

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

Механико-технологический факультет

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным занятиям по дисциплине
«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА»
для студентов специальности
1-36 02 01 Машины и технология и литейного производства

Заяц Т.М.

Гомель 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ	3
Лабораторная работа №2. ДИСПЕРСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ	5
Лабораторная работа № 3. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ	10
Лабораторная работа №4. ВЛИЯНИЕ ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ.....	13
Лабораторная работа №5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ СВЯЗУЮЩЕГО НА МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СМЕСЕЙ	18
Лабораторная работа №6. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ В АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЕ	20

Лабораторная работа №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Цель работы: Ознакомиться со сталагмометрическим методом определения поверхностного натяжения; экспериментальное определение поверхностного натяжения жидкостей.

Теоретическая часть

Особенностью состояния молекул вещества в поверхностном слое является разная величина сил межмолекулярного взаимодействия со стороны внутренних и поверхностных слоев системы. Равнодействующая молекулярных сил в поверхностном слое не равна нулю и направлена внутрь той фазы, с которой больше взаимодействует. Результатом этого является возникновение сил поверхностного натяжения, стремящихся сократить поверхность.

В случае жидкой фазы поверхностное натяжение можно рассматривать как силу, действующую на единицу длины контура поверхности, стремящуюся сократить поверхность до минимума при заданных объемах фаз. В соответствии с этим определением размерность поверхностного натяжения Н/м, кДж/м.

Стремление системы к уменьшению поверхностной энергии выражается в самопроизвольном уменьшении свободной или межфазной поверхности (изменении формы, кривизны, коагуляция и др.) и уменьшении поверхностного натяжения (проявление процессов адсорбции, адгезии, смачивания и др.).

Поверхностное натяжение раствора зависит от природы растворенного вещества и концентрации раствора. Вещества, снижающие поверхностное натяжение, называются поверхностно-активными.

По отношению к воде поверхностно-активными являются многие органические соединения.

Поверхностное натяжение для поверхностей раздела жидкость - газ и жидкость - жидкость может быть определено экспериментально. Для твердых тел поверхностное натяжение определяется косвенными методами

Одним из распространенных методов определения поверхностного натяжения является сталагмометрический метод.

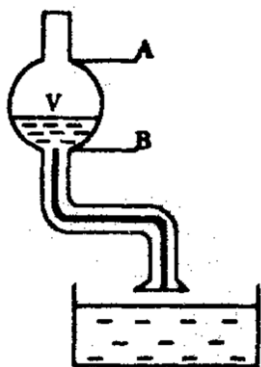


Рисунок 1 – Сталагмометр

Определение поверхностного натяжения этим методом заключается в измерении объема или массы капли жидкости, медленно отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки (рис. 1).

В основе метода лежит положение о том, что в момент отрыва масса капли уравнивается силами поверхностного натяжения. Силы поверхностного натяжения действуют вдоль окружности шейки капли и препятствуют ее

отрыву. В момент отрыва можно считать, что

$$m = F = 2\pi r\sigma, \quad (1)$$

где r - внутренний радиус капилляра; σ – поверхностное натяжение жидкости.

Обычно отрыв капель не происходит по линии внутреннего периметра капилляра сталагмометрической трубки радиусом r , а осуществляется в шейке капли, имеющей меньший радиус. Поэтому в выражении вводится поправочный коэффициент β' , зависящий от радиуса и объема капли

$$m = 2\pi\beta'r\sigma \quad (2)$$

Массу капли определяют путем заполнения сталагмометрической трубки исследуемой жидкостью определенного объема V (от отметки А до отметки В) и измерения числа капель n вытекающих из данного объема. Массу капли рассчитывают по уравнению

$$m = \frac{V\rho g}{n}, \quad (3)$$

где ρ - плотность жидкости.

Определение радиуса капилляра r и коэффициента β' представляется затруднительным. Поэтому поверхностное натяжение определяют путем сравнения данных по истечению из сталагмометрической трубки жидкости с известным поверхностным натяжением. Значение поверхностного натяжения рассчитывают по формуле

$$\sigma = \sigma_{\text{ст}} \frac{\rho \cdot n_{\text{ст}}}{\rho_{\text{ст}} \cdot n}, \quad (4)$$

где $\sigma_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{ст}}$, $n_{\text{ст}}$ – значения σ , ρ , n для данной жидкости.

В качестве стандартной жидкости обычно используют дистиллированную воду $\rho_{\text{ст}} = 998 \text{ кг/м}^3$.

Рассчитывают среднее значение капель из пяти измерений. Измерения проводят в условиях медленного формирования капель (примерно 1- 8 капли в 60 с), при этом скорость истечения жидкостей поддерживают постоянной.

Порядок выполнения работы

Определить поверхностное натяжение жидкостей и установить зависимость поверхностного натяжения от состава раствора.

Промыть дистиллированной водой и смочить исследуемой жидкостью сталагмометр.

