

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

Технология тугоплавких и обжиговых композитов

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
к выполнению
лабораторных работ для студентов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
профили «Экспертиза качества строительных материалов», «Перспективные
технологии и экспертиза качества строительных материалов»

Воронеж 2022

УДК 666.70
ББК 24.5

Составители

А.Е. Турченко, Т.И. Шелковникова, А.М. Усачев

Технология тугоплавких и обжиговых композитов [Текст]: учебное пособие к выполнению лаб. работ для бак. по напр. подг. 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профили «Экспертиза качества строительных материалов», «Перспективные технологии и экспертиза качества строительных материалов» / ВГТУ; сост.: А.Е. Турченко, Т.И. Шелковникова, А.М. Усачев. - Воронеж, 2022. – 53 с.

Предназначено для бакалавров всех форм обучения по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов профиль «Экспертиза качества строительных материалов», «Перспективные технологии и экспертиза качества строительных материалов».

Содержат шесть лабораторных работы по важнейшим разделам курса «Технология тугоплавких и обжиговых композитов». Каждая лабораторная работа включает теоретические сведения, методику выполнения и контрольные вопросы.

Основной формой изучения дисциплины продолжает оставаться самостоятельная работа студента с литературой и другими источниками информации. После выполнения всех работ студент сдает экзамен.

Ил. 9. Табл. 25. Библиогр.: 15 назв.

УДК 666.70
ББК 24.5

*Печатается по решению учебно-методического совета
ВГТУ*

Рецензент -

Введение

Настоящее учебное пособие составлено в соответствии с учебным планом направления подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов профиль «Экспертиза качества строительных материалов», «Перспективные технологии и экспертиза качества строительных материалов» и ФГОС по данному направлению подготовки.

Лабораторные работы по курсу «Технология тугоплавких и обжиговых композитов» являются важной составной частью специальной подготовки бакалавров технологов и направлены на развитие у будущих навыков самостоятельной исследовательской работы.

Лабораторные работы, представленные в учебном пособии, охватывают все основные разделы дисциплины, начиная с изучения основных свойств разнообразных видов глинистого сырья и заканчивая изучением качественных показателей готовых керамических материалов и изделий различного назначения.

Каждая лабораторная работа включает цель работы, общие теоретические сведения, порядок выполнения работы, описание используемых приборов и оборудования, контрольные вопросы для оценки остаточных знаний бакалавров и последующей защиты результатов работы.

В ходе выполнения работ предусматривается использование натуральных образцов керамических изделий, комплектов плакатов и другого раздаточного материала.

Подготовка к лабораторным работам предусматривает самостоятельное изучение бакалаврами отдельных теоретических вопросов по конспекту лекций, справочной и нормативной литературе, приведенной в библиографическом списке.

Изучение дисциплины «Материаловедение и технология изделий строительной керамики» завершается выполнением курсового проекта. После выполнения всех работ студент сдает экзамен.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Цель работы: Изучить методы оценки качественных показателей глинистого сырья.

Приборы, инструменты, материалы: Мерные цилиндры емкостью 100 мл, прибор Вика, технические весы по ГОСТу 164-74, вода питьевая по ГОСТу 2874-82, сушильный шкаф по ГОСТу 134-74, фарфоровые чашки, прибор Васильева, штангенциркуль по ГОСТу 166-80, металлическая линейка, гидравлический пресс (ГОСТ 8905-82), песок кварцевый крупностью не более 1 мм, стеклянная пластинка размерами 270×150×5 мм, глины различных месторождений.

Краткие теоретические сведения

При определении пригодности глинистого сырья для производства керамических материалов проводят исследование его состава и до обжиговых свойств. Эти свойства зависят от химического, минералогического и гранулометрического состава.

Химический состав представляет собой совокупность оксидных составляющих, среди которых выделяют основные окислы: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Na_2O .

Глинистое сырье представлено минералами являющимися продуктами процессов выветривания алюмосиликатов и силикатов магматических и метаморфических пород. Размеры частиц глинистых минералов в глинах большей частью не превышают 0,01 мм. По кристаллической структуре глинистые минералы относятся к слоистым или псевдо слоистым силикатам.

Минералы представлены слоями, состоящими из кремнекислородных тетраэдров и алюмогидроксильных октаэдров, эти слои объединяются в элементарные пакеты, совокупность которых формирует частицу минерала. По набору слоёв в пакете различают несколько групп глинистых минералов:

- группа каолинита (каолинит, галлуазит) с пакетом, состоящим из одного слоя октаэдров и одного слоя тетраэдров. Пакеты прочно связаны между собой и плотно прилегают друг к другу, в результате чего молекулы воды и катионы металлов не могут входить в межпакетное пространство и минерал не набухает в воде, а также обладает низкой ёмкостью катионного обмена;

- группа монтмоиллонита (монтмориллонит, нонтронит, бейделит и др.) с трёхслойным пакетом вида тетраэдр-октаэдр-тетраэдр. Связь между пакетами слаба, туда проникает вода, из-за чего минерал сильно набухает. Отличается высокой емкостью катионного обмена (до 80-120 мг-экв на 100 г.).
- группа гидрослюдов (гидробиотит, гидромусковит и др.) также с трёхслойным пакетом, но сильной связью между ними. Практически не поглощают воду и не набухают в ней. Отличаются высоким содержанием калия, поскольку его ионный радиус позволяет ему входить в пустоты структуры минерала;
- группа хлорита с четырёхслойной набухающей структурой;
- группа смешаннослойных минералов с чередованием пакетов различных типов. Носят названия вида иллит-монтмориллонит, вермикулит-хлорит и т. п., свойства сильно варьируют

Гранулометрическим составом глин называют распределение зерен в глинистой породе по их величине, выраженное в процентах по весу. Гранулометрический (зерновой) состав глин в технологии керамики имеет важное значение, так как от соотношения отдельных фракций по крупности частиц зависят в итоге плотность, прочность, водопоглощение, усадка и др. свойства готовых изделий.

Все методы анализа грансостава делятся на 2 группы: прямые и косвенные.

Прямые методы позволяют непосредственно установить размер и содержание частиц, слагающих породу. К ним относят ситовой метод, метод подсчета частиц различных размеров под микроскопом.

Косвенные методы позволяют установить размер частиц по какому-либо косвенному признаку: массе, скорости падения частиц в жидкости, способности к набуханию, отражению света.

Основным показателем качества глины является пластичность – способность глиняного теста изменять свою форму под давлением без образования трещин и разрывов и сохранять эту форму после снятия нагрузки.

Под нормальной формовочной влажностью, или водой затворения, понимают количество воды, необходимое для придания керамической массе нормальной рабочей консистенции, при которой глиняное тесто приобретает пластичность и формовочные свойства, сохраняет без деформации приданную форму (на изломе не растрескивается) и при формовании не прилипает к рукам и металлу.

Количество воды, необходимое для получения теста нормальной формовочной влажности, колеблется в широких пределах и составляет:

- а) для каолинов - 28-35 %;
- б) для пластичных жирных глин - 35-45 %;
- в) для непластичных - 15-25 % от массы сухого вещества.

Под связующей способностью глин принято понимать их свойство связывать непластичные материалы, давая при этом хорошо формирующиеся массы и прочный сырец после сушки. Знание этого свойства глин необходимо, так как для улучшения сушильных свойств высокопластичных глин и получения определенных физико-химических свойств черепка к глинам добавляют отошающие добавки: шамот, кварцевый песок и т.д.

Порядок выполнения работы

1.1. Определение гранулометрического состава глин

Из всех существующих методов определения гранулометрического состава глин метод Рутковского нашел самое широкое применение в заводских лабораториях. Он дает трехчленную классификацию глинистого сырья (глину делят по составу на три фракции: глинистую, пылеватую и песчаную). Глинистая фракция является наиболее дисперсной и представляет собой комплекс глинообразующих минералов, придающих сырью свойство пластичности.

Сущность метода Рутковского основана на способности глинистых частиц набухать, на различной скорости падения частиц в воде в зависимости от их размера.

а) Определение содержания глинистых частиц (менее 0,005 мм)

Для анализа из средней пробы отбирают около 250 г глины, которую высушивают до воздушно-сухого состояния, дробят деревянной скалкой в порошок и просеивают через сито с сеткой № 01 (размер отверстий 1 мм).

Просеянную глину высыпают в стеклянный мерный цилиндр емкостью 100 см³ в таком количестве, чтобы после ее уплотнения постукиванием об упругую подушку или об ладонь руки объем глинистого порошка был бы точно $V_0 = 10 \text{ см}^3$; затем пробу в цилиндре разрыхляют, доливают 50-60 см³ воды и полученную массу тщательно растирают стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Размешивание следует производить до тех пор, пока на стенках цилиндра при растирании не исчезнут мазки глины.

После этого к полученной в цилиндре суспензии доливают воду до отметки 100 мл и оставляют на 24-48 часов для отстаивания, что необходимо для получения осадка постоянного объема.

После отстаивания определяют содержание глинистого вещества поращению объема осадка в результате набухания (на 1 см³) по отношению к первоначальному объему:

$$K_v = \frac{V - V_0}{V_0}, \quad (1)$$

где V – объем пробы глины в цилиндре, полученный в результате ее набухания, см³;
 V_0 – первоначальный объем пробы глины в цилиндре, равный 10 см³.

Содержание в сырье глинистой фракции, %, определяется по формуле

$$X_{\text{гл}}=22,7 K_v.$$

Эта зависимость представлена в табл. 1, поэтому содержание в сырье глинистых фракций, %, может быть определено напрямую, минуя расчет по эмпирической формуле.

