют, не извлекая его из гильзы.

По ГОСТ 23409.6-78 газопроницаемость определяется нормальным и ускоренным методами.

При нормальном методе стандартный образец с гильзой устанавливают на специальный прибор, пропускают через образец 2000 см³ воздуха, фиксируют показание манометра на приборе и замеряют секундомером время прохождения указанного объема воздуха. Зная давление воздуха и время его прохождения через образец, газопроницаемость находят по формуле

$$r = \frac{509,5}{p \tau}$$

где p - давление воздуха, в см. вод. ст. (показания манометра);
 τ - время прохождения 2000 см³ воздуха через образец, мин.

4. Определить предел прочности при сжатии. Для этого, после определения газопроницаемости либо влажности, из гильзы извлекают при помощи выталкивателя стандартный цилиндрический образец. Затем этот образец помещают в приспособление прибора и нагружают его до полного разрушения. Удельную прочность образца фиксируют по показаниям прибора $LRC-1$.

5. Определить текучесть смеси при статическом уплотнении по ГОСТ 23409.17-78.

Навеску смеси массой 110±5 г насыпают в металлическую неразъемную гильзу с вкладышем, имитирующим модель, и уплотняют с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза. Гильза снимается и замеряется твердомером твердость в плоскостях отпечатанного образца. Текучесть в процентах определяется отношением меньшей твердости к большей твердости по формуле

$$T = \frac{H_A}{H_B} \cdot 100,$$

где H_A - твердость образца в точке А; H_B - твердость образца в точке В.

6. Определить газотворность по ГОСТ 23409.12-78. Метод основан на определении объема газов, выделяющихся из смеси при ее нагревании. Навеску смеси массой до 3 г помещают в фарфоро-

вую лодочку, которую предварительно прокаливает в течение 1 ч при температуре 1000 °С. Печь прибора нагревает до заданной температуры. В трубку печи, один конец которой соединен с установкой, помещают лодочку со смесью и быстро закрывают ее пробкой, одновременно включая секундомер. Навеску выдерживают в печи в течение 10 мин.

Выделяющийся из смеси газ при этом поступает в мерную бюретку, в которой фиксируют его объем.

При оценке кинетики газовыделения измерение выделяющегося объема газа проводят через каждые 5–15 с.

За результат испытания принимают среднее арифметическое трех параллельных определений.

7. По окончании работы студенты должны обменяться результатами исследований, данные по каждой смеси внести в табл. 6.1, проанализировать эти данные и приступить к оформлению отчета.

Таблица 6.1

Влияние влажности на свойства печочно-глинистой смеси

№ смеси	Влажность, %	Газопорни- цаемость, ед.	Предел прочности при сжатии, МПа	Текучесть смеси, %
---------	--------------	--------------------------------	-------------------------------------	-----------------------

1	3			
2	4			
3	5			
4	6			

Содержание отчета

По окончании работы оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Роль воды в смесях. Пределы содержания и допустимые отклонения влажности; влияние влажности на свойства смесей и качество отливок.

2. Методика проведения экспериментальных работ (тезисно).

3. Графическое изображение результатов экспериментальных работ. Полученные экспериментальные данные (табл. 6.1)

использовать для построения графиков, для чего по оси абсцисс откладывается влажность, а по оси ординат – газопроницаемость, прочность на сжатие и текучесть.

4. Выводы по работе и рекомендации по применению смесей.

Вопросы для контроля

1. Разновидности влаги в формовочных смесях
2. Как влияет влажность на свойства ППС?
3. Как определяется влажность ППС?

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: произвести экспериментально оценку связующих свойств материалов.

Общие сведения

Номенклатура современных связующих материалов весьма велика. В литературе имеется много сведений по связующим, применяемым в клеевых композициях, строительным и нестроительным вяжущим. Некоторые из них применяются и в литейном производстве (олифа, цемент, жидкое стекло и т.д.).

Были попытки создать общую классификацию известных связующих материалов. В качестве классификационных признаков использовали химическую природу связующих, механизм структурообразования, способ отверждения и его скорость, холодную и горячую прочность, термостойкость, гигроскопичность, выбиваемость и др. Наиболее целесообразным следует признать разделение связующих по химической природе структурообразующего компонента на два класса – органические и неорганические.

Органические связующие не выдерживают высокой температуры заливаемого металла, происходит их деструкция и выгорание, что облегчает удаление образовавшегося продукта со стержня из отливки. Неорганические связующие хорошо переносят высокие температуры, что создает затруднения при удалении стержней из литых заготовок. В мировой практике для производства отливок в основном используются три вида связующих: синтетические смолы, глины, жидкое стекло. Выбор их определяется многими факторами, первым из которых является качество отливок, а также характер производства, производительность труда, стоимость смесей, технологический процесс изготовления отливки, условия труда и т.д.

По отношению к воде связующие материалы можно разделить на две группы - водные и неводные. К неводным материалам относят такие, которые не растворяются в воде и не смачиваются ею, их еще называют гидрофобными, а растворимые в воде - гидрофильными.

Главным свойством связующих материалов и композиций является способность при определенных условиях переходить из жидкого в твердое состояние, образуя сложную структуру, обладающую высокой собственной прочностью и хорошей адгезией к наполнителю. С точки зрения химического строения органические и неорганические связующие материалы в затвердевшем состоянии могут быть отнесены к полимерам.

По структурной форме различают три вида полимеров: линейные, разветвленные и сшитые. В различных условиях из одних и тех же мономеров могут быть получены различные структурные формы.

В полимерных соединениях наблюдается единый тип химической связи между атомами или группами атомов в главной цепи - она должна быть ковалентной или координационной. В разветвленных полимерах макромолекулы связаны обычно слабыми ван-дер-ваальсовыми силами, реже - водородными или ионными связями, в сшитых - ковалентными или координационными за счет боковых функциональных групп. Степень сшивания в зависимости от условий поликонденсации или полимеризации может быть различной. Полимеры с высокой степенью сшивания отличаются большой жесткостью, стабильностью при нагреве и нагружении. Они не растворяются, не текут при нагреве, поэтому называются термореактивными. Термореактивное состояние

характерно для всех органических связующих. Образование сшитого полимера является следствием различных причин, которые в свою очередь вызывают поликонденсацию (нагрев плюс кислотный катализ, сушка, взаимодействие компонентов в присутствии катализатора, образование ортофосфорной кислоты и т.д.). О структуре образующихся полимеров ввиду их сложного химического и фазового состава мало известно. Однако в работах А.А.Бречко приведены некоторые результаты микроанализа структуры затвердевших пленок связующих материалов. Им обнаружено наличие в смолах и жидком стекле после отверждения структурной сетки, измельчения которой наблюдали при введении упрочняющих модификаторов. Высказано предположение, что в связующих могут образовываться надмолекулярные структуры, размеры и упаковка которых будут влиять на кинетику упрочнения и абсолютную прочность. В этой связи важным является вопрос об аморфности и кристалличности связующих. Органические связующие при отверждении образуют полимеры, имеющие аморфное строение. Это обусловлено большим числом поперечных связей, приводящих к высокой жесткости образующегося полимера. Образование кристаллов маловероятно, так как для кристаллизации необходима возможность свободной переориентации молекул, которая сильно затруднена в гелеобразной вязкой среде в условиях трехмерной сшивки. Аморфная структура органических полимеров является более жесткой и хрупкой, чем кристаллическая, и поэтому у них наблюдается весьма низкая относительная деформация при разрушении.