Укрепить сталагмометр в штативе в вертикальном положении заполнить исследуемой жидкостью (выше верхней линии).

Проследить процесс истечения воды и исследуемой жидкости из капилляра сталагмометрической трубки (до нижней метки), подсчитав число капель, вытекающих из капилляра.

Произвести 5 - 6 измерений, подсчитав среднее число капель по всем измерениям. Подсчитать поверхностное натяжение. Промыть сталагмометр. Результаты исследований внести в таблицу 1.

Таблица 1

№	Жидкость	Число капель (n)					Поверхностное натяжение, Н/м
		1	2	3	4	5	
1	Дистиллированная вода						$72,8 \cdot 10^{-3}$
2	Керосин						

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое поверхностное натяжение?
2. От чего зависит поверхностное натяжение жидкости?
3. Что такое поверхностно-активные вещества (ПАВ)?
4. Как определяют поверхностное натяжение жидкости?
5. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой-с добавкой мыла. Одинаковы ли объемы отмеренных капель? Ответ обоснуйте.

Лабораторная работа №2. ДИСПЕРСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

Цель работы: Определение основных гранулометрических характеристик микрогетерогенной системы (среднего размера частиц, интегральной и дифференциальной кривой распределения частиц по размерам) с помощью микроскопа.

Теоретическая часть

От гранулометрического состава частиц материалов, применяемых для получения литейных форм (например, частиц песка, глины), во многом зависят технологические свойства форм: механическая прочность, газовая проницаемость и др.

Количественное содержание частиц в определенных фракциях (фракция - это диапазон размеров частиц между их верхним и нижним значениями) по отношению к общему количеству частиц в заданном объеме материала, называется гранулометрическим составом. Для определения гранулометрического состава используют различные методы анализа, основными среди которых являются ситовый, микроскопический, седиментационный.

Метод ситового анализа. Ситовым называют гранулометрический анализ частиц материала с помощью набора сит. Он наиболее прост и распространен для определения гранулометрического состава с размером частиц 40 мкм и более.

Ситовый анализ проводят в специальном приборе, содержащем комплект сит с различной величиной отверстий. Механический встряхиватель должен представлять собой устройство, работающее по принципу вращательного движения со скоростью вращения 300 ± 15 об/мин при одновременном встряхивании с равномерной частотой встряхивания 180 ± 10 в минуту. Сита должны быть круглые с размером не менее: диаметр 100, глубина 25, высота обечайки 40 мм и стандартными размерами ячеек. Сита укладывают по возрастающему размеру ячеек одно над другим: под нижним ситом помещают обечайку со сплошным дном (поддон).

Взвешенную пробу массой 100 или 50 г насыпают на верхнее сито набора сит и закрывают его крышкой. Затем приготовленный набор сит с пробой материала помещают на встряхиватель и включают его. Время отсева составляет 30 минут. По окончании отсева отдельные фракции высыпают из сит, начиная с сита с большими ячейками. Высыпанную фракцию взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0,01 г. Содержание отдельной фракции X , % вычисляют с точностью до 0,1% по формуле

$$X = \frac{m_n}{m} \cdot 100\%,$$

где m_n - масса данной фракции, г, m - масса испытываемой пробы, г. Для каждого порошка ситовый анализ проводят не менее двух раз.

Метод микроскопического анализа. Изучение гранулометрического состава дисперсионной системы с помощью оптического микроскопа (например МИИ-7) заключается в визуальном определении размеров, числа и формы

частиц, попадающих в поле зрения микроскопа. Для частиц правильной формы возможно определение их линейного размера. Величина частиц, не имеющих правильной геометрической формы, характеризуется эквивалентным размером - радиусом или диаметром, сферической частицы, эквивалентной данной частица по объему или поверхности. Эквивалентный размер можно определить по результатам ее измерения в разных направлениях. Однако чаще определяют статистический радиус (или диаметр), характеризующий один линейный размер частицы.

При равной величине частиц в системе в качестве частиц используют средний радиус или диаметр. Способы усреднения различны и зависят от параметров, предполагаемых одинаковыми в полидисперсной системе и системе монодисперсной, ее заменяющей.

Наиболее часто используемые способы усреднения:
среднечисленный радиус

$$r_n = \frac{n_i r_i}{n_i} \quad (1)$$

где n_i - число частиц с радиусом r_i ; Σn_i - суммарное число частиц в системе; среднемассовый или среднееобъемный радиус (одинаковая общая масса или объем частиц)

$$r_m = \frac{n_i r_i^4}{n_i r_i^3} \quad (2)$$

Полидисперсность системы характеризуется коэффициентом полидисперсности

$$K = \frac{r_n}{r_m} \quad (3)$$

Для монодисперсных систем $K = 1$, для полидисперсных - $K < 1$. Чем меньше значение K , тем больше разброс частиц по размерам.

