

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автомобильных дорог и строительных материалов

В.Н. Рубцова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Оренбург
2019

УДК 549.64
ББК 35.41
Р82

Рецензент – кандидат технических наук, доцент В.И. Турчанинов

Рубцова, В.Н.

Р82 Теоретические основы строительного материаловедения:
методические указания / В.Н. Рубцова; Оренбургский гос. ун-т –
Оренбург: ОГУ, 2019. – 18 с.

Методические указания содержат методику выполнения лабораторных работ и задания для самостоятельного изучения фазовых переходов на диаграммах состояния.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по курсу «Теоретические основы строительного материаловедения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

УДК 549.64
ББК 35.41

© Рубцова В.Н., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Построение кривой полной дегидратации глин	5
2 Лабораторная работа № 2. Зависимость текучести шлама от добавки разжижителей	8
3 Самостоятельная работа. Определение путей кристаллизации, содержания фаз и температуры плавления на двух- и трехкомпонентных диаграммах состояния	14
Список использованных источников	18

Введение

В производстве и применении строительных материалов большинство процессов имеют химическую природу и базируются на фундаментальных закономерностях физической химии.

Строитель-бакалавр должен уметь применять законы фундаментальных наук к массообменным, тепловым процессам, фазовым переходам, которые происходят в технологиях керамических, вяжущих, плавленных, композиционных и других строительных материалов.

Выполнение лабораторных работ позволит на практике глубже изучить процессы, происходящие в глинистых минералах при нагревании, установить состав глин конкретных месторождений, а также выполнить исследование по выбору вида и количества разжижителя сырьевого шлама для цементного завода, работающего по мокрому способу производства.

Решение самостоятельных заданий закрепляет теоретические знания в области фазовых равновесий в двух- и трехкомпонентных системах при нахождении путей кристаллизации (плавления) расплавов и количественного соотношения фаз.

1 Лабораторная работа № 1. Построение кривой полной дегидратации глин

Цель работы: изучить фазовые превращения гидросиликатов алюминия – основных глинистых минералов.

Глинистые горные породы – механическая смесь различных глинообразующих минералов и сопутствующих примесей. Мономинеральные глины в природе встречаются редко. Поэтому минеральный тип глин обычно характеризуют преобладающим в рассматриваемой породе глинообразующим минералом.

К настоящему времени выявлено свыше десяти глинистых минералов, составляющих глинистые породы: минералы монтмориллонита, гидрослюд или иллита, каолинита, хлорита, вермикулита.

Глинистые минералы представляют собой гидросиликаты алюминия сетчатой или слоистой структуры.

По характеру присоединения и силе связи молекул воды кристаллогидраты можно подразделить на соединения, в которых:

- 1) вода находится в виде OH^- -ионов (кристаллизационная, конституционная вода);
- 2) вода связана с составляющими решётки в виде молекул (координационно связанная вода);
- 3) молекулы воды химически не связаны с кристаллической решёткой, а заполняют в ней лишь пустоты (межпакетная, цеолитовая вода).

Для определения количества различных видов воды, входящей в состав гидросиликатов, строят кривые дегидратации на основе определения изменения их массы при нагревании.

Каждая разновидность гидросиликатов в зависимости от структуры содержит различный вид воды и различное её количество, поэтому кривые дегидратации и максимальные температуры у них будут неодинаковые.

Имея эталоны кривых дегидратаций различных гидросиликатов, можно определить к какой группе относится испытываемая глина.

Методика проведения работы:

Материалы и оборудование: глины различных месторождений, печь с диапазоном температур до 900 ° С и регулируемым режимом обжига, аналитические весы с разновесами, фарфоровые тигли, сушильный шкаф, эксикатор.

Навеску исследуемой глины (от 20 до 30 г) растирают в ступке и высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 ° С – 110 ° С. Охлаждённую глину хранят в эксикаторе. На аналитических весах в фарфоровых тиглях готовят шесть навесок сухой глины (от 1 г до 3 г) и помещают до обжига в эксикатор.