Таблица 1

Зависимость набухания глины от количества глинистых частиц

Прираще- ние объема глины на 1 см ³	Содержа- ние глини- стых час- тиц, %	Прираще- ние объема глины на 1 см ³	Содержа- ние глини- стых час- тиц, %	Прираще- ние объема глины на 1 см ³	Содержа- ние глини- стых час- тиц, %
4.00	90.70	2.70	61.21	1.40	31.74
3.95	89.55	2.65	60.07	2.35	30.61
3.90	88.42	2.60	58.94	1.90	29.48
3.85	87.29	2.55	57.81	1.25	28.34
3.80	86.16	2.50	56.68	1.20	27.70
3.75	85.03	2.45	55.54	1.15	26.07
3.70	83.88	2.40	54.41	1.10	24.93
3.65	82.75	2.35	53.28	1.05	23.80
3.60	81.62	2.30	52.14	1.00	22.67
3.55	80.49	2.25	51.07	0.95	21.52
3.50	79.35	2.20	49.88	0.90	20.41
3.45	78.23	2.15	48.74	0.85	19.26
3.40	77.09	2.10	47.61	0.80	18.13
3.35	75.95	2.05	46.48	0.75	17.00
3.30	74.81	2.00	45.34	0.70	15.86
3.25	73.67	1.95	44.20	0.65	14.73
3.20	72.54	1.90	43.07	0.60	13.60
3.15	71.40	1.85	41.94	0.55	12.46
3.10	70.27	1.80	40.80	0.50	11.32
3.05	69.14	1.75	39.68	0.45	11.19
3.00	68.01	1.70	38.53	0.40	9.06
2.95	66.88	1.65	37.39	0.35	7.93
2.90	65.75	1.60	36.26	0.30	6.79
2.85	64.62	1.55	35.13	0.25	5.66
2.80	63.49	1.50	34.00	0.20	4.53
2.75	62.35	1.45	32.87	0.15	3.40

б) Определение содержания песчаных частиц (1 - 0,05 мм)

Берут тот же цилиндр и размешивают его содержимое стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Полученную суспензию оставляют для отстаивания на 1,5 мин, после чего мутную воду сливают примерно до метки 40-45 см³ и снова наполняют цилиндр чистой водой до отметки 100 см³. Вновь перемешивают содержимое и оставляют цилиндр для отстаивания на 1,5 мин. Опыт повторяют до тех пор, пока вода в цилиндре не станет прозрачной. После отмучивания в цилиндр наливают воду и дают ей отстояться 15-20 мин, а затем измеряют объем песка, осевшего на дне цилиндра. Процентное содержание песка в пробе вычисляют, принимая, что каждый 1 см³ осевшего песка соответствует 10 % его содержания в пробе.

в) Определение содержания пылеватых частиц (0,05 - 0,005 мм)

Содержание пылеватых частиц в глине вычисляют по разности между 100 % и содержанием суммы глинистых и песчаных частиц.

Результаты определения грансостава заносят в табл. 2.

Таблица 2

Определение гранулометрического состава глин

Наименование сырья	Содержание фракций, % по массе		
	Песчаных частиц 1...0,05 мм	Пылеватых частиц 0,05...0,005	Глинистых частиц 0,005...мм

Данные анализа гранулометрического состава наносят на тройную диаграмму (рис. 1), по которой устанавливают тип суглинка или глины.

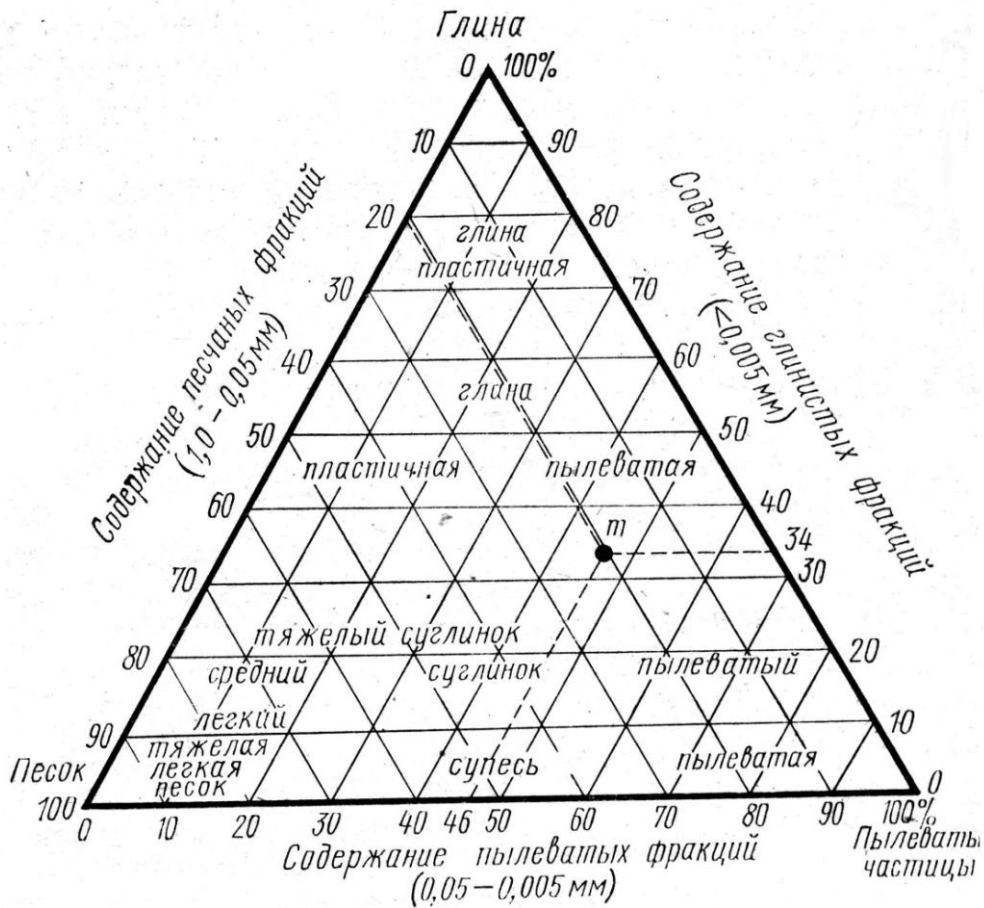


Рис. 1. Тройная диаграмма распределения фракций «глина – пылеватые - песок»

На рис. 1 в качестве примера представлен следующий состав: глинистые частицы – 34 %, песчаные – 20 %, пылеватые – 46 %, обозначенные точкой **т**.

По данным анализа в соответствии с современными диаграммами промышленного назначения глин (рис. 2) можно установить пригодность исследуемой глины для того или иного вида керамических изделий.

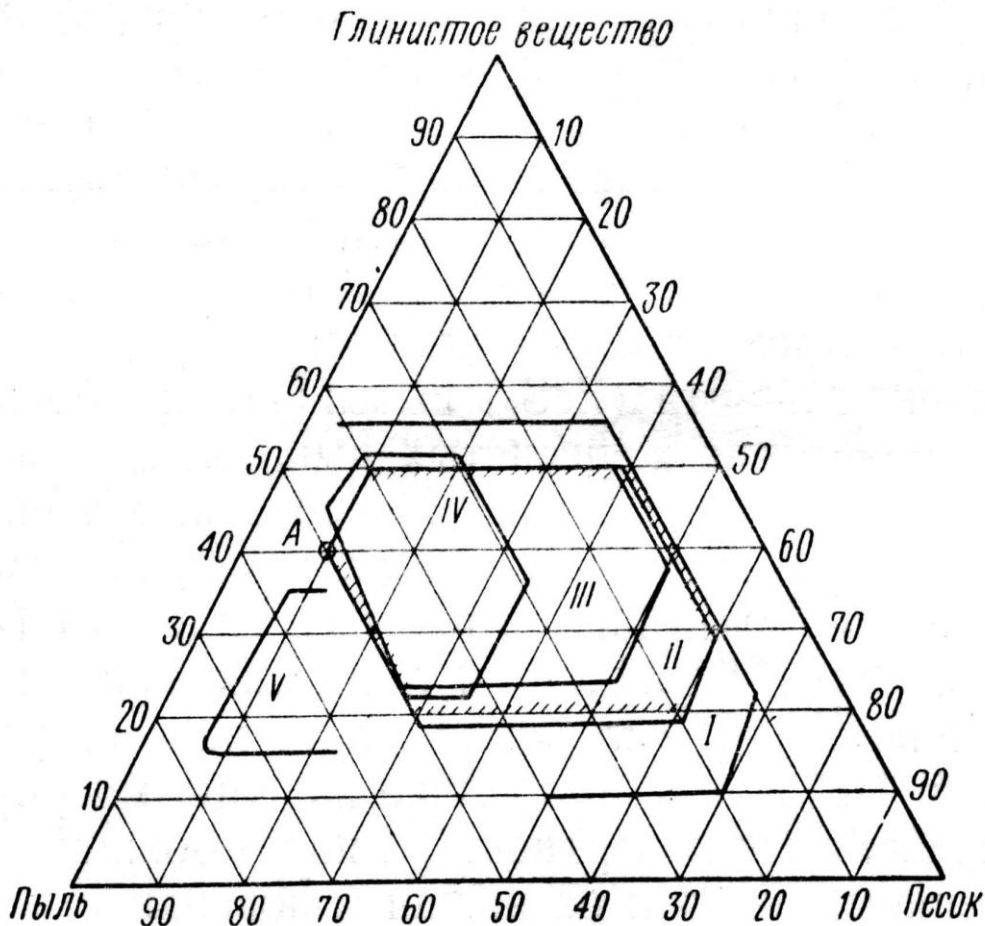


Рис. 2. Промышленное назначение глин в зависимости от их гранулометрического состава. Глины, пригодные для изготовления: I – полнотелого кирпича; II – дырчатого кирпича; III – черепицы; IV – дренажных труб и других тонкостенных изделий; V – гончарных и других изделий, не требующих морозостойкого черепка

Так, например, состав, содержащий глинистой фракции 40 %, пылевидной – 50 % и песчаной – 10 %, будет изображен точкой A (см. рис. 2).

1.2. Определение нормальной формовочной влажности глин

Для определения нормальной рабочей влажности глиняного теста можно пользоваться прибором Вика (рис. 3).

Из глиняного теста, приготовленного из 100 г глины, формируют вручную образец в металлической форме высотой 40 и диаметром 65 мм. Из-

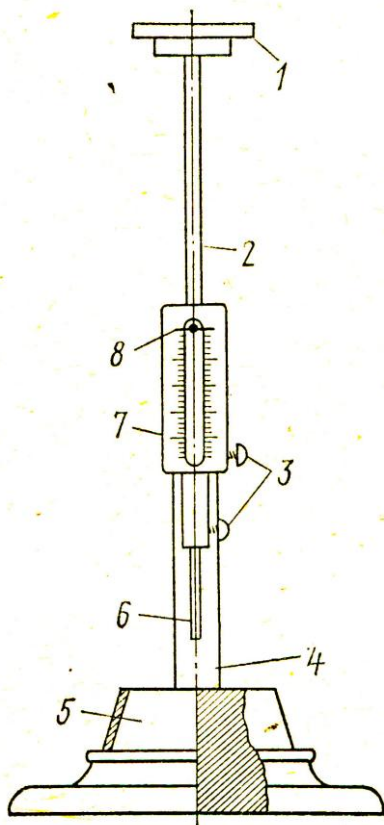


Рис. 3. Прибор Вика для определения нормальной формовочной влажности глины:

- 1 – груз; 2 – стержень;
- 3 – стопорный винт;
- 4 – кронштейн; 5 – форма; 6 – игла; 7 – шкала;
- 8 – стрелка-указатель

готовленный образец помещают на площадку под иглу прибора Вика. Глиняное тесто имеет нормальную рабочую влажность, если игла прибора Вика при нагрузке 300 г опустится в него на глубину 3-4 см в течение 5 мин. Для определения влажности от образца берут 2 пробы массой около 10 г и высушивают их в бюксах в сушильном шкафу до постоянной влажности.