При обработке результатов дисперсионного анализа частицы системы группируют по фракциям, соответствующим определенным интервалам размеров от r_i до $(r_i + \Delta r_i)$.

Результаты оформляют в виде гистограммы и дифференциальных кривых распределения.

Гистограмма строится в системе координат, где по оси ординат откладывают значения содержания частиц d принятых интервалах радиусов (% от общего числа частиц)

$$\Delta Q_{n_i} = \frac{n_i}{n} \cdot 100, \quad (4)$$

а по оси абсцисс - радиус частицы r_i .

Иногда по оси ординат откладывают плотность распределения A .

$$F = \frac{\Delta Q_{n_i}}{\Delta r_i} \quad (5)$$

Кривая, проведенная через точки, соответствующие серединам интервалов гистограммы Δr , построенной в системе координат ΔQ_{n_i} Δr_i носит название дифференциальной кривой распределения частиц по размерам (рис. 1.).

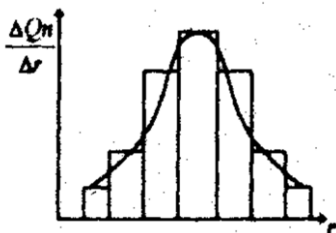


Рисунок 1 – Гистограмма и дифференциальная кривая распределения частиц по размерам дисперсной системы

Метод седиментационного анализа. Под седиментационным анализом понимают гранулометрический анализ, основанный на разделении частиц по массе при их осаждении в жидкости. Измеряя скорость оседания частиц можно определить их радиус по закону Стокса

$$r = \frac{9\eta v}{2(\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{ж}})g} \quad (6)$$

где r - радиус частицы, м; v - скорость оседания частицы в жидкой среде, м/с; $\rho_{\text{п}}$ - плотность материала частицы, кг/м³; $\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкой среды, кг/м³; g - ускорение силы тяжести, м/с²; η - вязкость жидкой среды.

Дисперсионная среда должна хорошо смачивать материал частицы и быть химически инертной к нему. Часто применяют спирт (этиловый, бутиловый), ацетон. Скорость оседания частиц в вязкой среде под действием силы тяжести определяют весовым, пипеточным или оптическим методом, отмучиванием в

восходящем потоке жидкости, центрифугированием. Остальные величины известны из условий опыта.

Порядок выполнения работы

Провести дисперсионный анализ, определить среднечисленный радиус, построить гистограмму и дифференциальную кривую распределения частиц по размерам, используя метод микроскопического анализа.

Подготовить к работе микроскоп МИМ-7.

Используя объект-микрометр (цена деления 0,01 мм) определить цену деления шкалы окуляр-микрометра. Цену деления окуляр-микрометра определяют по формуле

$$C_{ок} = \frac{A}{B} \cdot C_{об}, \quad (7)$$

где $C_{ок}$ - цена деления шкалы объект-микрометра; A – число совмещенных делений объект-микрометра, B - число совмещенных делений окуляр-микрометра.

Поставить предметное стекло с порошком на столик микроскопа и получить резкое изображение частиц в окуляре.

Провести подсчет частиц по фракциям (не менее 3 раз в разных местах образца).

Рассчитать средний радиус частиц для каждой фракции. Результаты записать в таблицы 1, 2.

Таблица 1

Фракция	Число частиц			Всего n_i
	n_1	n_2	n_3	
1				
2				
3				

Таблица 2

Средний радиус частиц фракций, мкм	Число частиц фракции, n_i	$n_i r_i$	$n_i r_i^3$	$n_i r_i^4$
m_1				
m_2				

По результатам проведенных расчетов построить гистограмму и дифференциальную кривую распределения по размерам.

Оформить отчет по проделанной работе.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое фракция?
2. Что такое гранулометрический состав?
3. Способы определения гранулометрического состава?
4. Что такое полидисперсная система?
5. Что такое монодисперсная система?

Лабораторная работа № 3. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: Определить влияние поверхностно-активных веществ на физико-химические свойства связующих материалов.

Теоретическая часть

В литейном производстве применяется технология изготовления форм и стержней из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС). При изготовлении форм и стержней из традиционных песчано-глинистых смесей необходимо оборудование для их уплотнения и упрочнения (прессование, вибрация, встряхивание). При использовании ЖСС смесь заливается в стержневой ящик или на модель и происходит ее самозатвердевание. Жидкоподвижное состояние смеси приобретают при введении в их состав поверхностно-активных веществ. При перемешивании смеси ПАВ захватывают пузырьки воздуха, которые разобщают зерна наполнителя, связь между частицами смеси ослабевает и она приобретает жидкотекучее состояние.

Поверхностно-активными называются вещества, адсорбирующиеся на поверхности раздела фаз, уменьшающие их свободную энергию и понижающие поверхностное натяжение. Для приготовления ЖСС используются ПАВ, обладающие высокими пенообразующими свойствами.