В неорганических полимерах возможно образование и кристаллических, и аморфных структур в зависимости от механизма и кинетики затвердевания.

Процессы затвердевания большинства современных связующих композиций относятся к гетерогенным (их называют также топохимическими), т.е. таким, которые протекают на поверхности раздела фаз или сопровождаются возникновением новой стабильной твердой фазы.

Важной задачей современного литейного производства является дальнейшее совершенствование смесей типа песчано-смоляных, отверждаемых продувкой газами и аэрозолями и самотвердеющих с неорганическими композиционными связующими, обладающими хорошей выемкостью. Для этих целей необходимо решать задачу повышения

удельной прочности связующих с целью снижения их содержания в изготавливаемых смесях. Оценку вяжущей способности связующих материалов можно дать, сравнивая их удельную прочность.

Постановка работы

1. Бегуны лабораторные, прибор для определения предела прочности в сухом состоянии, лабораторный копер, шкаф сушильный, баллон с углекислым газом, емкости для кварцевого песка, весы лабораторные, разновесы, кварцевый песок, жидкое стекло, ССБ, фенолоспирт, карбамидная смола, УСК или КО.

2. Состав смесей для определения удельной прочности связующих приведен в табл.7.1.

Таблица 7.1

№ смеси	Песок кварц. %	КС, %	ССБ, %	ФС, %	КС, %	УСК, %	Свойства	
							МПа	Уд. прочн.
1	96	4						
2	96		4					
3	96			4				
4	96				4			
5	96					4		

Порядок выполнения работы

Масса приготавливаемой смеси равна 2 кг. Согласно приведенной в таблице рецептуре приготовить компоненты из расчета массы замеса. Составляющие загружать в лабораторные бегуны в последовательности песок - связующее. Установить общее время перемешивания смеси 8 мин и включить бегуны. По истечении времени выгрузить смесь из бегунов в тару, очистить смеситель и загрузить другой состав компонентов.

Из приготовленной смеси изготовить три стандартных образца на лабораторном копере. Образцы аккуратно поставить в сушильный шкаф и произвести сушку при температуре 200 °С в течение 20 мин.

Сухие образцы охладить, определить предел прочности на разрыв. Полученный результат занести в таблицу как среднее арифметическое трех испытаний.

Удельная прочность связующих материалов будет определяться по формуле

$$\gamma = \frac{\sigma}{\% \text{ смб}}$$

где σ - предел прочности, МПа; $\% \text{ смб}$ - содержание связующего в смвои в процентах.

Из смеси, приготовленной на жидком стекле, изготовить образцы для тепловой обработки и для продувки углекислым газом. На основании выполненной работы сделать вывод, какие из связующих обладают лучшей вяжущей способностью.

Содержание отчета

1. Привести краткие сведения о связующих материалах.
2. Занести в таблицу результаты исследований.
3. Графически изобразить удельную прочность связующих.
4. Сделать вывод по проделанной работе.

Вопросы для контроля

1. Как классифицируются связующие материалы?
2. Какие связующие относятся к неорганическим?
3. Области применения синтетических смол.
4. На базе каких синтетических смол разрабатываются связующие?
5. Какой структурной формой обладают полимеры?
6. Какими признаками характеризуются связующие материалы?
7. Что такое удельная прочность связующих и как она определяется?
8. Каков строение имеют органические связующие после затвердевания?
9. Назовите факторы, приводящие к образованию полимеров.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА СВЯЗУЩЕГО МАТЕРИАЛА
НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ ХОЛОДНОТВЕРДЕЖИХ СМЕСЕЙ (ХТС)


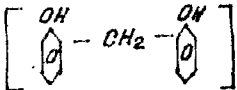
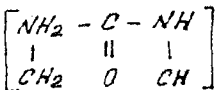
Цель работы: экспериментальное изучение процесса
твердения ХТС.

Общие сведения

В настоящее время основными связующими материалами для изготовления старшей являются различные синтетические поликонденсационные смолы, используемые как в "холодных", так и в "горячих" процессах. При этом свойства как самих связующих (табл. 8.1), так и смесей на их основе зависят в первую очередь от исходных мономеров, на основе которых изготавливаются те или иные смоляные связующие (табл. 8.2).

Таблица 8.1

Структурная характеристика некоторых
органических связующих материалов

Исходные мономеры	Класс смолы	Строение структурного звена
1	2	3
Фенол 	Фенолоформальдегидная (фенольная)	
Формальдегид $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$		
Карбамид $\text{NH}_2-\text{C}(\text{O})-\text{NH}_2$	Карбамидоформальдегидная (карбамидная)	
Формальдегид		

1	2	3
Фенол Карбамид Формальдегид	Фенолокарбамидно-формальдегидная (фенолокарбамидная)	$\left[\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \quad \text{C} \\ \quad \\ \text{— OH —} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH — CN} \\ \\ \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 — \text{CH}_2 \end{array} \right]$
Карбамид Формальдегид Фуриловый спирт	Карбамидно-формальдегидно-фурановая (карбамидно-фурановая)	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \quad \text{C} \\ \quad \\ \text{— CH}_2 — \\ \\ \text{NH — CN} \\ \\ \text{C} = \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 — \text{CH}_2 \end{array} \right]$

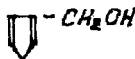


Таблица 9.2

Характеристики мономеров

Свойства	М О Н О М Е Р		
	карбамид	Фенол	фуриловый спирт
Реакционная способность	высокая	средняя	низкая
Термостойкость	низкая	высокая	высокая
Наличие азота	есть	нет	нет
Прочность	низкая	средняя	средняя
Влагостойкость	низкая	высокая	высокая

Для изготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) используют смоляные связующие, содержащие большое количество свободных мономеров, обеспечивающих высокую реакционную способность и скорость отверждения ХТС. В процессе отверждения ХТС под действием кислых катализаторов происходят реакции поликонденсации за счет взаимодействия свободных мономеров с метилольными производными с образованием диметиленаэфирных связей

$-CH_2 - O - CH_2 -$, формирующих пространственную структуру твердой полимерной пленки связующего и соответственно прочность ХТС. В связи с этим величина прочности зависит как от количества связующего, так и от соотношения связующее - катализатор.