Расчет нормальной формовочной влажности производят по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \quad (2)$$

где m_1 - масса влажной пробы, г;
 m_2 - масса высушенной пробы, г.

Результаты испытаний заносят в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения нормальной формовочной влажности

Номер бюкса	Масса, г			Влажность глины, %
	пустого бюкса	бюкса с влажной глиной	бюкса с сухой глиной	

--	--	--	--	--

1.3. Определение пластичности глины

Пластичность определяют по разности влажности глинистой массы, соответствующей нижней границе текучести и границе раскатывания.

Для проведения испытаний от средней пробы отбирают навеску глинистого сырья массой не менее 50 г, измельчают до полного прохождения через сито с сеткой № 05.

Пробу помещают в фарфоровую чашу, доливают при непрерывном перемещении воду до образования густой однородной пластичной массы. После этого массу равномерно распределяют по дну чаши слоем толщиной 10-15 мм и специальным шпателем разрезают на две равные части 2,5-3 мм, а по дну чаши - 1 мм (рис. 4, а).

Чашу устанавливают на верхнем диске прибора конструкции А.М. Васильева (рис. 5) и закрепляют резиновым держателем. Стержень прибора закрепляют винтом в таком положении, чтобы он находился на расстоянии 75 мм от опорной плиты. После этого стержень освобождают, и он вместе с чашей свободно падает, ударяясь об опорную плиту. Масса в чаше встряхивается, и зазор между двумя ее частями уменьшается. Встряхивание производят три раза. Нижняя граница текучести считается достигнутой, если обе половины массы после третьего удара сольются на протяжении 10-15 мм по длине разреза (см. рис. 4, б).

Если после третьего встряхивания части не соединились, в массу приливают малыми порциями воду, перемешивают ее, разравнивают и испытание повторяют. Если части массы соединяются после первого или второго встряхивания, в массу добавляют сухое глинистое вещество, перемешивают и повторяют испытание.

Продолжительность всего испытания не должна превышать 1 часа.

Далее отбирают навеску массой 25 г, помещают в предварительно высушенный до постоянной массы и взвешенный бюкс с от-

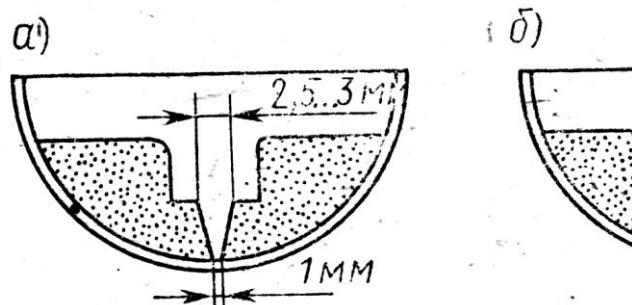


Рис. 4. Характер распределения в чашке при определении нижней границы текучести:

а) в первоначальный момент; б) по

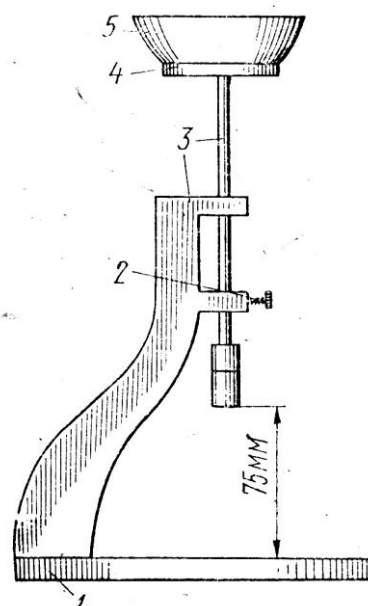


Рис. 5. Прибор Васильева: 1 – опорная плита штатива; 2 – винт; 3 – станина прибора с цилиндрическим стержнем; 4 – диск-площадка; 5 – чашка

крытой крышкой, ставят на 3 часа в сушильный шкаф с температурой 105-110 °С. Затем бюкс вынимают, закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Высушивание повторяют до достижения постоянной влажности.

Влажность, соответствующую нижней границе текучести (W_1), определяют по формуле

$$W_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m}, \quad (3)$$

где m_1 - масса бюкса с навеской до высушивания, г;

m_2 - масса бюкса с навеской после высушивания, г;

m - масса бюкса, г.

Для нахождения границы раскатывания массу после определения нижней границы текучести раскатывают ладонью на стеклянной пластинке до образования жгута диаметром около 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет вязкость, его собирают в комок и вновь раскатывают до указанного диаметра. При раскатывании жгут должен растягиваться в длину, а давление руки равномерно распределяется на весь жгут. Раскатывание проводят до тех пор, пока жгут диаметром около 3 мм начнет делиться поперечными трещинами на кусочки длиной 3-10 мм. От этих кусочков отбирают навеску массой не менее 10 г, помещают в предварительно высушенный до постоянной массы и взвешенный стаканчик и, пользуясь изложенной выше методикой, определяют влажность, соответствующую границе раскатывания (W_2).

Число пластичности, %, вычисляют по формуле

$$П = W_1 - W_2. \quad (4)$$

Результаты испытаний заносят в табл. 4

Таблица 4

Число пластичности глин

Номер бюкса	Масса, г.			Влажность глины, %	Число пластичности	Группа глины по пластичности
	пустого бюкса	бюкса с влажной глиной	бюкса с сухой глиной			
				W_1		
				W_2		

В зависимости от пластичности глинистое сырье подразделяют на группы, указанные в табл. 5.

Таблица 5

Классификация глин по числу пластичности

Наименование групп	Число пластичности
Высокопластичные	Свыше 25
Среднепластичные	От 15 до 25
Умереннопластичные	От 7 до 15
Малопластичные	От 3 до 7
Непластичные	Не дают пластичного теста

По результатам испытаний делают заключение о принадлежности исследуемого сырья к одной из групп, указанных в табл. 5.

1.4. Определение связующей способности глинистого сырья

Под связующей способностью глин принято понимать их свойство связывать непластичные материалы, давая при этом хорошо формующееся тесто и прочный сырец после сушки. Знание этого свойства глин необходимо, так как для улучшения сушильных свойств высокопластичных глин и получения определенных физико-химических свойств черепка к глинам добавляют отошающие вещества: шамот, кварцевый песок и т.д. Кроме того, пластичные глины часто применяют для связки непластичных материалов (например, при производстве многошамотных огнеупорных изделий). На показатели связующей способности оказывает влияние не только количество добавленного к ней непластичного материала, но и его природа, и зерновой состав.

Связующая способность имеет также важное значение для определения прочности сырца, необходимой при садке изделий на печные вагонетки.

Связующая способность глинистого сырья выражается пределом прочности при сжатии образцов, отформованных пластическим способом в виде кубиков, высушенных при температуре 105 °С.

Для определения связующей способности отформованные из теста нормальной рабочей консистенции образцы-кубы со стороной 5 см высушивают в помещении с досушкой (в сушильном шкафу) при температуре 105-110 °С до постоянной массы. Высушенные образцы после охлаждения испытывают на лабораторном гидравлическом прессе и определяют предел прочности при сжатии, $R_{сж}$ (МПа):

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (8)$$

где P - разрушающее усилие, кгс (Н);

F - площадь образца, см² (м²).

Результаты испытания сопоставляют с оптимальным значением для глинистого сырья ($R_{сж}$ должно быть не менее 5 МПа) и делают заключение о его связующей способности.

В качестве отощителя можно применять кварцевый песок, сухую золу ТЭС, шамот, дробленое стекло и др. Для испытаний рекомендуется составлять серию смесей в пропорциях, представленных в табл. 6.

Таблица 6

Рекомендуемый состав смесей для определения связующей способности глинистого сырья

Глина	90	80	70	60	50	40	30
Отощитель	10	20	30	40	50	60	70

Глины необходимо использовать различных месторождений. Полученные данные, то есть зависимость составов и показателей испытаний $R_{сж}$, целесообразнее изображать графически и заносить результаты испытаний в табл. 7. На основании этих данных сделать вывод о максимально возможном количестве отощителя для каждой глины.

Таблица 7

Прочность высушенных образцов

Номер образца	Массовая доля песка, %	Размеры образца, см (м)	Площадь, см ² (м ²)	Разрушающая сила, кгс (Н)	Предел прочности при сжатии, кгс/см ² (МПа)

Контрольные вопросы

1. Расскажите о классификации глин.

2. Каков минералогический состав глин?
3. Что понимают под гранулометрическим составом?
4. Методы анализа грансостава. Метод Рутковского. На чем основана сущность оценки грансостава методом Рутковского?
5. Назовите основные свойства глинистого сырья.
6. Опишите основные процессы, протекающие при взаимодействии глин с водой.
7. Как определяется нормальная формовочная влажность глин?
8. Как определяется пластичность глин? Классификация глин по числу пластичности.
9. Что понимают под связующей способностью глин? Как ее определяют?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ СУШИЛЬНО-ОБЖИГОВЫХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ

Цель работы: Изучить методы оценки сушильных и обжиговых свойств глинистого сырья показателей глинистого сырья. Дать заключение о их влиянии на физико-механические свойства керамических изделий.

Приборы, инструменты, материалы: Мерные цилиндры емкостью 100 мл, технические весы по ГОСТу 164-74, вода питьевая по ГОСТу 2874-82, сушильный шкаф по ГОСТу 134-74, штангенциркуль по ГОСТу 166-80, муфельная печь, гидравлический пресс (ГОСТ 8905-82), песок кварцевый крупностью не более 1 мм, глины различных месторождений.

Краткие теоретические сведения

В производстве керамических изделий процесс сушки занимает важное место, как по продолжительности, так и по его влиянию на качество готовой продукции и на ее себестоимость.

Сушильные и обжиговые свойства глинистого сырья зависят от минералогического и гранулометрического составов и связанными с ними адсорбционными процессами в системе глина-вода.

Из всех существующих способов сушки в технологии керамики наиболее широкое применение получил конвективный способ сушки, при котором теплоноситель непосредственно омывает высушиваемый полуфабрикат. При этом имеют место тепло-массообменные процессы между сушильным агентом и сырцом. При контакте сушильного агента с влажным сырцом происходит интенсивное испарение влаги с поверхности последнего. Возникающий перепад влагосодержания в материале заставляет влагу диффундировать из глубинных

слоев к поверхности со скоростью, зависящей от характера связи влаги с материалом и от внешних параметров среды.

Если влажностный градиент превышает предел, называемый *критическим градиентом влажности*, то сырец растрескивается. Поэтому, условия сушки должны быть такими, при которых образующийся перепад влагосодержания в объеме сырца не превышал бы критического значения.

Процессы, происходящие при сушке и обжиге определяют физико-механические свойства керамических изделий. Дефекты изделий, образующиеся при обжиге не устранимы и ведут к образованию брака.