ПАВ имеют ассиметричную молекулярную структуру. Молекулы состоят из двух отличающихся по свойствам частей: полярной гидрофильной группы с большим сродством к воде - на одном конце молекулы и длинной полимерной углеводородной группы - на другом. Гидрофильная часть молекулы ПАВ обычно представляется в виде $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$, SO_3Na . Такая особенность строения молекул ПАВ определяет их способность

самопроизвольно адсорбироваться из растворов на различных поверхностях раздела жидких и твердых фаз. Адсорбция ПАВ на границе раздела жидкость-газ приводит к снижению поверхности натяжения растворов и проявлению ими пенообразующих свойств. Пенообразующая способность ПАВ обусловлена двумя факторами:

- поверхностной активностью, т.е. способностью, понижая поверхностное натяжение воды, концентрироваться в поверхностном слое раствора;
- значительной механической прочностью и вязкостью адсорбционного слоя.

По способности ПАВ к дислокации в растворах они делятся на три группы:

- анионактивные, молекулы, которых в воде частично диссоциируют на поверхностно-активный анион, представляющий собой углеводородную цепь, и поверхностно-неактивный металлический катион.

К этому классу относятся алкилсульфонаты с общей структурной формулой $C_nH_{n+1}-SO_3Na$;

- катионактивные, молекулы, которых в воде диссоциируют на поверхностно-активный углеводородный катион и поверхностно-неактивный анион. К этому классу относятся соли четвертичных аммонийных соединений типа катантина;

- неионогенные, молекулы, которых в водном растворе не образуют ионов. К ним относятся смеси полиэтиленгликолевых эфиров моно- и диалкилфанола.

Метод определения пенообразующей способности ПАВ основан на измерении пены, образующейся при перемешивании раствора поверхностно-активных веществ в воде или в жидкой композиции жидкой самотвердеющей смеси. Для проведения испытания применяются мешалка с частотой вращения импеллера 4000 об/мин. В стакан наливается 100 мл 5%-ного водного раствора поверхностно-активного вещества или жидкая композиция (ЖСС). Испытываемый раствор перемешивается в течение 30 с. И замеряется объем образовавшейся пены. Через 30 мин. измерение объема пены повторяется. Пенообразующая способность (П) в процентах вычисляется по формуле

$$П = \frac{V_0 \cdot 100}{V_p}, \quad (1)$$

где V_0 – объем образовавшейся пены, $см^3$;

V_p – исходный объем раствора, $см^3$.

Устойчивость пены (У) в процентах вычисляется по формуле

$$Y = \frac{V_{30} \cdot 100}{V_0}, \quad (2)$$

где V_{30} – объем пены после 30 мин, см³;
 V_0 – первоначальный объем пены, см³.

Кинематический фактор (эффект Марангони-Гиббса). Этот эффект обусловлен изменением поверхностного натяжения на каком-либо участке пленки вследствие «разрыва» адсорбционного слоя. В результате на поверхности пленки в какой-то ее части имеет место локальное повышение поверхностного натяжения. Разность поверхностного натяжения вызывает возникновение «упругой силы», восстанавливающей сплошность адсорбционного слоя (эффект Марангони).

Эффект Гиббса основан на способности жидкой пленки быстро отвечать на локальные растяжения пленки повышением поверхностного натяжения, а на сжатие – падением поверхностного натяжения. Эти изменения компенсируют разность в напряжениях, возникающих в пленке, и обеспечивают ее сплошность.

Наиболее устойчивые пены образуют водные растворы поверхностно-активных веществ, обладающие большой поверхностной активностью.

Структурно-механический фактор устойчивости. Наличие в пленках механически прочного и высоковязкого адсорбционного слоя из молекул пенообразователя обеспечивает высокую стойкость пены.

Термодинамический фактор устойчивости. Существование и устойчивость пены объясняется взаимодействием двойных электрических слоев, образованных ионами пенообразователя на поверхности пленки.

Жидкотекучесть смесей зависит от пенообразующей способности ПАВ, а живучесть – от устойчивости пены.

Задачей лабораторной работы является исследование влияния пенообразующей способности ПАВ на жидкотекучесть смеси и устойчивость пены на живучесть смеси.

Порядок выполнения работы

В мерный стакан залить 100 мл раствора, состоящего из жидкого стекла и ПАВ (таблица 1) и вспенить композицию в течение 30 с при помощи высокочастотной мешалки при частоте вращения 4000 об/мин. Определить объем полученной пены V_0 по разности между суммарным объемом пены и жидкости и объемом жидкости. Определить по формуле (1) пенообразующую способность ПАВ.

Определить по формуле (2) устойчивость пены после 30 минутной выдержки.

Приготовить смесь указанного состава. Определить ее живучесть и жидкотекучесть. Живучесть – продолжительность времени, в течение которого смесь сохраняет свою жидкотекучесть. Жидкотекучесть определяется отношением диаметра расплыва смеси к диаметру стандартной гильзы.

Результаты испытаний занести в таблицу 1.