Полученные пробы прокаливают в течение 0,5 часа при температурах: 300, 400, 500, 600, 700, 800 °С. После охлаждения и хранения в эксикаторе взвешивают. Устанавливают также визуально цвет навесок. Результаты заносят в таблицу 1.1

Таблица 1.1 – Определение содержания кристаллогидратной воды в глине _____ месторождения.

Но- мер тигля	Масса, г			Темпе- рату- ра прока- лива- ния, °С	Масса, г		Поте- ря массы навес- ки после прока- лива- ния, г	Содер- жание крис- талло- гидра- тной влаги, %	Изме- нение цвета глины
	Тиг- ля	Тиг- ля с навес- кой	Навес- ки		Тигля с навес- кой после прока- лива- ния	Навес- ки после прока- лива- ния			

На основании полученных результатов строят кривую дегидратации: по оси ординат откладывают количество воды в процентах, по оси абсцисс –

температуру. Делают выводы о минералогическом составе глины, используя справочные данные [1 с. 29 – 39], [2 с. 722 – 740], [3 с. 177], [4 с. 185 – 191], [5 с. 41 – 43].

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные группы глинистых минералов, их химический состав.
2. При каких температурах наблюдается процесс дегидратации глинистых минералов.
3. Назовите мономинеральные глины.
4. Опишите физико-химический метод исследования дегидратации глинистых минералов.
5. Напишите формулы основных глинистых минералов.
6. Как меняются свойства глин в зависимости от минералогического состава.
7. Основные свойства глинистых минералов.

2 Лабораторная работа № 2. Зависимость текучести шлама от добавки разжижителей

Цель работы: изучить влияние вида и количества разжижителей на текучесть цементного сырьевого шлама.

Сырьевой цементный шлам представляет собой водную суспензию смеси карбонатных и алюмосиликатных твёрдых частиц с концентрацией твёрдой фазы 50 – 70 %.

Так как для последующих технологических переделов вода является не просто балластом, а компонентом, требующим для своего удаления тепловых затрат, стремятся получить сырьевой шлам с минимальной влажностью. Величина минимума влажности определяется необходимой текучестью шлама, при которой можно применять гидротранспорт.

Для снижения влажности шлама при сохранении необходимой текучести используются разжижители, в качестве которых применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) и электролиты (жидкое стекло, соду, триполифосфат натрия и др.). Вид и дозировка разжижителя в каждом конкретном случае устанавливается на основании специальных испытаний.

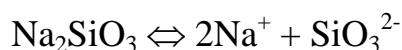
Способность химических реагентов эффективно воздействовать на структурно-механические свойства шламов основана на явлении ионного обмена. Частицы минералов благодаря наличию на их поверхности электрических зарядов сорбируют из окружающей среды катионы и анионы, которые недостаточно прочно удерживаются на поверхности частиц и при определённых условиях обмениваются на другие ионы. Наибольшая склонность к ионному обмену характерна для минералов глин.

При необходимости регулирования технологических характеристик высокоподвижных керамических масс (шликеров, шламов) широко используется прием, заключающийся в изменении состава сорбированного комплекса глинистых частиц.

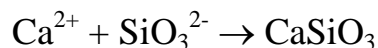
Глинистые частицы в воде приобретают отрицательный заряд, который в природе компенсируется адсорбированными катионами, всегда содержащимися в природных водах. Наиболее типичные – Ca^{2+} (H^+).

Путем замены ионов кальция в сорбированном комплексе однозарядными ионами можно получить шликер с минимальной влажностью.

При введении в глинистую суспензию электролита, содержащего однозарядные ионы (чаще Na_2SiO_3), происходит его диссоциация:



Энергия адсорбции Na^+ больше, чем Ca^{2+} , поэтому он будет вытеснять ионы Ca^{2+} из диффузного слоя. В месте замещения возникает некомпенсированный отрицательный заряд – частицы будут отталкиваться.