2.1. Определение воздушной и огневой усадки

Воздушная усадка - это сокращение размеров образца под влиянием физических процессов при высушивании, выраженное в процентах по отношению к первоначальным размерам образцов. Величина воздушной усадки прямо пропорциональна пластичности глин. Косвенно по ее значениям можно судить о сушильных свойствах глинистого сырья, то есть чем больше величина усадки, тем чувствительнее глина к сушке.

Чувствительность глин к сушке определяет способность сырца, отформованного из глины, противостоять без трещин и деформаций внутренним напряжениям, развивающимся в результате удаления усадочной воды. Эта способность численно выражается коэффициентом чувствительности $Kч$. Чем больше коэффициент чувствительности к сушке, тем больше воды испаряется при сушке и глубже изменения в структуре материала. При этом труднее высушить глиняное изделие без образования трещин.

Огневая усадка - это сокращение размеров воздушно-сухих образцов под влиянием физико-химических процессов, происходящих при обжиге, выраженное в процентах по отношению к размерам образцов в воздушно-сухом состоянии.

Общая, или полная, усадка - это сокращение размеров керамических образцов в результате их высушивания и обжига, выраженное в процентах от размеров свежотформованного образца.

Определение воздушной усадки производят на плитках в количестве 3 шт., изготовленных из глиняной массы нормальной рабочей консистенции. На отформованных образцах проводят диагонали, на которых наносят штангенциркулем метки на расстоянии 50 мм (l_0). Плитки высушивают на воздухе в течение 2-4 дней, а затем - в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105-110 °С при медленном подъеме температуры. После этого образцы охлаждают и измеряют штангенциркулем расстояние между усадочными метками (l_1). Величину воздушной усадки в процентах вычисляют по формуле

$$Y_{\text{возд}} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100. \quad (5)$$

Величину огневой усадки определяют на тех же плитках, на которых проводили воздушную усадку. Обжигают плитки в лабораторных электрических печах. Режим обжига и оптимальную температуру устанавливают в зависимости от требуемых свойств изделий. Образцы из легкоплавких глин обычно обжигают при температуре 900-1000 °С, из тугоплавких - 1000-1250 °С в окислительной или нейтральной среде.

Режим обжига керамических изделий зависит от минералогического характера сырья и вида изделий. В лабораторных условиях обжиг обычно ведут в течение 6-7 часов. В первый период подъем температуры до 200 °С для всех глин независимо от минералогического типа сырья должен быть одинаково осторожным - не более 2 °С в минуту, так как этот период является наиболее опасным. Во второй период, начиная с температуры 200 °С до 800 °С, скорость подъема температуры колеблется от 4 до 6 °С в минуту, а с 800 °С до максимальной температуры скорость подъема должна быть не более 1,5 °С в минуту. Выдержка при конечной температуре рекомендуется не менее 1-2 часов.

После обжига и охлаждения образцов штангенциркулем измеряют расстояние между усадочными метками (l_2). Величину огневой усадки в процентах рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{огн}} = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100. \quad (6)$$

Величину полной усадки в % определяют по формуле

$$Y_{\text{полн}} = \frac{l_0 - l_2}{l_0} \cdot 100. \quad (7)$$

Результаты испытаний заносят в табл. 8.

Таблица 8

Воздушная, огневая и полная усадки

Номер образца	Расстояние между метками, мм			Усадка, %		
	на влажном образце, l_0	на высушенном образце, l_1	на обожженном образце, l_2	воздушная, $Y_{\text{возд}}$	огневая, $Y_{\text{огн}}$	полная, $Y_{\text{полн}}$

Величина воздушной усадки для различных глин и масс неодинакова. Для глин средней пластичности значение воздушной линейной усадки порядка 6-7 %, для высокопластичных – 12-14 %.

Среднее значение огневой усадки для тощих и пластичных глин - до 4 %. По результатам испытаний делают заключение о качестве сырья.

2.2. Определение оптимальной температуры обжига глин

Для определения оптимальной температуры обжига отформованные образцы-кубы со стороной 30 мм после предварительной подсушки обжигают в лабораторной электропечи при различных конечных температурах обжига, устанавливая заранее температурные интервалы в зависимости от вида глин.

Рекомендуют следующие температуры обжига:

- 1) для огнеупорных глин: 900, 1000, 1100, 1200, 1300 и 1400 °С;
- 2) для тугоплавких глин: 900, 1000, 1100, 1150, 1200 и 1250 °С;
- 3) для легкоплавких глин: 850, 900, 950, 1000, 1050, 1200 и 1250 °С.

Обожженные образцы подвергаются тщательному осмотру для выявления трещин, вспучивания, деформаций и прочих дефектов. После внешнего осмотра определяют плотность образцов, пористость, водопоглощение и прочность на сжатие.

Результаты испытаний заносят в табл. 9.

Таблица 9

Оптимальная температура обжига

Номер образца	Температура обжига, °С	Внешний вид образца	Размеры образца, см (м), а×в×с	Масса образца, г (кг)	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	Водопоглощение, %	Разрушающая сила, кгс (Н)	Предел прочности при сжатии, кгс/см ² (МПа)

По результатам наилучших показателей делают заключение об оптимальной температуре обжига.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные сушильные свойства глинистого сырья.
2. Назовите основные оужиговыеые свойства глинистого сырья.
3. Как влияет минералогический состав глин на их сушильнве свойст-ва?
4. Какие процессы происходят при сушке керамических изделий?
5. Как определяют воздушную усадку?
6. Какие процессы происходят при обжиге керамических изделий?
7. Как определяют огневую и общую усадки?
8. Как определяется оптимальная температура обжига глин?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА РАЗЖИЖАЕМОСТЬ ГЛИНИСТЫХ ШЛИКЕРОВ

Цель работы подбор вида и количества электролита, при котором достигается оптимальное разжижение шликера, т.е. сочетание текучести и минимального содержания воды.

Приборы, химическая посуда, материалы: исследуемые виды глин и электролиты (2-3 вида); сушильный шкаф; торговые и теххимические весы; сито с размером отверстий (1...2) мм; сито № 05; бюксы; стеклянные цилиндры емкостью (0,5...1) л; бюретки; лабораторная мешалка; пикнометры; вискозиметр Энглера; секундомер; мерная колба объемом (100...300) см³.

Общие теоретические сведения

Многие виды керамических изделий (литые керамические плитки, санитарно-технические и некоторые другие изделия из фаянса и фарфора) изготавливают методом литья из глинистых суспензий, называемых в технологии керамики *шликерами*. Литейные шликеры должны обладать достаточной текучестью при минимально возможной влажности.

Аналогичная задача возникает в том случае, когда шликер готовят для последующей переработки его в порошок путем сушки в башенных распылительных сушилках с целью экономии энергозатрат. Из такого порошка изготавливают в настоящее время все виды прессованных керамических плиток.

Для уменьшения количества воды в шликере без увеличения его вязкости применяют добавки электролитов (растворы соды Na_2CO_3 , жидкого стекла Na_2SiO_3 и др.), для каждого из которых необходимо подбирать оптимальную концентрацию, при которой текучесть системы будет максимальной, а вязкость соответственно минимальной.

Процесс дефлокуляции (разжижения) глинистых тонкодисперсных систем состоит в связывании двухвалентных катионов сольватного слоя глинистых частиц анионами разжижителя в малорастворимые соли. Занимающие места двухвалентных ионов ионы натрия удерживают только одну глинистую частицу. При таком обмене разрушается **тиксотропная** структура, внутреннее трение уменьшается, текучесть шликера

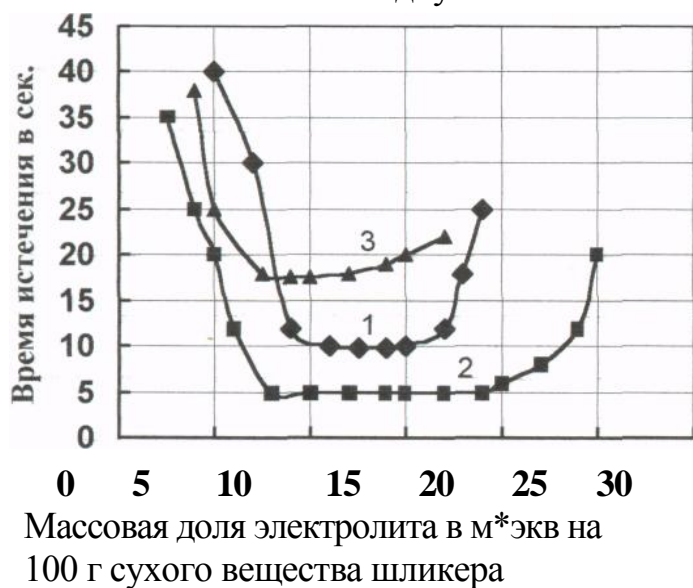


Рис. 6 - Влияние различных электролитов (1 - NaOH; 2- Na₂CO₃; 3 - Na₂SiO₃) на вязкость (разжижаемость) глинистого шликера при постоянной его влажности.

возрастает. Ионы натрия удерживаются вблизи поверхности частиц в составе диффузионного слоя, что приводит к увеличению электрокинетического потенциала (ξ - **потенциала**) и к освобождению части связанной воды. На разжижение влияет также анионная часть электролита, как это видно из рис.4.1.

Чем больше обменных катионов в глине, тем больше требуется электролита - разжижителя.

Однако процесс разжижения с увеличением концентрации электролита продолжается лишь до определенного предела. Так, дальнейшее увеличение концентрации электролита (при неизменном количестве воды) понижает ξ - потенциал в связи с уменьшением диффузионного слоя, что приводит к сближению глинистых частиц и вязкость системы возрастает.

Таким образом, при взаимодействии глины с электролитами действуют одновременно две группы факторов: первая из них обуславливает увеличение количества свободной воды в суспензии, а вторая: - ее уменьшение. При низких концентрациях электролита преобладают факторы, способствующие накоплению свободной, а при высоких - связанной воды.

Некоторые электролиты характеризуются строго определенной концентрацией, дающей оптимум разжижения шликера, для других существует интервал концентраций, приводящих к одному и тому же эффекту (рис.4.1). Чем больше этот интервал, тем удобнее пользоваться данным электролитами на производстве. Таким образом, подбирая состав и концентрацию электролитов, можно в широких пределах регулировать литейные свойства шликеров.

3.4 Порядок выполнения работы

Глину, предварительно высушенную и измельченную, пропускают через сито с размером отверстий 1...2 мм и определяют ее остаточную влажность путем высушивания навески 100 г глины до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре не более 110°C. Количество остаточной влаги ($W_{\text{ост}}$) вычисляют по формуле

$$W_{\text{ост}} = (m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}) \times 100 / m_{\text{сух}}, \% \quad (4.1)$$

где $m_{\text{вл}}$ - масса навески глины до высушивания, г;

$m_{\text{сух}}$ - масса навески глины после высушивания, г.