Таблица 1

№ раств ора	Компоненты раствора, масс %		Свойства раствора		Свойства смеси	
	Жидкое стекло	ПАВ	Устойчиво сть пены, %	Пенообразу ющая способность , %	Живучесть, мин.	Жидкотекуч есть, ед.
1	98,0	2,0				
2	98,5	1,5				
3	99,0	1,0				
4	199,5	0,5				
5	100,0	0,0				

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое поверхностно-активные вещества (ПАВ)?
2. Какими факторами обусловлена пенообразующая способность ПАВ?
3. На какие группы делятся ПАВ?
4. Расскажите метод определения пенообразующей способности ПАВ?
5. Что такое живучесть смеси? От чего она зависит?
6. Что такое жидкотекучесть смеси? От чего она зависит?
7. Чем отличается изготовление форм из жидких самотвердеющих смесей от песчано-глинистых?

Лабораторная работа №4. ВЛИЯНИЕ ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ

Цель работы: Определение влияния порога коагуляции жидкого стекла на прочностные свойства смесей.

Теоретическая часть

Из известных в литейном производстве технологических процессов изготовления форм и стержней в последние годы наиболее быстрыми темпами развивались процессы, основанные на применении холоднотвердеющих смесей (ХТС).

Для изготовления ХТС применяют два основных связующих материала – синтетические смолы и жидкое стекло. В последнее время из-за возрастающего дефицита синтетических смол и экологических проблем все большее внимание как связующему материалу, уделяется жидкому стеклу, благодаря его низкой стоимости, доступности и нетоксичности. Однако использование жидкостекольных смесей осложнено чувствительностью к колебаниям параметров исходных компонентов, трудной выбиваемостью стержней из затвердевших отливок, сложностью регенерации смесей и их склонностью к пригарообразованию. Такие обстоятельства приводят к увеличению себестоимости отливок из-за трудоемкости выбивки и очистных операций, к получению литья с недостаточно высоким качеством поверхности, создают трудные условия регенерации смесей и разработки безотходной технологии.

Как связующий материала жидкое стекло в литейном производстве применяется более 40 лет с разработкой CO_2 – процесса.

Разработку жидкостекольных смесей и развитие технологических процессов, основанных на их применении, разделяют на 3 этапа, каждый из которых был отмечен значительными достижениями в этой области.

1 этап. Конец 40-х – начало 50-х годов: разработка CO_2 – процесса, широко и успешно применяющегося до настоящего времени.

2 этап. Конец 50-х – начало 60-х годов: разработка самотвердеющих смесей с использованием твердых порошкообразных отвердителей. В конце 50-х годов предложено отверждать силикат натрия солями типа фтортитана, фторсиликата, фторвольфрама натрия. В 1957 г. создан процесс изготовления форм и стержней из самотвердеющих смесей, содержащих жидкое стекло и порошкообразный отвердитель на основе сплавов кремния, ферросилиция и силикокальция, получивших название «нишиямо-процесс». В начале 60-х годов разработаны самотвердеющие смеси в жидкоподвижном и пластичном состояниях на жидком стекле, отверждающиеся двухкальциевым силикатом в виде феррохромового шлака и нефелинового шлака. Предложены и другие, менее технологичные, отвердители смесей на жидком стекле: некоторые виды цементов, доменный шлак, кремнефтористый натрий, хлористый алюминий и др.

3 этап. В 60-х годах разработаны смеси с жидкими отвердителями – сложными эфирами, позволяющими значительно улучшить физико-механические и технологические свойства смесей.

Жидкое стекло является связующим материалом группы В-1 и представляет собой водный раствор силикат-глыбы. Силикат-глыба – твердый аморфный сплав растворимого стекла общего состава $R_2O \cdot mSiO_2$, где R – натрий или калий, m – число молекул SiO_2 , приходящихся на одну молекулу R_2O . Жидкое стекло получают в печах при температуре 1400-1500 °С путем сплавления кремнезема и окислов щелочных металлов. В результате получается стекловидная масса, носящая название силикат-глыбы. В зависимости от сырья, применяемого при изготовлении силикат-глыбы, жидкое стекло бывает трех сортов: содовое, сульфатное, сульфатно-содовое.

Для изготовления содовой силикат-глыбы применяют кварцевый песок с высоким содержанием SiO_2 и соды (Na_2CO_3). Жидкое стекло, полученное из силикат-глыбы, называется натриевым. При изготовлении сульфатной глыбы применяют кварцевый песок, сульфат натрия и уголь. Если при варке силикат-глыбы использовались калиевые соединения, то жидкое стекло называется калиевым.

После окончания процесса варки силикат-глыба охлаждается, подвергается дроблению и растворению в воде, которое осуществляется в автоклавах под давлением пара. Основной характеристикой жидкого стекла является модуль – отношение числа грамм-молекул двуокиси кремния SiO_2 к числу грамм-молекул окиси натрия Na_2O

$$m = \frac{SiO_2}{Na_2O} \cdot 1,032 ;$$

где 1,032 – отношение молекулярного веса двуокиси кремния к молекулярному весу окиси натрия.

