

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»

Гриц Ю.Ю.

Гомель 2022

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.

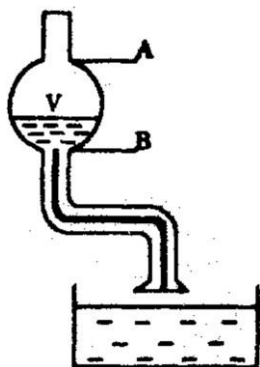


Рисунок 1 – Сталагмометр

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 среднеобъемный 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 $\Delta Q_{n_i} \Delta r_i$ носит название дифференциальной кривой распределения частиц по размерам (рис. 1.).

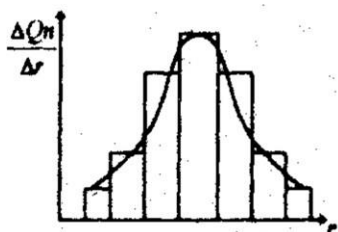


Рисунок 1 – Гистограмма и дифференциальная кривая распределения частиц по размерам дисперсной системы

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	$n_i r_i$	$n_i r_i^3$	$n_i r_i^4$
r_{n1}				
r_{n2}				

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 разобьют 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?