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: прибор мод.4740 для изготовления стандартных образцов из ХТС, прибор для испытания образцов на прочность, карбамидно-фурановый связующий материал, ортофосфорная кислота, кварцевый песок.

2. Каждая группа исследует по два состава ХТС с различным содержанием связующего (соответственно 1,5 и 2,0%; 2,5 и 3,0%), образцы из которых испытывают на прочность при сжатии через 15, 30, 45 и 60 мин отверждения ХТС.

Порядок выполнения работы

1. На основе формовочного песка на приборе мод.4740 (рис.0.1) приготовить образцы для определения предела прочности на разрыв из ХТС следующего состава (мас.%)

карбамидно-фурановый связующий материал	- 1,5; 2,0; 2,5; 3,0;
катализатор твердения	- 1,2;
формовочный песок	- остальное.

Для этого стержневой ящик 1 вместе с установленным на нем объемным бункером 2 поместить под смеситель 7. Заслонкой 8 закрыть шлюз смесителя и включить его в работу. Засыпать песок в смеситель, связующее, катализатор и перемешивать в течение

заданного времени, после чего открыть смеситель и выдать смесь в бункер. Остановить работу смесителя. Стержневой ящик с бункером поместить под пескодувное устройство 5. Вращением маховика 3 герметизировать бункер, поднять с помощью рычага 6 клапан 4 и произвести вдув ХТС в стержневой ящик 1.

После 5-минутной выдержки извлечь образцы из стержневого ящика и определить их прочность на сжатие через 15, 30, 45 60 минут твердения.

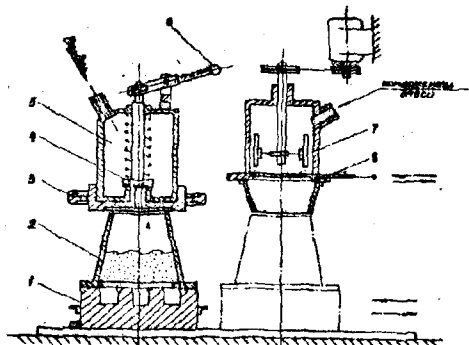


Рис. 8.1

2. По окончании работы обменяться результатами исследований каждой группы, данные свести в табл. 8.3. Проанализировать результаты экспериментов и оформить отчет.

Предел прочности ХТС, МПа

Время отверждения, мин	Количество связующего, %					
	1,5	1	2,0	1	2,5	1 3,0
15						
30						
45						
60						

Содержание отчета

По законченной работе оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.
6. Выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Разновидности синтетических связующих материалов.
2. Механизм отверждения ХТС.
3. Какие параметры влияют на отверждение ХТС?

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ В НАГРЕВАЕМОЙ ОСНАСТКЕ

Цель работы: изучить технологический процесс изготовления стержней в нагреваемой оснастке.

Общие сведения

В настоящее время в литейных цехах крупносерийного и массового производства более 70 % номенклатуры стержней изготавливается из смесей, отверждаемых в нагреваемой оснастке.

Принципиальной особенностью этого процесса является отверждение стержней и приобретение ими высоких технологических свойств в течение 1-5 мин непосредственно в стержневом ящике. Сущность процесса заключается в том, что нагретый до 180-300°С стержневой ящик заполняется быстротвердеющей под действием тепла песчано-смоляной смесью, которая при контакте с рабочей поверхностью ящика затвердевает. По истечении времени, необходимого для отверждения стержней, стержневой ящик раскрывается, и из него извлекается готовый к простановке в форму стержень. При этом удаление стержня из ящика производится до наступления полного отверждения стержня по всему его сечению. Извлечение может быть произведено, как только образовался достаточно прочный наружный слой, обеспечивающий возможность удаления стержня из ящика без разрушения. В этом случае внутренняя часть стержня доотверждается на воздухе за счет действия аккумулярованного стержнем тепла.

Стержни, изготавливаемые в нагреваемой оснастке, обладают высокими прочностными и противопожарными свойствами, высокой газопроницаемостью и податливостью, облегченной выбиваемостью из отливок. Вследствие благоприятного сочетания этих свойств технологический процесс применяется для изготовления стержней практически любого класса сложности.

На формирование свойств смесей, твердеющих в нагреваемой

оснастке, превалирующее влияние оказывает вид и количество содержащихся в их составах связующих материалов, в качестве которых используются в основном терморезактивные смолы трех классов: фенолоформальдегидные, карбамидные и фурановые.

Фенолоформальдегидные связующие, получаемые в результате поликонденсации фенолов с формальдегидом, обладают высокой термостойкостью и практически свободны от азотосодержащих составляющих. Это позволяет применять их для изготовления стержней, используемых в процессах получения чугунового и стального литья. Наибольшее распространение в отечественных литейных цехах из этого класса связующих получил фенолоспирт, который при отверждении под действием тепла проходит последовательно три стадии. При комнатной температуре – стадия А (резол) – маловязкая жидкость, содержащая воду. При нагревании до 60–90 °С связующее переходит в стадию В (резитол) – вязкая жидкость или твердая эластичная смола, находящаяся в резиноподобном состоянии. Наконец, при дальнейшем нагреве до 180–200 °С фенолоспирт переходит в стадию С (резит) – твердый, хрупкий, неплавкий и нерастворимый продукт, который и является связующим материалом, соединяющим зерна кварцевого песка в единый монолитный стержень.

Продолжительность перехода из стадии А в стадию С характеризует скорость твердения связующего и зависит от его количества в составе смеси и температуры нагреваемой стержневой оснастки.

При оптимизации технологического процесса изготовления стержней в нагреваемой оснастке необходимо вылить взаимосвязь между временем отверждения образцов и их составом (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Содержания фенолоспирта, %	Прочность, МПа, в зависимости от времени отверждения, мин					
	1,0	1,5	1	2,0	1	2,5
1,0						
2,5						
4,0						

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: приборы для изготовления образцов в нагреваемой оснастке, для испытания прочностных свойств стержневых и формовочных смесей, для определения осышаемости смесей; технические весы с разновесами; набор посуды для жидких и сыпучих компонентов; лабораторные бегуны; компрессор; материалы: сухой кварцевый песок, фенолоспирт.