В соответствии с ГОСТ 13078-81 жидкое стекло в зависимости от силикатного модуля подразделяется на три марки: А - с модулем 2,31-2,60; Б - 2,61-3,0; В - 3,01-3,5. В литейном производстве в основном используется жидкое стекло с модулем 2,61-3,0.

Оценка качества жидкого стекла, как связующего материала, производится по показателям его модуля, плотности и прочности стандартной пробы. Для жидкоподвижных смесей, представляющих собой сложную физико-химическую систему, этих характеристик качества связующего недостаточно. Поскольку жидкое стекло, как раствор щелочных силикатов представляет собой сложную коллоидную систему, его качество можно оценивать по порогу коагуляции. Щелочная составляющая жидкого стекла Na_2O препятствует переходу коллоидного раствора в гель. Нейтрализация этой стабилизирующей части Na_2O добавкой кислоты приводит к гелеобразованию. Формой оценки порога коагуляции жидкого стекла следует считать его определение по количеству Na_2O , выраженному количеством стабилизирующих ионов (в % Na_2O), которое эквивалентно максимальному количеству кислоты,

вызывающему мгновенную коагуляцию. Принцип метода оценки порога коагуляции состоит в том, что к пробе жидкого стекла в процессе ее перемешивания добавляется соляная кислота до момента гелеобразования после чего расход кислоты пересчитывается на соответствующее количество Na_2O . На показатель порога коагуляции не оказывают влияния условия его определения (скорость перемешивания пробы и ее температура, скорость введения кислоты). Однако на получаемый результат влияет степень разбавления жидкого стекла. Таким образом, показатель порога коагуляции характеризует стабильность жидкого стекла, его реакционную способность, которая снижается с ростом этого показателя.

Силикатный модуль, который повсеместно применяется при оценке качества жидкого стекла, не позволяет оценивать его реакционную способность. При одинаковом силикатном модуле жидкого стекла порог коагуляции может варьироваться в широких пределах, что соответствует значительному изменению реакционной способности при постоянном модуле. Гелеобразование в жидком стекле начинается при $\text{pH}=5-7$. Изменение порога коагуляции жидкого стекла и его pH до определенного предела сохраняют идентичный характер. Для жидкого стекла, в котором количество Na_2O превышает уровень, соответствующий соотношению $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O} = 2:1$, прямолинейный характер зависимости порога коагуляции жидкого стекла и его pH не сохраняется.

После нейтрализации стабилизирующего Na_2O , связанного в силикате, образовавшийся щелочной силикат характеризуется отношением $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O} = 4:1$. По мере протекания процесса содержание в геле Na_2O постепенно увеличивается до определенного уровня, который в дальнейшем не изменяется. Часть Na_2O постепенно накапливается в смеси в растворенном виде, которая и соответствует порогу коагуляции.

Для управления процессом отверждения смеси существенную роль играет полная оценка всех факторов, влияющих на первый этап процесса отверждения, определяемый периодом сохранения живучести смеси. Этот период характеризуется нейтрализацией стабилизирующих ионов жидкого стекла и отсутствием гелеобразования, в результате чего смесь можно использовать без потери прочности. Поскольку количество стабилизирующих ионов в жидком стекле определяется показателем порога коагуляции, данный показатель можно отнести к категории важнейших факторов, влияющих на живучесть смеси.

Повышение порога коагуляции жидкого стекла способствует упрочнению смеси. Оптимальные характеристики живучести и прочностных свойств смеси достигаются при пороге коагуляции 5-6% Na_2O . Поскольку порог коагуляции выражается количеством стабилизирующих ионов, обеспечивающих гелеобразование, он может быть использован для теоретического расчета оптимального расхода отвердителя. В смесях с недостаточным содержанием

отвердителя значительная часть жидкого стекла остается неотвержденной, т.е. его связующие свойства используются неполностью. Это приводит к увеличению продолжительности самозатвердевания смеси и значительно ухудшает ее выбиваемость, так как не прореагировавшее в процессе отверждения смеси жидкое стекло затвердевает под действием теплопередачи от отливки, что повышает прочность смеси после заливки формы металлом. Избыточное количество отвердителя в смеси снижает ее технологические свойства.

Для соблюдения стабильных производственных условий при изготовлении форм и стержней из самотвердеющих смесей необходимо поддерживать в них постоянное содержание стабилизирующего Na_2O , что позволит обеспечить постоянный уровень живучести и прочностных свойств. Оптимальное содержание стабилизирующего Na_2O может достигаться введением в смесь жидкого стекла с таким расчетом, чтобы производство показателя порога коагуляции и содержание жидкого стекла соответствовало определенной заданной величине.