Если $W_{\text{ост}} > 1\%$, то она учитывается при дальнейших расчетах, если $W_{\text{ост}} < 1\%$, то ее не учитывают.

Подбор оптимального количества электролита производится в две стадии:

1) предварительное опробование разжижения глин введением электролитов; 2) окончательное определение оптимального количества и вида электролита.

В качестве электролитов используют соду, растворимое стекло, пиррофосфат натрия и др. Электролиты приготавливаются в виде 5 - процентных или 10 - процентных растворов.

Предварительное опробование способности глин разжижаться при введении электролитов проводят следующим образом.

В набор цилиндров емкостью 0,5... 1л всыпают по 400 г подготовленной для исследований глины. В одну из емкостей наливают дистиллированную воду (исходя из влажности получаемого шликера 50...60%), в остальные раствор данного электролита в количестве 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30% (содержание сухого вещества электролита относится к массе сухой глины) и дистиллированную воду.

Общий объем заливаемой жидкости (вода + раствор электролита) должен быть во всех цилиндрах одинаковым. Подготовленные емкости плотно закрывают крышками и оставляют до следующего занятия.

На следующем занятии содержимое емкостей тщательно перемешивают в мешалках. Затем определяют, сначала на глаз, в какой из емкостей получился наименее вязкий шликер. Если при 0,3 - процентном содержании электролита глина не разжижается, опыт повторяют, используя электролит с концентрациями 0,35; 0,40; 0,45% и т.д.

Плотность и влажность получаемых шликеров определяют с помощью пикнометра (металлический усеченный конус объемом 100 см). Влажность шликера ($W_{\text{шл}}$) вычисляют по формуле

$$W_{\text{шл}} = (p - p_{\text{шл}}) \times 100 / p_{\text{шл}}(p - 1), \% \quad (4.2)$$

где p - истинная плотность минерального вещества шликера, г/см (для обычных глинистых масс, используемых в производстве фарфора, фа-

янса и некоторых видов строительной керамики можно принять $\rho = 2,65$ г/см³); $\rho_{\text{шл}}$ - плотность шликера, г/см³.

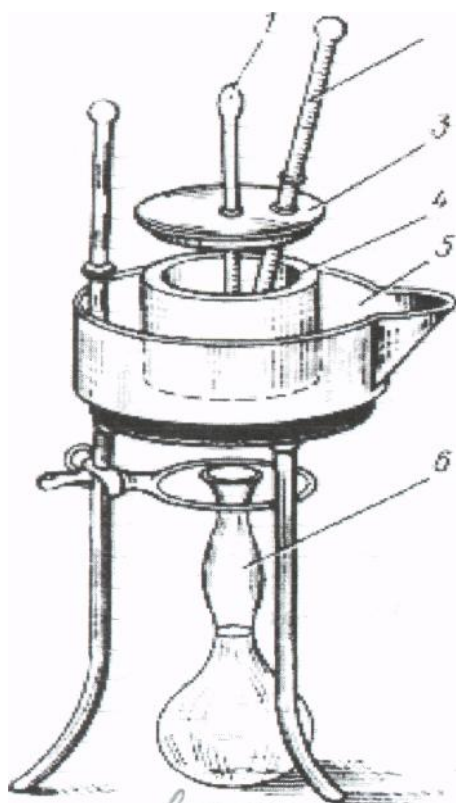


Рис. 7 – Схема вискозиметра Энглера

Затем определяют текучесть шликеров на *вискозиметре Энглера* (рис.4.2). Вискозиметр состоит из двух цилиндрических мерных сосудов 4 и 5 вставленных один в другой и соединенных посередине жесткой трубкой. Шликер вытекает через конусное отверстие диаметром 5...7 мм. На стенках внутреннего сосуда укреплен указатель уровня, до которого надо наливать исследуемый шликер. В крышке (3) внутреннего сосуда имеются два отверстия: центральное для запорного стержня (1) и боковое для термометра (2). Наружный сосуд служит термостатом и используется при необходимости подогревания исследуемого шликера до заданной температуры, которая контролируется термометром.

Температура шликера сильно влияет на его вязкость, поэтому сравнивать вязкость следует при одинаковых температурных условиях. Перед каждым испытанием внутренний сосуд промывают и насухо вытирают. Под выпускное отверстие прибора устанавливают мерную колбу (6) объемом 100 см³.

Исследуемый шликер процеживают через сито № 05, заливают в вискозиметр до уровня указателя высоты, тщательно перемешивают в течение 5 мин и оставляют в покое на 1 мин. После этого открывают выпускное отверстие и одновременно включают секундомер. После заполнения мерной колбы вытекающим шликером до черты 100 см³ выпускное отверстие вискозиметра закрывают. Время истечения 100 см³ шликера, отсчитываемое по секундомеру, характеризует текучесть.

При определении текучести проводят три параллельных опыта и вычисляют среднее значение времени истечения.

Определив ориентировочные оптимальные пределы разжижения, устанавливают более точно необходимое количество электролита, уменьшая интервал дозировки его до 0,01 %. Все определения проводят вышеуказанным способом.

Наконец, проводя еще серии экспериментов с изменением содержания воды при сохранении оптимальных концентраций подобранных эффективных электролитов, можно дать окончательную оценку разжижаемости исследуемой глины и подобрать параметры шликера, характеризующегося требуемой текучестью (обычно консистенцию фарфоровых или фаянсовых шликеров принимают нормальной, если время истечения составляет 7... 10 с).

Полученные данные экспериментов заносят в табл. 10.

По полученным экспериментальным данным строят графические зависимости текучести шликера от количества и вида электролита для различных глин и при различных их влажностях. По графикам устанавливают оптимальное количество наиболее эффективного электролита для данной глины, обеспечивающее требуемую текучесть шликера при минимальном влагосодержании.

Таблица 10

Результаты определения скорости истечения шликера

Вид испытуемой глины	Влажность пробы, %	Масса глины, г	Количество электролита, мгэкв. на 100 г воды	Объем электролита на навеску глины, мл	Исходная влажность шликера, %	Объем введенной воды (без электролита), мл	Фактическая влажность шликера по пикнометру, %	Время истечения 100 см ² шликера, с				Примечание
								1	2	3	Среднее значение	

Кроме того, глины, резко отличающиеся по свойствам, сравнивают по степени разжижаемости при введении одного и того же электролита.

В некоторых же случаях, особенно в учебных целях, применяют упрощенную схему исследований.

Приготовление шликера

Для исследования берут 2-3 вида глинистого сырья (предварительно высушенного и измельченного, пропущенного через сито с размером отверстий 1...2 мм у которого определена остаточная влажность.

Затем взвешивают 1кг каждого вида глины на торговых весах. Помещают навеску в эксикатор и добавляют под наблюдением преподавателя небольшими порциями определенное количество воды при постоянном перемешивании. Вводимый объем воды фиксируют в лабораторном журнале. После достижения шликером текучего состояния, рассчитывают влажность шликера в %.

Для продолжения эксперимента шликер необходимо выдержать в течение 24... 48 часов.

Приготовление растворов электролитов

Для приготовления рабочего раствора электролита с массовой долей 10 % - **K** (10-процентный раствор) необходимо отмерить 250 мл дистиллированной воды - **m_в** и определить массу электролита - **m_э**, которую вычисляют по формуле

$$m_3 = m_B \times K / 100, \text{ г} \quad (4.3)$$

Далее необходимо взвесить на технохимических весах с точностью + 0,01г электролит, растворить навеску в отмеренном объеме дистиллированной воды и определить плотность полученного раствора электролита - ρ (г /см³) с помощью пикнометра.

Затем рассчитать расход рабочего раствора электролита - A (мл), исходя из заданной преподавателем концентрации электролита - C (%), по формуле

$$A = V \times C / K \times \rho, \quad \text{мл}, \quad (4.4)$$

где V - масса глины, г

Готовый рабочий раствор электролита заливают в бюретку.

Подбор рационального количества электролита

Приготовленный на предыдущем занятии ишикер перемешивают и затем определяют его вязкость на вискозиметре Энглера в секундах (она соответствует концентрации электролита 0 %). После чего, в шликер добавляют рассчитанный объем рабочего раствора электролита A (мл) из бюретки. Шликер с добавкой электролита перемешивают и определяют его вязкость. Опыт повторяют для каждой концентрации электролита 2...3 раза и результаты экспериментов заносят в табл. 11

Таблица 11

Изменение времени истечения шликера от концентрации электролита

Вид глинистого сырья	Вид электролита	Концентрация электролита %	0	0,1	0,2	0,3	0,4	и т.д.
			Время истечения, с					
		Среднее значение времени истечения, с						

После очередного добавления раствора электролита и перемешивания определяют вязкость шликера на вискозиметре Энглера. Затем в тот же шликер добавляют новую порцию электролита и т.д. На основе таких опытов может быть построен примерный график «содержание электролита - вязкость». Однако влажность шликера при этом будет лишь приблизительно постоянной, так как в результатах опыта не принимают во внимание изменение влажности, вызываемое добавлением небольших количеств воды с электролитом, а также за счет потерь материала в ходе многократных переливаний и перемешиваний шликера. Оптимальные парамет-

ры шликера (т.е. влажность в сочетании с концентрацией электролита) в данном опыте не могут быть установлены.

Контрольные вопросы

1. Назначение добавок-электролитов в шликерной технологии керамических изделий.
2. Механизм действия добавок-разжижителей в глинистых шликерных массах.
3. Методика подбора оптимального количества и вида электролита для разжижения глин.
4. Определение вязкости шликеров с помощью вискозиметра Энглера.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: Изучить способы подготовки глинистого сырья при производстве керамических изделий. Дать заключение о их влиянии на физико-механические свойства керамических изделий.

Приборы, инструменты, материалы: Мерные цилиндры емкостью 100 мл, технические весы по ГОСТу 164-74, вода питьевая по ГОСТу 2874-82, сушильный шкаф по ГОСТу 134-74, штангенциркуль по ГОСТу 166-80, муфельная печь, гидравлический пресс (ГОСТ 8905-82), песок кварцевый крупностью не более 1 мм, глины различных месторождений.

Краткие теоретические сведения

В технологии керамики выделяют три способа подготовки сырьевой массы: полусухой, пластический и шликерный.

Полусухой способ подготовки применяют, если глинистое сырье имеет плотную структуру, посторонние примеси, низкую карьерную влажность, что облегчает их высушивание и последующее удаление из размолотой глины по-

сторонних включений путем их отсева. Если в перерабатываемое сырье по полусухому способу вводятся добавки в количестве до 30 %, то они перерабатываются вместе с глиной, при большем количестве их глины и добавки перерабатываются отдельно, а затем смешиваются в требуемом соотношении.