2. Каждый студентготавливает и исследует смесь, соответствующую номеру смеси, приведенному в табл. 10.1, работа 10.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать составляющие на 1 кг смеси и приготовить смесь в лабораторных бегунах. Смесь выгрузить в короб.

2. Приготовить образцы для испытания прочности на разрыв. Для этого на приборе 4735 (рис. 5.3) включить кнопку "Вкл.нагрев" и подогреть стержневой ящик 10 до температуры 200 °С. Съёмный стакан 9 заполнить стержневой смесью и установить на стержневой ящик под корпус надува 5. Спустить рычагскобу 6 вниз до упора, прижав при этом крышку 8 к стакану 9. Нажатием рычага 4 вниз до упора открыть клапан надува 7 и заполнить стержневой ящик смесью. Выдержать смесь в стержневом ящике заданное время (табл. 9.1) и раскрыть его. При этом половина стержневого ящика 10 вместе с секцией, в которой смонтированы нагревательные элементы 2, двинется влево, а толкатель 1 вытолкнет образцы.

3. Извлеченные из стержневого ящика образцы выдержать на воздухе в течение 10 мин и приступить к определению предела прочности на растяжение (по ГОСТ 23409.7-78).

4. По окончании работы результаты всех экспериментов оформить в виде графической зависимости прочности от количества связующего материала и времени отверждения.

По окончании работы составить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Краткая характеристика процесса изготовления стержней в нагреваемой оснастке.
2. Описание применяемых связующих материалов; сущность отверждения синтетических смол при нагревании.
3. Методика проведения работы (тезисно).
4. Результаты испытаний.
5. Выводы и рекомендации по использованию синтетических смол в качестве связующих, оптимальному их количеству и времени затвердевания.

Вопросы для контроля

1. Какие превращения происходят при нагреве фенолоформальдегидных связующих?
2. Как влияет температура стержневого ящика на прочность смеси?
3. Почему время выдержки смеси в стержневом ящике влияет на прочность образцов?

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОГО СТЕКЛА И ВРЕМЕНИ ПРОДУВКИ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы: экспериментальное определение зависимости предела прочности при растяжении образцов из жидкостекольных смесей, отверждаемых углекислым газом, от количества связующего материала в смеси и времени отверждения образцов.

Общие сведения

Смеси с жидким стеклом, отверждаемые углекислым газом, содержат на 100 мас.г песка 3-7 мас.г жидкого стекла. При изготовлении форм в смесь дополнительно вводят 3-5 мас.г глины, обеспечивающей прочность в сыром состоянии 0,015-0,03 МПа. Жидкое стекло обеспечивает достаточно высокую прочность смеси после затвердевания и как связующее относится к экологически чистому и достаточно дешевому материалу.

Жидкие стекла — это неорганические водорастворимые связующие материалы. Существуют натриевые, калиевые и смешанные калиево-натриевые жидкие стекла. В литейном производстве используется натриевое жидкое стекло.

Получают жидкое стекло двумя способами. При первом способе в специальных печах при температуре 1400-1500 °С сплавляют тонко измельченный кварцевый песок с содой Na_2CO_3 (углекислый натрий) или Na_2SO_4 (сульфат натрия). В результате сплавления получают силикат-глыбу. Силикат-глыбу охлаждают, дробят и растворяют в воде в автоклавах при давлении пара 0,4-0,8 МПа до конечной плотности 1450-1500 кг/м³. Сульфатная силикат-глыба растворяется в воде труднее, чем содовая, т.к. содержит в себе больше балласта.

Второй способ получения жидкого стекла состоит в растворении кристаллического или аморфного кремнезема в водном растворе едкого натра при давлении пара 1,0–2,5 МПа.

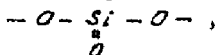
Основной показатель жидкого стекла – силикатный модуль, который определяется по формуле

$$M = \frac{\% SiO_2}{\% Na_2O} \cdot 1,032,$$

где $\% SiO_2$, $\% Na_2O$ – массовые содержания оксидов в жидком стекле, %; 1,032 – коэффициент, характеризующий отношение молекулярных масс.

Жидкое стекло является коллоидным или истинным (в зависимости от силикатного модуля и плотности) водным раствором неорганических полимеров с гидратированными мономер-катионами натрия и кремнекислородными анионами в мономерной и полимерной формах, находящихся между собой в состоянии концентрационного равновесия. При силикатном модуле жидкого стекла ≥ 2 и плотности ≥ 1300 кг/м³ характерна форма коллоидного раствора.

Современные представления об образовании полисиликатных ионов основываются на предположении о метаформе исходного мономер-аниона



который в результате

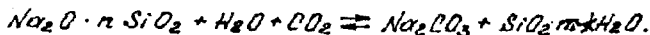
гидролиза метасиликата натрия приобретает активный гидроксил $-O-\underset{\underset{O}{|}}{Si}-OH$, чем обеспечивается возможность конденсации

мономер-ионов с образованием димеров, тримеров, тетрамеров, октамеров и т.п. Структурообразование в жидком стекле включает следующие стадии:

- полимеризация мономера с образованием на базе иона-октамера коллоидных частиц;
- роста сферических коллоидных частиц вследствие осаждения на их отрицательно заряженной поверхности ионов-мономеров;
- связывания коллоидных частиц сначала в разветвленные

цепочки, затем в сетки, распространяющиеся на всю жидкую среду и уплотняющие ее в гель.

Обработка смеси углекислым газом (химическое твердение смеси) основано на свойстве жидкого стекла разлагаться от действия на него даже слабых кислот или ангидридов. При продувке жидкостекольной смеси CO_2 происходит разложение силиката натрия ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$) и образование бикарбоната натрия (Na_2CO_3) с выделением свободного кремнезема ($n \text{SiO}_2$). Выделившийся кремнезем, соединяясь с водой, образует гидрат диоксида кремния ($n \text{SiO}_2 \cdot m \text{H}_2\text{O}$), который в процессе продувки теряет часть влаги и переходит в кремнегель ($\text{SiO}_2 \cdot m-k \text{H}_2\text{O}$):



Пленки геля на зернах песка связывают их в прочную массу, смесь быстро твердеет и приобретает прочность.