При использовании показателя порога коагуляции, качественно важной характеристики жидкого стекла как связующего, представляется возможным расчетным путем оптимизировать составы и разрешить часть проблем, существующих при применении самотвердеющих смесей на основе жидкого стекла, в частности, стабилизация свойств смесей, улучшение их выбиваемости и регенерации.

Задачей лабораторной работы является исследование влияния порога коагуляции жидкого стекла на свойства смеси.

Порядок выполнения работы

Приготовить смесь следующего состава:

Таблица 1

Компоненты смеси	масс, %
кварцевый песок	100
отвердитель АЦЕГ	0,6
жидкое стекло ($m=2,65$; порог коагуляции 5% и 8%)	6
ПАВ	1
H_2O	3

Засыпать смесь в стержневой ящик и изготовить стержень.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.

4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое жидкое стекло?
2. Что такое силикат-глыба?
3. Каких сортов бывает жидкое стекло?
4. Как изготавливается жидкое стекло?
5. Что такое модуль жидкого стекла?
6. Как значение порога коагуляции жидкого стекла влияет на свойства смесей?
7. Как избыточное количество отвердителя в смеси влияет на ее свойства?
8. Как недостаточное количество отвердителя в смеси влияет на ее свойства?

Лабораторная работа №5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ СВЯЗУЮЩЕГО НА МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СМЕСЕЙ

Цель работы: Определить влияние природы связующего на прочностные свойства смесей.

Теоретическая часть

Одним из условий получения высококачественных отливок является использование качественных формовочных и стержневых смесей. Поскольку смеси оказывают сложное и многообразное влияние на весь технологический процесс производства отливок, они должны обладать многими свойствами: определенным гранулометрическим строением, пластичностью, прочностью в сыром и сухом состояниях, податливостью, выбиваемостью из отливок после затвердевания последних, определенной теплоаккумулирующей способностью, влияющей на качество, структуру и свойства отливок. Среди этих свойств прочность формовочных и стержневых смесей является одним из главных факторов, обуславливающих возможность получения отливок высокого качества.

В современном литейном производстве используются многочисленные, разнообразные по своей природе и свойствам связующие материалы. Для рационального использования связующих материалов необходимо их классифицировать, т.е. разделить на группы, характеризующиеся общностью физико-химических и технологических свойств. Классификация должна предопределить применимость связующих материалов для смесей, работающих в различных условиях, и устанавливать возможность их взаимозаменяемости.

Связующие материалы, используемые в литейном производстве,

классифицируются на органические (класс А), неорганические (класс Б), комбинированные (класс В).

Упрочнение смесей, содержащих органические неводные и органические водные связующие, основано на химической реакции полимеризации при температурном воздействии.

Неорганические материалы – цемент, жидкое стекло и формовочные глины.

Цементные смеси уплотняются в результате протекания сложных химических коллоидных и кристаллообразующих явлений.

Жидкостекольные смеси упрочняются образующимся гелем кремниевой кислоты.

Связующее действие формовочных глин обусловлено тем, что дисперсные глинистые частицы покрываются с поверхности гидратными оболочками, которые связывают эти частицы между собой, сообщая глине пластичность и прочность.

Задачей лабораторной работы является изучение влияния природы связующего на механизм формирования прочностных свойств смесей.

Порядок выполнения работы

Приготовить смеси следующих составов.

№ смеси	Состав, мас. %					
	кварцевый песок	бентонит	вода	жидкое стекло	ПАВ	отвердитель
1	90	6	4	–	–	–
2	91,4	–	–	6	2	0,6

Изготовить стандартные образцы и определить предел прочности при сжатии после 5, 10, 15-минутной выдержки.

Данные испытаний занести в таблицу

№ смеси	Предел прочности при сжатии, $\times 10^5$ Па		
	Продолжительность выдержки, мин		
	5	10	15
1			
2			

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.

6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Классификация связующих материалов?
2. Как природа связующего влияет на механизм формирования прочностных свойств смеси?
3. Приведите примеры неорганических связующих материалов.
4. За счет чего упрочняются жидкостекольные смеси?
5. Чем обусловлено связующее действие формовочных глин?

Лабораторная работа №6. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ В АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЕ

Цель работы: Определить закономерности окисления различных сталей при повышенных температурах.

Теоретическая часть

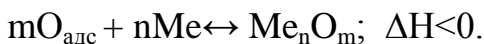
Окисление является сложным гетерогенным процессом, включающим ряд стадий: подвод кислорода к поверхности металла, адсорбцию молекул на поверхности, диссоциацию молекул на атомы, поглощение атомов кислорода металлом с образованием твердого раствора или химического соединения, диффузия кислорода в поверхностном слое (рост окалины).

Реакция адсорбции и диссоциация кислорода



где ΔH – изменение энтальпии.

Реакция взаимодействия адсорбированного атомарного кислорода с атомами металла



Как следует из записанных реакций, энергия адсорбции кислорода на поверхности металлов и энергия ее диссоциации имеют различные знаки.