К преимуществам полусухого способа подготовки сырья относятся: возможность использования сухарных глин, равномерное распределение добавок в приготавливаемой массе, а также обеспечивается хорошее разрушение и измельчение известковых включений, в большинстве случаев отпадает необходимость длительного вылеживания массы. К недостаткам - необходимость сушки сырья, что связано с затратами топлива, необходимостью установки системы аспирации воздуха.

Пластический способ применяется, если глинистое сырье рыхлое, влажные, с умеренным содержанием посторонних включений, хорошо размокают при увлажнении и легко превращаются в однородную массу.

Преимуществом пластического способа подготовки сырья являются: возможность использования влажных глин, достижение однородного по плотности сырца, а затем черепка, также обеспечивается высокая морозостойкость изделий. К недостаткам - необходимость длительной сушки отформованных изделий, что связано с энергетическими и материальными затратами, быстрый износ рабочих поверхностей формовочного оборудования.

Шликерный способ применяется, когда изделия изготавливаются из многокомпонентной массы, состоящей из неоднородных и трудноспекающихся глин и добавочных материалов, когда требуется подготовить массу для изготовления керамических изделий сложной формы способом литья. Сущность шликерного способа подготовки состоит в том, что компоненты керамической массы предварительно тонко измельчают мокрым помолом, а затем обезвоживают полученный шликер в сушильном оборудовании до требуемой влажности.

Порядок выполнения работы

Оценка свойств глинистого сырья для определения способа подготовки

Оценку свойств глинистого сырья ведут на основании выполненных работ №1 и №2. Полученные результаты заносят в табл. 12 и делают вывод о рациональном способе подготовки.

Таблица 12

Определение физико-механических свойств глинистого сырья

Номер образца	Вид глинистого сырья	Формовочная влажность, %	Число пластичности, П	Связующая способность, кгс/см ²	Усадка воздушная, %	Усадка огневая, %	Усадка полная, %	Рекомендуемый способ подготовки

				(МПа)				

Контрольные вопросы

1. Назовите способы подготовки глинистого сырья.
2. По каким показателям выбирают способ рациональной подготовки сырьевой массы.
3. Каковы преимущества и недостатки этих способов.
4. Какое оборудование используют при подготовке сырья в каждом способе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Цель работы: Изучить методы оценки качественных показателей керамического кирпича, определить его марку и дать заключение о возможности использования в строительстве.

Приборы, инструменты, материалы: Образцы керамического кирпича, металлическая линейка, штангенциркуль, угольник, технические весы, сушильный лабораторный шкаф на температуру не ниже +150 °С, гидравлический пресс (ГОСТ 8905-82), приспособление для испытания кирпича на изгиб, песок кварцевый крупностью не более 1 мм, цемент марки ЦЕМ 1, металлическая или стеклянная пластинка размерами 270×150×5 мм, технический картон толщиной 3...5 мм.

Краткие теоретические сведения

Керамический кирпич предназначен для кладки наружных и внутренних стен и других элементов зданий и сооружений, а также для изготовления стеновых блоков и панелей. Его изготавливают из глинистых и кремнеземистых (трепел, диатомит) пород, лессов, а также вторичных продуктов (отходов угледобычи, шлаков) с минеральными и органическими добавками либо без них. Кирпич изготавливают полнотелым или пустотелым. По размерам (мм) различают кирпич по форматам. Форматы устанавливают в соответствии с ГОСТ 530-2012 относительно первого 1НФ – 250×120×65.

Для оценки качества керамического кирпича в лаборатории проверяют следующие его свойства: внешний вид, форму, размеры, предел прочности при сжатии и изгибе, водопоглощение. Марку кирпича устанавливают по пределу прочности при сжатии и изгибе. По результатам оценки качества керамического

кирпича партию кирпича маркируют, где указывают вид и группу изделия, его марку, среднюю плотность, морозостойкость и номер нормативного документа (ГОСТа). Например, КР-р-по (КР-л-по) 250x120x65/1НФ/200/2,0/50/ГОСТ 530-2012. - кирпич керамический, рядовой (лицевой), полнотельный, размером, формата 1НФ, марки 200, класса средней плотности 2,0, морозостойкостью 50 циклов, изготовленный согласно ГОСТу 530-2012 «Кирпич и камни керамические».

Порядок выполнения работы

5.1. Оценка качества керамического кирпича по внешнему виду и размерам

Оценку качества по внешнему виду производят методом случайного отбора из разных мест партии 35 штук кирпича (25 штук камней).

Внешним осмотром устанавливают качество обжига. Светлый цвет кирпича и глухой звук при ударе по кирпичу молоточком указывают на недожог. Пережог характеризуется оплавлением и вспучиванием поверхности. Недожог и пережог являются браком, и дальнейшим испытаниям такой кирпич не подвергают. Одновременно устанавливают процент брака кирпича по внешнему признаку.

После внешнего осмотра определяют отклонение кирпича по длине, ширине и толщине с помощью линейки и угольника. Отклонения от установленных размеров кирпича не должны превышать: по длине ± 5 мм, по ширине ± 4 мм, по толщине ± 3 мм. Затем определяют искривления поверхности и ребер кирпича. Отклонение от перпендикулярности граней не должно превышать ± 3 мм.

На кирпиче не должно быть более двух отбитостей углов глубиной 10...15 мм. Трещины по постели не должны иметь протяженность более 30 мм. Общее количество кирпичей с отбитостями, превышающими допустимые размеры, и половняка не должно превышать 10 % от общего количества кирпича в партии. Половняком следует считать кирпич, состоящий из парных половинок или имеющий трещины, превышающие допустимые размеры.

По результатам испытаний подсчитывают общее количество брака и все последующие испытания проводят на образцах, прошедших оценку качества по внешним признакам и обмеру.

5.2. Определение класса средней плотности керамического кирпича (ГОСТ 7025)

Для определения средней плотности отбирают пять образцов кирпича, соответствующих требованиям внешнего вида, и предварительно высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С.

Образцы после взвешивания с точностью до 1 г измеряют штангенциркулем. Измерение производят три раза по каждой грани кирпича в центре и отступив от краев 5 см. Рассчитывают среднее арифметическое измерений по каждой грани.

Производят расчет средней плотности каждого кирпича. определений по формуле

$$W_{\text{полг}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (9)$$

где m - масса высушенного кирпича, г;

V – объем высушенного кирпича, г.

Устанавливают класс средней плотности изделий и группу по теплотехническим характеристикам на основании данных таблицы 14, результаты заносят в таблицу 15.

Таблица 14

Группы изделий по теплотехническим характеристикам

Класс средней плотности изделия	Средняя плотность, кг/м	Группа изделий по теплотехническим характеристикам
0,7	До 700	Высокой эффективности
0,8	710-800	
1,0	810-1000	Повышенной эффективности
1,2	1010-1200	Эффективные
1,4	1210-1400	Условно-эффективные
2,0	1410-2000	Малоэффективные (обыкновенные)
2,4	2010-2400	

Таблица 15

Результаты определения класса средней плотности керамического кирпича

Номер образца	Масса, m , кг	Размеры кирпича	Объем, m^3	Средняя плотность отдельного образца, $кг/м^3$	Среднеарифметическое значение средней плотности, $кг/м^3$

5.3. Определение водопоглощения кирпича (ГОСТ 7025)

Для определения водопоглощения пять образцов кирпича предварительно высушивают до постоянной массы при температуре 105... 110 °С. Образцы после взвешивания с точностью до 1 г укладывают тычком на дно сосуда с водой при температуре 15...20 °С. Уровень воды в сосуде должен быть на 2...10 см выше верха образца. В таком положении их выдерживают 48 ч после чего вынимают, немедленно обтирают влажной мягкой тканью и каждый образец взвешивают. Массу воды, вытекшей из пор на чашку весов, включают в массу насыщенного водой образца. Водопоглощение $W_{\text{погл}}$ в процентах вычисляют как среднее арифметическое трех определений по формуле

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (9)$$

где m - масса высушенного образца, г;

m_1 - масса насыщенного водой образца, г.

Результаты испытаний записывают в табл. 16.

Таблица 16

Результаты определения водопоглощения керамического кирпича

Номер образца	Масса, г			Водопоглощение отдельного образца, $W_{\text{погл}}$, %	Среднеарифметическое значение водопоглощения, $W_{\text{погл}}$, %
	m	m_1	$(m_1 - m)$		

Водопоглощение изделий, высушенных до постоянной массы, должно быть не менее 6 % для кирпича и камней и не более 6 % для клинкерного кирпича.

5.4. Определение предела прочности кирпича при сжатии (ГОСТ 8462. п. 3.2)

Испытанию подвергают десять кирпичей (пять камней), предварительно высушенных при температуре 105...110 °С в течение 4 ч. После высушивания каждый образец разделяют на две равные половинки на станке. Каждую из половинок поверхностями распила в разные стороны склеивают цементным рас-

твором, состоящим из равных частей цемента марки не ниже 400 и песка крупностью не более 1 мм при водоцементном отношении 0,4...0,42. Толщина соединяющего растворного шва и выравнивающих (верхнего и нижнего) слоев должна быть 3...5 мм. Срок выдержки образцов перед испытанием составляет 3 суток. Образцы из керамического кирпича полусухого прессования испытывают насухо, не производя выравнивания их поверхности цементным тестом. В учебной лаборатории рекомендуется испытывать на сжатие кирпич полусухого прессования после испытания его на изгиб, что допускает ГОСТ 8462-85. п. 2.4. Перед испытанием замеряют размеры поверхности образцов с точностью до 1 мм и вычисляют верхнюю и нижнюю площадь поперечного сечения образца. Каждый размер определяют как среднее арифметическое результатов трех измерений: двух измерений параллельных ребер, лежащих в плоскости одной грани, и измерения средней прямой, лежащей между этими ребрами. Испытание производят на гидравлическом прессе. Предел прочности при сжатии ($R_{сж}$), МПа (кгс/см^2), отдельного образца определяют с точностью 0,1 МПа по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (10)$$

где P - наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кгс);

F - площадь поперечного сечения образца, вычисленная как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, м^2 (см^2).

При определении прочности на сжатие вместо склеивающего цементного раствора допускается использовать технический картон толщиной 3...5 мм. При испытании кирпича толщиной 88 мм результат определения прочности на сжатие умножают на 1,2 с целью пересчета данного показателя на показатель прочности нормального кирпича толщиной 65 мм. Результаты испытаний заносят в табл.17.

Таблица 17

Результаты определения прочности кирпича при сжатии

Номер образца	Площадь поперечного сечения верхней поверхности, F_1 , м^2 (см^2)	Площадь поперечного сечения нижней поверхности, F_2 , м^2 (см^2)	Площадь поперечного сечения образца, $F=0,5(F_1+F_2)$, м^2 (см^2)	Наибольшая нагрузка, P , Н (кгс)	Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см^2)		
					$R_{сж}$	$R_{сж}^{\text{наим}}$	$R_{сж}^{\text{наиб}}$

Если предел прочности при сжатии отдельного образца более чем на 40 % превышает среднее значение предела прочности всех образцов, то этот результат не учитывают и среднее арифметическое рассчитывают уже без его учета.