Прочность смеси, отверждаемой CO_2 , зависит от силикатного модуля жидкого стекла и режима продувки. Для крупносерийного производства, при котором требуются большие значения прочности, нужно использовать жидкое стекло с высоким модулем. Недостатками смесей с высокомодульным жидким стеклом являются снижение прочности при хранении, повышенная осыпаемость, чувствительность к перепродувке. Для сохранения пластических свойств и устранения указанных недостатков снижают модуль жидкого стекла путем введения раствора едкого натра или применяют упрочняющие добавки. В качестве упрочняющих добавок используют акриловые и метакриловые полимеры, моно- и полифосфаты натрия и др. Избыточная продолжительность продувки приводит к возникновению в связующих пленках значительных внутренних напряжений, которые ослабляют прочность смеси. Поэтому на практике время продувки смеси CO_2 ограничено и в зависимости от содержания жидкого стекла в смеси составляет 1-2 мин.

Смеси, продукты углекислым газом, гигроскопичны, так как продукты отверждения - карбонаты и силикагель - гидрофильны и частично растворимы в воде. Поглощение влаги из воздуха при

хранении готовых форм и стержней приводит к снижению их прочности. Стабилизация прочности при хранении может быть достигнута введением в смеси гидрофобизаторов. Для этого пригодны анионактивные и неионогенные ПАВ, в частности алкиларилсульфонаты и алкилсульфаты.

Большим недостатком жидкостекольных смесей является затрудненная выбиваемость их после прогрева до высоких температур. Для улучшения выбиваемости, снижения остаточной прочности смесей, применяют органические и неорганические добавки. Первые более эффективны, если смесь прогревается до температур, не превышающих 500–600 °С, вторые – при прогреве до 700–800 °С и выше. Органические добавки выделяют при деструкции сажистый углерод, газообразные и конденсированные продукты, которые препятствуют образованию монолитной структуры из связующего и песка. Такими добавками являются смолы, кероген, гидрол и др. Содержание их в смесях составляет 1–1,5 мас.ч. Из неорганических продуктов, улучшающих выбиваемость, применяют каолиновые глины, полифосфаты, карбонаты натрия и кальция и др. (1–5 мас.ч).

Технология с использованием жидкостекольных смесей, отверждаемых CO_2 , применяется для изготовления форм и стержней для стальных и чугунных отливок массой до 3 т и более.

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: лабораторный смеситель с вертикальными катками, лабораторный копер, стержневой ящик для получения образцов "восьмерок", прибор для определения прочности, технические весы с разновесами, баллон с CO_2 , оснащенный редуктором, шлангом; коробки для смесей, сухой кварцевый песок, жидкое стекло, вода.

2. Каждая группа студентовготавливает и исследует один номер смеси, приведенный в табл.Ю.І.

Составы жидкостекольных смесей

№ смеси	Кварцевый песок	Жидкое стекло
1	100	3
2	100	5
3	100	7

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать компоненты на 2 кг смеси и приготовить смесь в лабораторном смесителе. Продолжительность перемешивания компонентов 3 мин.

2. Приготовить образцы для определения прочности при растяжении в соответствии ГОСТ 23409.7-78. Образцы изготавливаются в специальном разъемном металлическом стержневом ящике. Навеску смеси массой 110-120 г засыпают в собранный ящик и уплотняют с помощью лабораторного копра трехкратным ударом груза. Избыточный слой смеси, который не должен превышать 3 мм, срезают специальным ножом, установленным в ящике, без заглаживания.

3. Продуть по три образца углекислым газом в течение 15, 30 и 45 с. Для этого регулировать с помощью редуктора давление газа в пределах 0,15-0,17 МПа и приложить насадку шланга к поверхности ящика.

4. Определить предел прочности образцов при растяжении, для чего установить образец в соответствующее приспособление прибора и разрушить. Результат испытания фиксируется прибором в МПа.

5. По окончании работы обменяться результатами исследований каждой группы, данные свести в табл.10.2.

Влияние количества жидкого стекла и времени продувания CO_2 на прочность смеси

№ смеси	Кол-во жидкого стекла, %	Время продувки CO_2 , с		
		15	30	45
1	3			
2	5			
3	7			

Содержание отчета

По законченной работе составить отчет, где должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.
6. Выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Что входит в состав жидкостекольных смесей, отверждаемых углекислым газом?
2. Что такое силикатный модуль жидкого стекла и на что он влияет?
3. Как получают жидкое стекло?
4. Что происходит с жидким стеклом при продувке смеси углекислым газом?
5. Как влияет режим продувки на прочность смеси?
6. Что вводят в составы жидкостекольных смесей, отверждаемых углекислым газом, для улучшения их выбиваемости?
7. Для получения каких отливок применяются жидкостекольные смеси, отверждаемые CO_2 ?

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ТЕКУЧЕСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЖИДКИХ САМОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ (ЖСС)

Цель работы: экспериментальное изучение технологии получения ЖСС и исследование текучести и формирования прочности при изменении количества жидкой композиции.

Общие сведения

Большинство известных способов изготовления форм и стержней основаны на применении принципа уплотнения смесей. Совершенно иные технические решения заложены при использовании жидких самотвердеющих смесей (ЖСС), которые сочетают в себе свойства жидкости, позволяющей получать формы и стержни свободной заливкой, и способность самозатвердевать на воздухе в заданное время.

Свойства жидкости смесь приобретает в результате значительного снижения ее внутреннего трения, что достигается путем введения поверхностно-активных веществ (ПАВ). По сложившимся представлениям свойства ПАВ и, прежде всего, их поверхностная активность определяются особенностями молекулярного строения вещества. Для всех ПАВ типичной является резко выраженная асимметричность молекулярной структуры. Молекула их состоит из двух значительно отличающихся по свойствам частей: полярной гидрофильной группы с большим молекулярным сродством к воде — на одном конце молекулы, и длинной неполярной углеводородной группы — на другом (рис. II.1, а). Для проявления наиболее характерных свойств ПАВ важное значение имеет баланс гидрофильных и гидрофобных свойств отдельных частей молекулы. Так, чем более выражена полярность полярной группы, тем длиннее должна быть углеводородная цепь, необходимая для сохранения этого баланса. Полярные группы молекул ПАВ чаще всего бывают

представлены в виде $-OH$, $-NH_2$, $-COOH$, $-SO_2OH$, $-SO_3Na$, $-O-SO_2OH$ и др. Такая особенность строения молекул ПАВ определяет их способность самопроизвольно адсорбироваться из растворов на различных поверхностях раздела жидких и газообразных фаз (рис. II.1, б). Адсорбция ПАВ на границе раздела жидкость - газ приводит к снижению поверхностного натяжения растворов и проявлению ими других характерных свойств, таких как пенообразование (рис. II.1, в).