Вероятность самопроизвольного протекания реакции окисления определяется изменением термодинамических потенциалов.

Для любого изобарно-изотермического процесса газовой коррозии вероятность определяется изменением изобарно-изотермического потенциала ΔG ; если $\Delta G < 0$, протекание окисления возможно, если $\Delta G > 0$, окисление невозможно, при $\Delta G = 0$ система находится в термодинамическом равновесии. Анализ термодинамической возможности окисления может быть и на основании сравнения парциального давления кислорода P_{O_2} и давления диссоциации образующегося окисла P_{MeO} . Если $P_{\text{O}_2} < P_{\text{MeO}}$, окисление возможно; при $P_{\text{O}_2} > P_{\text{MeO}}$ – окисление невозможно (окисел разлагается Me и O_2). Равенство $P_{\text{O}_2} = P_{\text{MeO}}$ свидетельствует о термодинамическом равновесии между Me, MeO и O_2 .

Константа равновесия окисления

$$K_p = P_{O_2}.$$

Кинетика окисления определяется скоростью диффузии атомов кислорода и металла через образующуюся окисную пленку, что зависит от температуры и строения пленки. Зависимость скорости окисления от температуры

$$K_m = A \cdot e^{-\frac{Q}{RT}},$$

где K_m – константа скорости окисления, A – константа, характеризующая металл и среду, Q – энергия активации процесса окисления, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура.

При окислении железа возможно образование трех окислов Fe_2O_3 (гематит), Fe_3O_4 (магнетит) и FeO . Последний образуется при температурах выше $570^\circ C$ и отличается более простой кристаллической решеткой и повышенной рыхлостью, что ускоряет процесс окисления.

Легирование стали способствует повышению ее окалиностойкости. При этом в качестве легирующих, используются элементы, образующие более прочные окислы.

Защищающими от окисления при данной температуре являются пленки, удовлетворяющие условию сплошности

$$\frac{V_{OK}}{V_{Me}} > 1,$$

где V_{OK} и V_{Me} – молекулярные объемы окисла и металла.

Скорость роста пленки в этом случае определяется диффузией компонентов реакции и уменьшается с увеличением толщины пленки δ . Толщина пленки зависит от времени реакции

$$\delta^2 = K_1 \cdot \tau,$$

где K_1 – постоянная.

При $\frac{V_{OK}}{V_{Me}} < 1$ пленка не является сплошной и плотной. Толщина ее определяется химическим взаимодействием металла с кислородом

$$\delta = K_2 \cdot \tau.$$

В случае если скорость пленки контролируется и химическим взаимодействием металла с кислородом, и диффузией ее компонентов, ее толщина описывается уравнением Эванса

$$K_1 \delta^2 + K_2 \delta = K_1 K_2 \tau$$

или уравнениями:

$$\delta^n = K_n \tau,$$

$$\delta = K_3 \lg \tau + K_4,$$

где K_1, K_2, K_3, K_4 – постоянные, n – показатель степенного закона ($1 < n < 2$).

Порядок выполнения работы

Исследовать процесс окисления образцов стали разного состава при температуре 800 °С.

Зачистить образцы наждачной бумагой.

Замерить образцы штангенциркулем (с точностью до 0,1 мм) и подсчитать площадь поверхности.

Обезжирить и просушить образцы.

Произвести взвешивание образцов (с точностью до 0,001 г).

Периодически нагревать образцы в течение 600 с при 800 °С с последующим взвешиванием.

Результаты опытов для исследуемой стали записать в таблицу 1.

Таблица 1

материал	размер образца		общая поверхность $S, \text{ м}^2$	начальная масса образца $P, \text{ кг}$	время нагрева $\tau, \text{ с}$	масса после нагрева $m, \text{ кг}$	Удельный прирост массы $\frac{\Delta m}{S}, \text{ кг/м}^2$
	d, м	h, м					
					600		
					1200		
					1800		

По результатам опытов построить график $\frac{\Delta m}{S} = f(\tau)$ для всех сталей.

Рассчитать скорость окисления исследуемой стали по одной из приведенных зависимостей $K = f\left(\frac{\Delta m}{S}, \tau\right)$:

$$K_m = \frac{\frac{\Delta m}{S}}{\tau} \quad \text{— для окисления по линейному закону;}$$

$$K_m = \frac{\left(\frac{\Delta m}{S}\right)^2}{\tau} \quad \text{— для окисления по параболическому закону;}$$

$$K_m = \frac{\left(\frac{\Delta m}{S}\right)^2}{\lg \tau} \quad \text{— для логарифмического закона окисления.}$$

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическая часть.
4. Порядок проведения работы.
5. Полученные результаты.
6. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие оксиды образует железо?
2. Как легирование стали влияет на ее окалиностойкость?
3. Что такое окалиностойкость?
4. Из каких стадий состоит процесс окисления?
5. Условия образования защитной оксидной пленки?