При дальнейшем возрастании количества катионов Na^+ происходит нейтрализация избыточных отрицательных зарядов на поверхности глинистых частиц и благодаря действию сил межмолекулярного взаимодействия частицы глины начинают слипаться. Причем второй ион Ca^{2+} начинает гидратировать, уменьшая содержание «свободной» воды. Суспензия загустевает.

Так как каждая глина содержит различное количество сорбированных катионов, то для них существует оптимальная концентрация электролита, обеспечивающая наилучшие условия пептизации – разжижения.

Адсорбция растворенных в воде ПАВ на гидрофильных адсорбентах – частицах гидратирующегося цемента, глины, сопровождается закреплением функциональных сульфогрупп (полярной группы) на поверхности частиц, а неполярный радикал (углеводородная цепь) располагается в направлении от частиц, формируя адсорбционный слой в одну или несколько молекул.

Сформировавшийся адсорбционный слой изменяет ξ - потенциал двойного электрического слоя частиц, развивая силы их взаимного отталкивания. Высвобождение молекул воды, адсорбированных на частицах, увеличивает общий объем дисперсионной среды, снижает вязкость, вызывает разжижение дисперсной системы.

Введением в цементные сырьевые шламы ПАВ (от 0,1 % до 1 %) можно снизить влажность шлама от 3 % до 13 %, сохранив при этом необходимую текучесть. Снижение влажности от 3 % до 8 % наблюдается при введении электролитов в количестве от 0,1 % до 0,5 % [6, с. 273 – 287].

Текучесть шлама – способность растекаться под действием собственного веса – определяют на текучестемере МХТИ ТН – 2 по расплыву шлама из стандартного конуса. При нормальной текучести расплыв (по радиусу) составляет (45 ± 2) мм [7, с. 134 – 136].

Методика проведения работы:

Материалы и оборудование: текучестемер МХТИ ТН – 2, цементный сырьевой шлам, разжижители, мерная посуда, весы, фарфоровые чашки.

Вначале подготавливается текучестемер. На горизонтальную поверхность укладывают белую бумагу, на которую нанесена круговая шкала. Сверху её накрывают стеклом. Коническое кольцо устанавливают на стекло расширенной частью вниз точно по центру круговой шкалы, при этом внешний контур кольца должен быть совмещён с окружностью шкалы диаметром 50 мм.

Затем определяется влажность шлама, обеспечивающая нормальную текучесть. Для этого в стаканчик наливают определённое количество воды (от 30 % до 50 % от массы готового шлама) и всыпают 50 г сухого шлама. (Расчет производят, принимая за x массу воды или готового шлама). Шлам тщательно перемешивают с водой в течение 3 мин и проводят испытание. Для определения текучести готовый шлам наливают в коническое кольцо до краёв, ножом выравнивают поверхность шлама, затем быстро без рывков поднимают

кольцо в вертикальном направлении. По радиусу расплыва конуса шлама определяют его текучесть с точностью до 1 мм. Для этого производят четыре отсчёта показаний по круговой шкале, соответствующих точкам наибольшего и наименьшего диаметра расплыва конуса. Среднее арифметическое из этих четырёх показаний характеризует текучесть испытуемой пробы шлама. Перед заполнением конического кольца шламом внутренняя поверхность кольца и стекло текучестемера должны быть сухие и чистые.

Подбор количества воды проводят до тех пор, пока расплыв (по радиусу) не будет (45 ± 2) мм. После двух результатов эксперимента целесообразно применить метод экстраполяции или интерполяции. Результаты заносят в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Определение влажности шлама нормальной текучести

Состав шлама	Количество воды, мл	Влажность шлама, %	Текучесть, мм	
			расплыв	средний

После этого приступают к изучению влияния разжижителя на текучесть шлама. В стаканчик наливают объём воды, соответствующий влажности шлама нормальной текучести, добавляют заданное количество добавки, тщательно перемешивают и всыпают 50 г сухого шлама, вновь перемешивают 3 мин и определяют текучесть. Все результаты заносят в таблицу 2.2

Таблица 2.2 – Влияние разжижителей на текучесть шлама

Добавка разжижителя			Текучесть, мм	
наименование	количество от массы сухого шлама		расплав	средний
	%	г		

По полученным данным строят графики влияния добавок на текучесть шлама, откладывая по оси ординат текучесть шлама, а по оси абсцисс – количество добавки.