Возникшие при перемешивании смеси пузырьки пены располагаются между зёрнами песка (рис. II.2), разоблают их, снижая тем самым трение между песчинками и сводя до минимума влияние шероховатости поверхности наполнителя. Когда пространство между зёрнами заполнится пузырьками пены, смесь становится жидкой, подвижной.

В связи с тем, что КСС обладают низкой прочностью, сразу же после изготовления отверждение их до технологически необходимой прочности осуществляется в контакте с оснасткой. Процесс упрочнения происходит в результате взаимодействия отвердителей, входящих в состав КСС, с жидким стеклом. В настоящее время известны жидкие отвердители сложнэфирного типа, такие как пропиленкарбонат, этиленгликольмоноацетат, этиленгликольдиацетат и др., и порошкообразные - феррохромовый шлак, нефелиновый шлак и др. Реакция отверждения жидкого стекла жидкими отвердителями включает следующие стадии:

- диффузии сложнэфирного отвердителя, ограниченно растворимого в жидком стекле, в микросъемы жидкого стекла;
- гидролиза сложнэфирного отвердителя в щелочной среде;
- повышение силикатного модуля жидкого стекла в результате связывания $Na_2O (NaOH)$, вследствие чего имеют место дестабилизация жидкого стекла и его отверждение в виде высокомодульного ($M \geq 4$) силиката натрия. Наибольшее распространение получили порошкообразные отвердители, основной составляющей которых являются двухкальциевые силикаты. При этом отверждение КСС является следствием протекания обменных реакций между жидким стеклом и силикатом кальция, в результате которых образуются кальцийнатриевые гидросиликаты, являющиеся основной структурообразующей фазой.

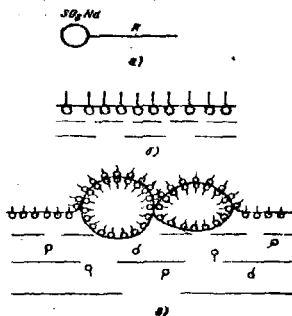


Рис. II.1. Схема строения дифильной молекулы ПАВ (а), ориентации молекул ПАВ на поверхности воды (б) и образования пены (в)

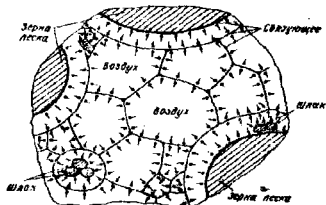


Рис. II.2. Схема ориентации молекул ПАВ вокруг зерен песка, частиц шлака в жидкой смеси

Взаимодействием отвердителей с жидким стеклом должно начинаться только через некоторое время, позволяющее приготовить смесь, транспортировать ее в случае необходимости и изготовить форму или стержень. Регулирование этого так называемого инкубационного периода осуществляется как подбором ПАВ, так и его количеством, а также соотношением отвердителя и связующего материала. Наиболее эффективными ПАВ для жидкостекольных смесей, имеющих щелочную среду, являются анионактивные ПАВ, к которым относятся РАС, КЧНР, контакт Петрова. Содержание ПАВ в смеси составляет 0,1-0,15 мас.ч.

Для ЖСС применяют жидкое стекло с модулем 2,6-3,0 и плотность 1450-1500 кг/м³ в количестве 6-7 мас.ч. Содержание феррохромового шлака с удельной поверхностью 2000-2500 см²/г составляет 3-5 мас.ч. Получение ЖСС включает предварительное приготовление жидкой композиции (жидкое стекло - вода - ПАВ), оптимальная плотность которой 1320-1340 кг/м³ достигается введением в смесь 1,5-2,0 мас.ч. воды.

Постановка работы

1. Приборы и материалы, используемые в работе: лабораторный смеситель для приготовления ЖСС, стержневые ящики для изготовления стандартных цилиндрических образцов, прибор для определения текучести ЖСС, прибор для определения прочности, технические весы с разновесами, коробки для исходных материалов, сухой кварцевый песок, жидкое стекло плотностью 1450-1500 кг/м³, феррохромовый шлак, вода, ПАВ.

2. Каждая группа студентовготавливает и исследует один состав смеси, приведенный в табл. II. I.

Составы ЖСС

№ смеси!	Кварцевый песок	Феррохромо-ВШШ шлак	Жидкое стекло*	ПАВ*	Вода*
1	95	5	5	0,15	1,5
2	95	5	6	0,15	1,5
3	95	5	7	0,15	1,5

* Жидкие компоненты берутся сверх 100 % и вводятся в смесь в виде предварительно приготовленной жидкой композиции.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать компоненты на 3 кг смеси и приготовить смесь в лабораторном смесителе. Порядок перемешивания материалов в смесителе: сухой кварцевый песок – феррохромовый шлак – жидкая композиция. Жидкая композиция готовится отдельно в стеклянном сосуде на лабораторном миксере, в пропорциях, указанных в табл. II.1. Время перемешивания жидкого стекла, ПАВ и воды – 3 мин. Песок и ФХШ перемешивают 1 мин, затем добавляют жидкую композицию и перемешивают еще 3 мин.

2. Определить текучесть ЖСС в соответствии с п.6 лабораторной работы № 4.

3. Определение предела прочности на сжатие. Готовую смесь из смесителя заливают в специальные разъемные стержневые ящики. Избыток смеси срезать металлической пластиной. Через 15–20 мин извлечь образцы из стержневых ящиков. Определить по ГОСТ 23409.7–78 предел прочности образцов при сжатии через 30, 60 и 120 мин твердения. За результат испытания принимается среднее арифметическое трех опытов. После обработки данных их значения занести в табл. II.2.

Прочность ЖСС на сжатие

№ смеси	Содержание жидкого стекла	Время твердения в мин			
		30	60	120	
1	5				
2	6				
3	7				

Содержание отчета

По законченной работе оформить отчет, в котором должно быть отражено следующее:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теоретическая часть.
4. Методика проведения работы.
5. Результаты работы.
6. Выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Какая особенность молекулярного строения ПАВ?
2. Какое влияние оказывают ПАВ на текучесть смеси?
3. Как происходит отверждение жидкого стекла жидкими отвердителями сложнэфирного типа?
4. Что входит в состав ЖСС?
5. Как происходит отверждение жидкого стекла двухкальциевыми силикатами?
6. Какой порядок ввода компонентов в смеситель при приготовлении ЖСС?

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Цель работы: изучить влияние состава противопригарных покрытий на технологические свойства.