5.5. Определение предела прочности при изгибе (ГОСТ 8462. п. 3.3.)

Для испытания отбирают пять образцов кирпича, прошедших контроль по внешнему виду и размерам. Постели кирпичей в местах опирания и приложения нагрузки выравнивают слоем цементного раствора толщиной не более 3 мм и шириной 25... 30 мм (рис. 8). Состав раствора, сроки выдержки перед испытанием образцов аналогичны составу и срокам при испытании на сжатие. Допускается места приложения нагрузки выравнивать шлифованием (без нанесения раствора). Образцы из пустотелого кирпича с несквозными пустотами испытывают, располагая их в растянутой зоне. При проведении испытаний необходимо иметь специальное приспособление, состоящее из одного верхнего и двух нижних катков, расположенных на расстоянии 20 см.

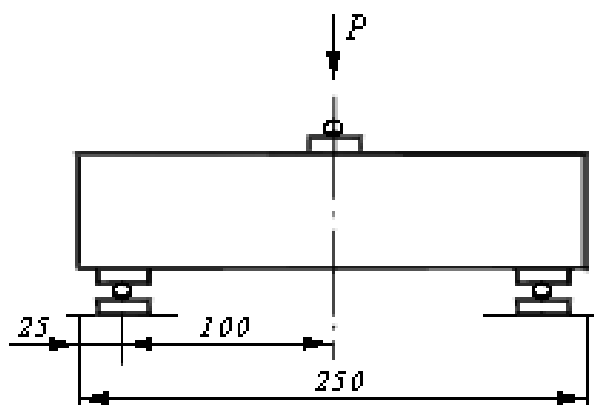


Рис. 8 Схема испытания керамического кирпича на изгиб

Предел прочности при изгибе, МПа (кгс/см²), образца вычисляют с точностью до 0,05 МПа по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (11)$$

где P - наибольшая нагрузка установленная при испытании образца, Н (кгс);
 l - расстояние между осями опор, м (см);
 b - ширина образца, м (см);
 h - высота образца, м (см).

Величину предела прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов пяти определений. Полученные при испытании результа-

ты записывают в табл. 18.

Таблица 18

Результаты определения прочности кирпича при изгибе

Номер образца	Размеры, м (см)			Разрушающая нагрузка, Р, Н(кгс)	Предел прочности отдельного образца, $R_{изг}$, МПа (кгс/см ²)	Среднее значение, $R_{изг}$, МПа (кгс/см ²)	Наименьшее значение, $R_{изг}^{наим}$, МПа (кгс/см ²)
	h	ℓ	b				

При вычислении среднего предела прочности при изгибе не учитывают те результаты, которые имеют отклонения от среднего значения предела прочности всех образцов более чем на $\pm 50\%$ и не более чем по одному образцу в каждую сторону.

5.6. Определение марки керамического кирпича

Марка кирпича устанавливается по средней и наименьшей величине предела прочности при сжатии и изгибе в соответствии с данными табл. 19.

Таблица 19

Средние значения показателей прочности керамического кирпича и камней в зависимости от марки

Марка кирпича и камней	Предел прочности, МПа (среднее значение для пяти образцов)			
	При сжатии	При изгибе		
	Для всех видов кирпича и камней	Для полнотелого кирпича	Для полнотелого кирпича полусухого прессования и пустотелого кирпича пластического формования	Для утолщенного кирпича
300	30,0 (25)	4,4 (2,2)	3,4 (1,7)	2,9 (1,5)
250	20,0 (20)	3,9 (2,0)	2,9 (1,5)	2,5 (3,0)
200	20,0 (17,5)	3,4 (1,7)	2,5 (1,3)	2,3 (1,1)
175	17,5 (15,0)	3,1 (1,5)	2,3 (1,1)	2,1 (1,0)
150	15,0 (12,5)	2,8 (1,4)	2,1 (1,0)	1,8 (0,9)
125	12,5 (10,0)	2,5 (1,2)	1,9 (0,9)	1,6 (0,8)
100	10,0 (7,5)	2,2 (1,1)	1,6 (1,8)	1,4 (0,7)

Примечание: в скобках приведены наименьшие показатели для отдельных образцов.

Контрольные вопросы

1. Что служит сырьем для производства керамического кирпича?
2. Как классифицируется керамический кирпич по геометрическим размерам?
3. Какие показатели качества керамического кирпича учитываются при его маркировке?
4. Как производится оценка качества керамического кирпича по внешним признакам?
5. Какие отклонения в размерах кирпича допускаются при оценке его качества по обмеру?
6. Как определяется класс кирпича по средней плотности?
6. Как определяется показатель водопоглощения кирпича?
7. Какая величина водопоглощения допускается кирпича и почему?
8. Опишите методику определения прочности кирпича при сжатии.
9. Опишите методику определения прочности кирпича при изгибе.
10. По каким показателям и как определяется марка керамического кирпича?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель работы: Изучить методы оценки качественных показателей керамических плиток (ГОСТ 13996).

Приборы, инструменты, материалы: Штангенциркуль по ГОСТу 166-80, угольник поверочный по ГОСТу 3719-77, щупы по ГОСТу 882-75, шаблоны радиусные по ГОСТу 4126-82, металлическая линейка по ГОСТу 427-75, технические весы по ГОСТу 164-74, сушильный шкаф по ГОСТу 134-74, плита электрическая по ГОСТу 14919-83, сосуд для кипячения с металлической сеткой, вода питьевая по ГОСТу 2874-82, мягкая ткань или губка, гидравлический пресс по ГОСТу 8905-82, опоры с радиусом закругления 10 мм, прокладки из резины, прибор ЛКИ-3, корунд синтетический по ГОСТу 22551-77, раствор органического красителя (чернил), шкала Мооса, образцы керамических плиток различного назначения.

Краткие теоретические сведения

Керамические плитки – фасонные изделия и детали к ним (доборные элементы), а также ковры из плиток, изготовленные методом пластического формования (экструзии) и полусухого прессования, предназначены для отделки внутренних и наружных стен и полов согласно группе по водопоглощению.

Экструзионные керамические плитки: изделия, изготавливаемые методом пластического формования бруса на экструдере и резки его на плитки за-

данного размера, которые относятся к группе А.

Керамические плитки полусухого прессования: тонкостенные изделия, изготавливаемые методом прессования порошкообразной массы на основе глинистых и/или других неорганических материалов под высоким давлением, которые относятся к группе В.

Ретифицированные плитки: плитки с боковыми гранями, обработанными таким образом, чтобы фактические размеры всех плиток были в пределах размеров одного калибра.

Керамический гранит (керамогранит): керамическая плитка с водопоглощением не более 0,5 %.

Ковер из керамических плиток: набор плиток, наклеенных на основу (лист бумаги, сетку и пр.) или склеенных боковыми ребрами друг с другом, предназначенный для облегчения работ при укладке.

Ковер "брекчия": набор частей плиток произвольной формы, наклеенных на основу (лист бумаги, сетку и пр.).

Таблица 20

Классификация керамической плитки в соответствии с ГОСТ 13996-2019

1.Способ формования	Пластическое формование (А) (плитки, изготавливаемые методом пластического формования бруса на экструдере и резки его на плитки заданного размера)	Полусухое формование(В) (плитки, изготавливаемые методом прессования порошкообразной массы на основе глинистых и/или других неорганических материалов под высоким давлением)
2. Группа по водопоглощению (Е)	С низким водопоглощением А1 а: $E < 0,5\%$ b: $0,5\% < E \leq 3\%$	С низким водопоглощением В1 а: $E < 0,5\%$ b: $0,5\% < E \leq 3\%$
	Со средним водопоглощением А11 а-1: $3\% < E \leq 6\%$, класс 1 а-2: $3\% < E \leq 6\%$, класс 2 b-1: $6\% < E \leq 10\%$, класс 1 b-2: $6\% < E \leq 10\%$, класс 2	Со средним водопоглощением В11 а: $3\% < E \leq 6\%$ b: $6\% < E \leq 10\%$
	С низким водопоглощением А111 $E > 10\%$,	С низким водопоглощением В111 $E > 10\%$,

3. Классы стойкости по образованию пятен	1 Низкий, 2 Умеренный, 3 Средний, 4 Высокий, 5 Очень высокий								
4. Классы химической стойкости керамических плиток	<table border="1"> <tr> <td>А</td> <td>Глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют</td> <td rowspan="3">Не глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют Видимые изменения среза Видимые изменения лицевой поверхности, среза и грани</td> </tr> <tr> <td>В</td> <td>Видимые изменения внешнего вида</td> </tr> <tr> <td>С</td> <td>Значительные видимые изменения лицевой поверхности</td> </tr> </table>	А	Глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют	Не глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют Видимые изменения среза Видимые изменения лицевой поверхности, среза и грани	В	Видимые изменения внешнего вида	С	Значительные видимые изменения лицевой поверхности	
А	Глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют	Не глазурованная плитка Видимые изменения отсутствуют Видимые изменения среза Видимые изменения лицевой поверхности, среза и грани							
В	Видимые изменения внешнего вида								
С	Значительные видимые изменения лицевой поверхности								
5 Класс износостойкости глазурованных плиток для пола	1 Низкая 2 Умеренная 3 Средняя 4 Высокая 5 Очень высокая								

Разрушающая нагрузка устанавливается в зависимости от водопоглощения, толщины изделий до 7,5 и 27,5 мм

Таблица 21

Область применения керамических плиток в зависимости от групп по водопоглощению

Область применения	Группа по водопоглощению
1. Плитки керамические фасадные для облицовки наружных стен зданий и сооружений	AI, AIIa-1, AIIa-2, AIIb-1 (класс 1), VI, VII
2. Плитки керамические фасадные для облицовки наружных цоколей зданий и сооружений	AI, AIIa-1, AIIa-2, VI, VIIa
3. Плитки керамические для организации систем навесных фасадов	AI, AIIa-1 (класс 1), VIa
4. Плитки керамические для облицовки стен и полов в лоджиях и на балконах, на открытых террасах	AI, AIIa-1, AIIa-2, VI, VIIa
5. Плитки керамические глазурованные для облицовки чаши бассейнов	AI, VI, VIIa
6. Плитки керамические для внутренней отделки стен зданий и сооружений	Все группы
7. Плитки керамические для покрытия полов в помещениях жилых, общественных и промышленных зданий	AI, AIIa-1, AIIa-2, VI, VIIa ²⁾
8. Для бассейнов с незамерзающей чашей.	