Изучение влияния разжижителя на свойства сырьевого цементного шлама можно проводить по другому плану эксперимента: вводя добавку и одновременно снижая расход воды для получения нормальной текучести шлама.

Результаты заносятся в таблицу 2.3

Таблица 2.3 – Влияние разжижителей на влажность шлама нормальной текучести

Добавка разжижителя		Количество во воды	Распływ	Влажность шлама
Наименование	количество от массы сухого шлама			
	%	г	мл	мм

Делают вывод об эффективности разжижителей и механизме их действия [5, с. 16-27], [6, с. 273-277].

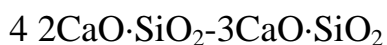
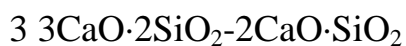
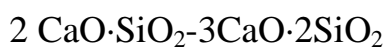
Контрольные вопросы.

1. Суть мокрого способа производства портландцемента.
2. В чем необходимость снижения влажности цементного сырьевого шлама.
3. Виды разжижителей шлама.
4. Механизм действия электролитов и ПАВ в цементных сырьевых шламах.
5. Как определяется текучесть цементного сырьевого шлама.

3 Самостоятельная работа. Определение путей кристаллизации, содержания фаз и температуры плавления на двух- и трехкомпонентных диаграммах состояния

1 Нарисовать диаграмму состояния системы CaO-SiO₂ [8,9].

Дать с обоснованием схему фазовых превращений при охлаждении для расплава, точка состава которого расположена между соединениями:



Показать последовательность фазовых превращений при охлаждении для смеси, содержащей CaO:

1. 15%	6. 70%	11. 45%
2. 30%	7. 80%	12. 55%
3. 40%	8. 90%	13. 65%
4. 50%	9. 20%	14. 75%
5. 60%	10. 35%	15. 10%

Найти соотношение между фазами (в процентах), образовавшимися при охлаждении расплава, содержащего:

1. 10% CaO при $t = 1800^{\circ}\text{C}$
2. 15% CaO при $t = 1800^{\circ}\text{C}$
3. 20% CaO при $t = 1600^{\circ}\text{C}$
4. 15% CaO при полной кристаллизации
5. 70% SiO₂ при полной кристаллизации
6. 40% CaO при полной кристаллизации
7. 50% SiO₂ при полной кристаллизации
8. 60% CaO при $t = 1600^{\circ}\text{C}$
9. 10% SiO₂ при $t = 2100^{\circ}\text{C}$
10. 35% CaO при полной кристаллизации
11. 65% SiO₂ при полной кристаллизации
12. 75% SiO₂ при полной кристаллизации
13. 90% CaO при $t = 2200^{\circ}\text{C}$
14. 85% CaO при $t = 2300^{\circ}\text{C}$
15. 80% CaO при $t = 2200^{\circ}\text{C}$
16. 60% CaO при $t = 1600^{\circ}\text{C}$
17. 50% CaO при $t = 1500^{\circ}\text{C}$
18. 40% CaO при $t = 1470^{\circ}\text{C}$
19. 20% CaO при $t = 1800^{\circ}\text{C}$
20. 10% CaO при полной кристаллизации

Определить температуру, при которой образуется:

1. 33,3% жидкой фазы в смеси, содержащей 10% CaO
2. 50% жидкой фазы в смеси, содержащей 15% CaO
3. 30% жидкой фазы в смеси, содержащей 43% CaO
4. 60% жидкой фазы в смеси, содержащей 10% SiO₂
5. 40% жидкой фазы в смеси, содержащей 85% CaO
6. 55% жидкой фазы в смеси, содержащей 95% CaO
7. 20% жидкой фазы в смеси, содержащей 20% CaO
8. 70% жидкой фазы в смеси, содержащей 20% SiO₂

9. 80% жидкой фазы в смеси, содержащей 80% SiO₂
10. 90% жидкой фазы в смеси, содержащей 70% SiO₂
11. 30% жидкой фазы в смеси, содержащей 50% SiO₂
12. 40% жидкой фазы в смеси, содержащей 60% SiO₂
13. 50% жидкой фазы в смеси, содержащей 80% SiO₂
14. 60% жидкой фазы в смеси, содержащей 80% CaO
15. 70% жидкой фазы в смеси, содержащей 90% CaO

2 Нарисовать диаграмму состояния системы CaO-SiO₂-Al₂O₃ [10]

Построить путь кристаллизации состава, точка которого расположена в поле кристаллизации:

			состава, % CaO SiO ₂ Al ₂ O ₃			
1. анортита	6. муллита	11. CA	16.	20	40	40
2. волластонита	7. геленита	12. CA ₂	17.	40	30	30
3. 2CaO·SiO ₂	8. C ₃ S ₂	13. CA ₆	18.	30	40	30
4. 3CaO·SiO ₂	9. корунда	14. C ₃ A	19.	30	30	40
5. CaO	10. кварца	15. C ₅ A ₃	20.	20	40	40

3 Нарисовать диаграмму состояния системы CaO-SiO₂-MgO [11].

Определить и описать путь кристаллизации расплава, имеющего состав:

№ задания	CaO, %	SiO ₂ , %	MgO, %
1	5	56	39
2	10	50	40
3	15	45	40
4	20	50	30
5	25	40	35
6	30	55	15
7	35	30	35
8	40	20	40
9	45	40	15
10	50	40	10
11	55	30	15
12	60	20	20
13	65	25	10
14	70	15	15
15	20	30	50
16	30	40	30
17	40	30	30
18	50	20	30
19	60	10	30
20	25	20	55

Список использованных источников

- 1 Онацкий, С. П. Производство керамзита / С. П. Онацкий. – М. : Стройиздат, 1987.-330с.
- 2 Эйтель, В. Физическая химия силикатов / В. Эйтель. – М. : Издательство иностр. литературы, 1962. – 1055 с.
- 3 Зубехин, А. П. Физико-химические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов / А. П. Зубехин, В. И. Страхов, В. Г. Чеховский. – СПб. : Синтез, 1995. – 189 с.
- 4 Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М. : Высшая школа, 1981. – 333 с.
- 5 Роговой, М. И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики / М. И. Роговой. – М. : Стройиздат, 1974. – 319 с.
- 6 Кузнецова, Т. В. Физическая химия вяжущих материалов / Т. В. Кузнецова, И. В. Кудряшов, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1989. – 383 с.
- 7 Бутт, Ю. М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов / Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1973. – 498 с.
- 8 СТУДОПЕДИЯ. НЕТ. Информационный студенческий ресурс.- Режим доступа https://studopedia.net/5_15975_dvuhkomponentnie-diagrammi-sostoyaniya-zhidkost-tverdoe.html.
- 9 StudFiles. Файловый архив студентов.- Режим доступа <https://studfiles.net/preview/5228496/page:2/>
- 10 Студопедия. Ваша школопедия. - Режим доступа https://studopedia.ru/13_124964_diagramma-sostoyaniya-trehkomponentnoy-kondensirovannoy-sistemi-s-odnim-himicheskim-soedineniem-plavyashchimsya-s-razlozheniem-inkongruentno.html
- 11 Все о металлургии. - Режим доступа <http://metal-archive.ru/domennyu-process/2128-diagramma-temperatur-plavleniya-shlakov.html>.