Общие сведения

Одним из средств предотвращения образования пригара на поверхностях отливок является противопригарное покрытие (краска). Она наносится на поверхности литейной формы и стержней, препятствуя взаимодействию жидкого металла с материалом формы. В состав противопригарной краски входят: наполнитель, растворитель, связующее, стабилизатор и антисептическое вещество.

Наполнитель краски должен обладать огнеупорностью и быть дисперсным материалом. В качестве наполнителей используются: графит кристаллический и аморфный, в основном в красках для отливок из чугуна, маршалит, дистен-силлиманит, тальк, цирконо-вый концентрат, хромомagneзит, пиррофелит, тальк, шунгит, оливин-шамот и т.д.

В качестве растворителей в противопригарных красках применяют воду и различные органические жидкости (бензин, гидролизный спирт, ацетон, растворитель 646, лак ВЛ-557 и др.). Следовательно, в зависимости от растворителя краски разделяют на водные, требующие подсушки и самовысыхающие, которые не требуют теплового воздействия.

Связующими материалами в противопригарных покрытиях применяют сульфитно-дрожжевую бражку, декстрин, патоку, карбамидно-формальдегидные и фурановые смолы. Эти связующие обеспечивают надежное сцепление красочного слоя с поверхностью форм и стержней. Стабилизаторами в красках используют бентониты и вещества, способные образовывать коллоидные растворы. Они повышают sedi-

ментационную устойчивость красок. В качестве антисептика в противопопригарных покрытиях, которые приготавливают в виде паст, используют формалит. Он препятствует брожению красок.

Важнейшими технологическими характеристиками противопопригарных красок в ненагретом состоянии являются седиментационная устойчивость, т.е. скорость расслоения составляющих краску фаз, кроющая способность, общая прочность и прочность сцепления с окрашиваемой поверхностью, а в нагретом состоянии - высокая теплоаккумулирующая способность, минимальная пористость, отсутствие взаимодействия с жидким металлом, высокая эрозионная стойкость и механическая прочность при контакте с металлом.

Нанесение противопопригарных покрытий может осуществляться одним из следующих способов: окунание используется при окраске поверхностей высушенных или отвержденных стержней, распыление с помощью пульверизатора и в ручную кистью.

Постановка работы

1. Шкаф сушильный с терморегулятором, обеспечивающий температуру нагрева 200 °С, мешалка лабораторная, весы лабораторные. Пластины стеклянные размером 120x 90 мм, денсиметры, микрометр, секундомер, цилиндр калориметрический, прибор для определения прочности красочного слоя, стакан стеклянный емкостью 1 л.

2. Состав красок противопопригарных, рекомендуемый для изготовления, приведен в табл.12.1.

Таблица 12.1

Характеристика	Массовая доля, % красок			
	1	2	3	4
I	2	3	4	5
Компоненты				
Графит аморфный	38	31		
Графит кристаллический	10	7,0		
Концентрат цирконовый	-	-	-	-
Маршалит	-	-	50	40

I	2	3	4	5
Дистен-силлиманит	-	-	-	-
Бентонит	2,0	2,0	2,0	2,0
СДБ	8,0	8,0	8,0	8,0
Лак 646	-	-	-	-
Вода	42	52	40	50
Свойства				
Плотность кг/м ³				
Вязкость, с				
Седиментационная устойчивость в %				
через 1 час				
через 4 часа				
Прочность к истиранию, кг/мм				

Порядок выполнения работы

1. Приготовить противпригарные краски состава, приведенного в табл. 12.1, в лабораторной мешалке. Порядок приготовления: жидкие компоненты - бентонит - наполнитель. Время перемешивания жидких составляющих - 2 мин, общее время перемешивания 7 мин. Объем краски 150-200 мл.

2. Плотность краски определить денсиметром. Приготовленную краску налить в стеклянный цилиндр и опустить в нее денсиметр так, чтобы он не касался стенок сосуда, и отпустить, когда он будет плавать. Результат занести в табл. 12.1.

3. Условная вязкость противпригарного покрытия определяется вискозиметром ВЗ-4. Плотно закрыть отверстие в вискозиметре и его емкость заполнить исследуемой краской до указанного уровня. Одновременно открывается отверстие в вискозиметре и включается секундомер. Время истечения исследуемого материала из вискозиметра и является условной вязкостью. Полученный результат занести в таблицу.

4. Седиментационную устойчивость краски определять через 1 и 4 часа после ее приготовления, для чего налить ее в калориметрический цилиндр до верхней метки и оставить в покое на указанное время. По истечении времени измерить отстоявшийся слой растворителя в см³, который и будет мерой седиментационной устойчивости.

5. Прочность к истиранию противопригарного покрытия исследуют на приборе, приведенном на рис.12.1.

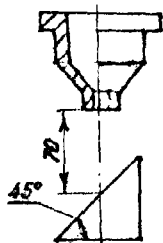


Рис.12.1

Исследуемое покрытие наносят на стеклянную пластинку размером 120x90 мм, для чего ее ставят под углом 45° и выливают на нее краску. Избыток краски стекает, а оставшееся покрытие высушивают в сушильном шкафу при температуре 110-140 °С. Подготовленную пластину устанавливают на приборе.

Прибор состоит из бункера с тарированным отверстием, который крепится на штативе. Под бункером установлен кронштейн для крепления стеклянной пластины и сбора песка.

В качестве истирающего материала используется кварцевый песок, который засыпается в бункер прибора. Песок из бункера через отверстие попадает на стеклянную пластину, и в месте удара будет истираться покрытие. Когда образуется просвет в покрытии диаметром 2-2,5 мм, испытания прекращают и взвешивают песок. Масса песка, отнесенная к 1 мм толщины противопригарной краски, и служит мерой прочности покрытия на истирание. Данные заносятся в таблицу.

6. Прочность сцепления противопопригарного покрытия с поверхностью формы или стержня определяют следующим образом. На торцевую поверхность сухого стандартного цилиндрического образца из жидкостекольной смеси укладывается слой марли, на который окунаем или кистью наносится покрытие. Нанесенный слой высушивается в сушильном шкафу при температуре 105-110 °C. После сушки свободные четыре конца марли присоединяются к динамометру и производится ее отрыв от поверхности образца. Полученное усилие относят к единице поверхности. Результаты заносятся в таблицу.

Содержание отчета

1. Краткая характеристика противопопригарных покрытий.
2. Состав противопопригарных покрытий.
3. Материалы, используемые как наполнители.
4. Свойства противопопригарных покрытий.
5. Выводы по работе.

Вопросы для контроля

1. Назначение противопопригарных красок.
2. Что такое седиментационная устойчивость?
3. Как определяется прочность краски к истиранию?
4. Значения прочности сцепления краски с поверхностью формы.
5. Какими свойствами должны обладать противопопригарные краски?
6. Способы нанесения противопопригарных покрытий на поверхности форм, стержней.
7. Что используется в качестве растворителей красок?

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ГИДРОРЕГЕНЕРАЦИЯ ПЕСКОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ
ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы: экспериментальное изучение влияния ультразвуковых колебаний на степень регенерации формовочных песков.

Общие сведения

Ежегодно в литейных цехах страны потребляются многие миллионы тонн кварцевого песка, который является основной составляющей для приготовления формовочных и стержневых смесей.

Подвергнутый высокотемпературному воздействию жидкого металла кварцевый песок, входящий в состав смеси, практически не пригоден к повторному использованию, так как его поверхность покрыта значительным количеством отвержденных пленок, которые резко снижают как адгезию связующего к поверхности зерна и как следствие этого прочность, так и термостойкость стержневой смеси.

Проблему экономии кварцевых песков можно решить путем широкого внедрения в производство высокоэффективных технологических процессов регенерации кварцевой основы формовочных и стержневых смесей. Особенно остро этот вопрос стоит в процессах восстановления кварцевой основы жидкостекольных смесей, так как известные в настоящее время методы регенерации (гидравлический, пневматический, термический, химический) малоэффективны. Это связано с тем, что пленки жидкого стекла в период заливки форм расплавом подплавляются и спекаются с поверхностью кварцевых зерен. Вторичное использование такого материала в составах стержневых смесей приводит к значительному снижению их объемной и поверхностной прочности. Для получения качественного регенерата необходимо преодолеть весьма высокие силы адгезии, возникающие между пленками жидкого стекла и поверхностью зерен кварцевого песка.

С целью более полного разрушения пленок жидкого стекла и удаления их с поверхности кварцевого наполнителя формовочных и стержневых смесей может быть использован такой высокоэнергетический метод воздействия, как ультразвуковые колебания.

Ультразвук представляет собой упругие механические колебания с частотой от $2 \cdot 10^4$ до 10^8 Гц. Ультразвуковые волны распространяются в любой упругой среде: газообразной, жидкой и твердой. Ультразвуковую регенерацию кварцевых песков из формовочных и стержневых смесей необходимо осуществлять в жидкой среде.

Одна из важных особенностей ультразвука — способность инициировать кавитацию, т.е. процесс образования и захлопывания пузырьков в жидкости. Под воздействием ультразвука в жидкой среде образуются чередующиеся зоны сжатий и разрежений. Если в период разрежения появляются области, в которых давление жидкости меньше упругости пара, то происходит разрыв сплошности жидкости. Образовавшиеся полости заполняются газом и паром. Размер пузырька быстро увеличивается, а давление газа в нем падает обратно пропорционально его объему. Затем начинают действовать силы, стремящиеся сжать пузырек. Пар и газ в нем сжимаются до высоких давлений, затем при захлопывании пузырька в жидкости в микрособьеме образуется ударная волна. Чем выше давление парогазовой смеси в пузырьке, тем значительно большее мгновенное давление ударной волны. Кавитация имеет решающее значение в процессе ультразвуковой регенерации формовочных смесей. При этом наличие в жидкости (воде) взвешенных зерен песка повышает способность ультразвука инициировать кавитацию, так как зерна являются центрами образования кавитационных пузырьков, которые, захлопываясь при большом локальном давлении, создают местные сферические ударные волны, приводящие к разрушению пленок связующего, находящихся на поверхности зерен песка. На процесс разрушения поверхностных пленок влияют также образующиеся в результате ультразвукового воздействия на водно-песчаную пульпу акустические потоки, микротечения, которые способствуют абразивному истиранию пленок.

1. Ультразвуковая регенерация осуществляется на установке (рис.13.1), состоящей из ультразвуковой камеры 1, магнито-стрикционного преобразователя 2, служащего для создания ультразвуковых колебаний в камере 1, генератора УЗГ-(ГУ)-3, бачка 4 с мешалкой 5, необходимого для приготовления водно-песчаной пульпы.

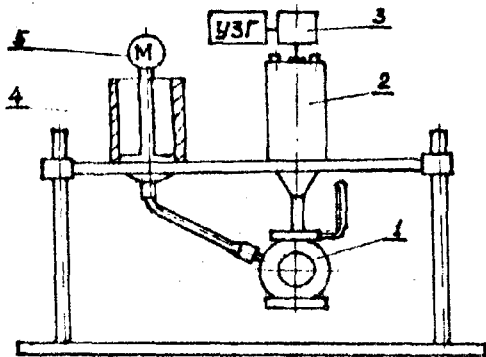


Рис.13.1. Схема установки для ультразвуковой обработки: 1 - ультразвуковая камера; 2 - магнитострикционный преобразователь; 3 - генератор ультразвуковых колебаний; 4 - бачок; 5 - мешалка

2. Каждая подгруппа студентов готовит водно-песчаную пульпу, содержащую отработавшую жидкостекольную смесь, и регенерирует ее в одном из режимов работы ультразвуковой установки в соответствии с табл.13.1.

3. Работа рассчитана на 4-часовое занятие.

Таблица 13.1

№ пп	Режимы ультразвуковой регенерации	
	концентрация водно-песчаной пульпы, %	время обработки, мин
1	0	1
2	45	3
3	45	5
4	45	9

Порядок выполнения работы

1. Из взятой для исследований отработанной (прошедшей высокотемпературную обработку под воздействием расплавленного чугуна) жидкостекольной смеси, предварительно размельченной до размеров зерен 0,2 мм, приготовить стержневую смесь следующего состава (мас.%): отработанная жидкостекольная смесь - 91,5; жидкое стекло - 5; бентонит - 2; вода - 1,5.

2. Изготовить стандартные образцы для определения предела прочности на растяжение и осыпаемость.

3. Образцы подвергнуть продувке CO_2 в стержневом ящике в течение 30 с. Давление CO_2 должно быть в пределах 0,15-0,20 МПа.

4. Полученные образцы подвергнуть испытанию в соответствии с ГОСТ 23409-78 прочности на растяжение и в соответствии с ГОСТ 23409.9-78 на осыпаемость. Полученные данные занести в табл. 13.2.

5. Проанализировать состояние поверхности кварцевого наполнителя отработанной жидкостекольной смеси на микроскопах МИМ-8 и МИН-8.

6. Приготовленную из отработанной жидкостекольной смеси водно-песчаную пульпу залить в бачок 4 с мешалкой 5 (рис. 13.1), откуда она по шлангу перельется в ультразвуковую камеру 1.