Для оценки качественных показателей керамических плиток различного назначения ГОСТ 27180 устанавливает следующие виды испытаний: контроль внешнего вида, линейных размеров и правильности формы; определение водопоглощения, предела прочности при изгибе, износостойкости плиток для полов, термической стойкости, твердости лицевой поверхности по шкале Мооса.

Порядок выполнения работы

6.1. Контроль внешнего вида, линейных размеров и правильности формы (ГОСТ 27180. п. 1.2)

Сплошной контроль внешнего вида плиток осуществляют визуально на расстоянии 1 м от глаза наблюдателя при рассеянном искусственном свете при освещенности от 300 до 400 лк. Приемный контроль осуществляют при этих же условиях с укладкой плиток на щите площадью не менее 1 м, расположенном под углом $(45 \pm 3)^\circ$, с шириной зазора между плитками до 3 мм.

Наличие невидимых трещин определяют на слух путем простукивания плиток деревянным или металлическим молоточком массой 0,25 кг. При контроле цвета (оттенка) плитки укладывают на щите попеременно с образцами-эталоном. Осмотр проводят с расстояния 1 м при дневном свете. В результате контроля цвета (оттенка) регистрируют видимое расхождение между контролируемыми плитками и образцами-эталоном. При внешнем осмотре плиток контролируют наличие на лицевой поверхности отбитостей, зазубрин на ребрах, плешин, пятен, мушек, наколов, пузырей, посечек, волнистости и углублений глазури, нарушения декора.

Общее число допустимых дефектов на одной плитке должно быть: для плиток внутренней облицовки стен - не более двух (первый сорт) и не более трех (второй сорт), для плиток полов и фасадов - не более трех.

В дальнейшем от партии плиток, проверенных и признанных годными по внешнему виду, отбирают образцы плиток для оценки размеров и форм в количестве 25 шт. Измерение плиток проводят штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. Отклонения размеров, полученных при измерении плиток, от эталонных не должны превышать допустимых отклонений, указанных в стандартах на изделия конкретных видов. Так, разница между наибольшим и наименьшим размерами плиток одной партии по длине и ширине не должна превышать 1,5 мм (плитки для полов и фасадов) и 0,5 мм (плитка для внутренней облицовки стен).

Отклонения от формы по косоугольности (отклонение от прямоугольности) не должны превышать:

- для половых и фасадных плиток 0,5 мм;

- для плиток внутренней облицовки - 0,5 мм при длине до 150 мм и 1,0 мм при длине свыше 150 мм.

Искривление лицевой поверхности (отклонение от плоскости) не должно превышать:

- для половых плиток 0,5 мм;

- для плиток фасадных размером до 48 мм 0,5 мм, размером от 48 мм до 150 мм 1,0 мм и для плиток размером более 250 мм 2,0 мм;

- для плиток внутренней облицовки стен 0,8 мм для первого сорта и 1,1 мм для второго сорта.

Если при проверке размеров и формы отобранных из партии плиток выявится одна плитка, не соответствующая вышперечисленным требованиям, то партию принимают, а если две или более плиток, то партия приемке не подлежит.

Все последующие испытания проводят на плитках, прошедших оценку качества по внешнему виду, размерам и правильности формы.

6.2. Определение водопоглощения (ГОСТ 27180. п. 5)

Испытания проводят на целых плитках или на отколотых частях любой формы (массой не менее 50 г). Для определения водопоглощения 3 образца плиток для внутренней облицовки стен и 5 образцов плиток для полов и фасадов высушивают до постоянной массы при температуре $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, охлаждают и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем образцы помещают на сетчатую подставку, опускают в сосуд с водой и кипятят 3 ч. В процессе кипячения воду доливают, следя, чтобы образцы оставались покрытыми водой. После кипячения образцы оставляют в воде на 24 часа для охлаждения, затем вынимают, вытирают влажной тканью и взвешивают с точностью $\pm 0,01$ г. Водопоглощение (W) в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (12)$$

где m - масса высушенного образца, г;

m_1 - масса образца после кипячения, г.

При ускоренном определении водопоглощения плиток допускается проводить насыщение образцов водой путем кипячения в течение 1 ч для плиток внутренней облицовки стен и полов, 30 мин для плиток фасадных.

Результаты определения водопоглощения заносят в табл. 22.

Таблица 22

Результаты определения водопоглощения плиток

Номер	Масса, г	Водопоглощение	Среднеарифметиче-
-------	----------	----------------	-------------------

образца	m	m_1	$(m_1 - m)$	отдельного образца, W , %	ское значение водопоглощения, W , %

Водопоглощение плиток для внутренней облицовки стен не должно превышать 16 %; плиток для полов 3,5...3,8 % и плиток фасадных 7...9 %.

6.3. Определение предела прочности при изгибе (ГОСТ 27180. п. 6)

Для испытания отбирают 5 образцов плиток, прошедших контроль по внешнему виду, размерам и форме. Высушенные образцы плиток устанавлива-

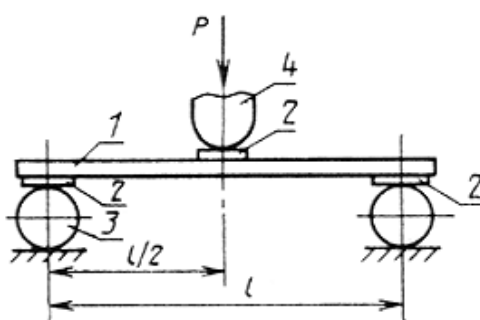


Рис. 9. Схема испытания плитки на изгиб:
1 – плитка; 2 – резиновая прокладка; 3 – опора;
4 – нажимная кромка

ют лицевой поверхностью вверх на две опоры с резиновыми прокладками и в середине образца прикладывают нагрузку через нажимную кромку с резиновой прокладкой (рис. 9). При этом образцы располагают перпендикулярно направлению рифления монтажной поверхности. Опоры и нажимная кромка должны быть несколько длиннее ширины испытываемого образца и иметь радиус закругления 10 мм. Расстояние между нижними опорами выбирают в зависимости от размеров образца и регулируют в пределах от 80 до 90 % его длины.

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см²), вычисляют с погрешностью ± 2 % по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (13)$$

где P – нагрузка в момент разрушения образца, Н (кгс);

l – расстояние между опорами, м (см);

b – ширина образца, м (см);

h – наименьшая толщина образца без рифлений в месте излома, м (см).

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний пяти образцов. Полученные при испытании результаты записываются в табл. 23.

Таблица 23

Результаты определения предела прочности при изгибе плиток

Номер образца	Размеры, м (см)			Разрушающая нагрузка, P , Н (кгс)	Прочность при изгибе отдельного образца, $R_{изг}$, МПа (кгс/см ²)	Среднее арифметическое значение прочности при изгибе, $R_{изг}$, МПа (кгс/см ²)
	h	l	b			

6.4. Определение износостойкости неглазурованных плиток для полов (ГОСТ 27180. п. 7)

Для испытания отбирают 5 плиток и изготавливают из них выпиливанием квадратные образцы со сторонами (70 ± 1) мм или (50 ± 1) мм. Образцы высушивают до постоянной массы при температуре (110 ± 5) °С. Высушенные образцы взвешивают с погрешностью не более 0,01 г, измеряют их длину и ширину. Затем по одному образцу помещают в держатель прибора ЛКИ-3 (лабораторный круг истирания), лицевой поверхностью к шлифовальному диску и нагружают давлением 0,06 МПа. На шлифовальную дорожку равномерно насыпают слой абразивного материала, в качестве которого используют корунд синтетический с зернами размером от 0,2 до 0,16 мм по ГОСТу 22028-76 или кварцевый песок по ГОСТу 22551-77 двух фракций: от 0,5 до 0,25 мм и от 0,25 до 0,16 мм. По массе обе фракции песка составляют 50 %. Количество абразивного материала составляет 0,4 г на 1 см² поверхности образца. Шлифовальный диск включают на 1 мин. После 30 оборотов диска машину выключают, образец вынимают, счищают с него пыль, взвешивают с точностью до 0,01 г.

Затем испытуемый образец поворачивают в держателе на 90° и снова шлифуют с новой порцией абразивного материала. Этот процесс повторяют четыре раза, каждый раз поворачивая образец на 90°. Если расхождение между наименьшей и наибольшей потерями массы после отдельных циклов меньше 3 % общей потери массы за четыре цикла, то испытание считают законченным. Если это расхождение больше, то испытание продолжают тем же способом и проводят 12 циклов шлифования на тех же образцах. Износостойкость (O), г/см², вычисляют по формулам

$$O = \frac{3m_4}{F} \quad \text{или} \quad O = \frac{m_{12}}{F}, \quad (14)$$

где m_4 – суммарная потеря массы после 4 циклов, г;
 m_{12} – суммарная потеря массы после 12 циклов, г;
 F – площадь поверхности шлифованного образца, см².

Износостойкость неглазурованных плиток для полов должна быть при применении в качестве абразивного материал кварцевого песка не более 0,19 г/см², корундового порошка – не более 0,54 г/см².

6.5. Определение термической стойкости (ГОСТ 27180-86)

Перед испытанием высушивают до постоянной массы 3 плитки для внутренней облицовки и 5 плиток для полов и фасадов зданий. Затем плитки устанавливают в нагретый сушильный шкаф. При температуре 100 °С (для глазурованных фасадных плиток), 125 °С (для глазурованных плиток для полов и внутренней облицовки стен, покрытых цветной глазурью) или 150 °С (для плиток внутренней облицовки стен, покрытых белой глазурью) образцы выдерживают в течение 20 мин (плитки фасадные и для полов) и 30 мин (плитки внутренней облицовки стен).

После выдержки плитки вынимают из шкафа и сразу опускают в сосуд с проточной водой, температура которой составляет + 15...20 °С.

После охлаждения плитки вынимают из воды и на их глазурованную поверхность наносят несколько капель органического красителя (чернил), протирают образцы мягкой тканью.

Плитки считают термически прочными (стойкими), если в результате однократного испытания не будет обнаружено повреждения их глазурованной поверхности.

6.6. Определение твердости лицевой поверхности по Моосу (ГОСТ 27180. п.13)

Твердость лицевой поверхности плиток контролируют с помощью пробных минералов различной твердости в соответствии со шкалой Мооса. Твердость лицевой поверхности образца соответствует твердости того пробного минерала, который предшествует минералу, повреждающему поверхность образца. Твердость глазурного покрытия для керамических плиток различного назначения должна быть не менее 5.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют керамические плитки по назначению?
2. Перечислите области применения керамических плиток.
3. По каким общим показателям оценивают качество керамических плиток?
4. Как производят оценку качества керамических плиток по внешнему виду, линейным размерам и правильности формы?
5. Какие отклонения в размерах различных керамических плиток допускаются при оценке их качества по обмеру?
6. Опишите методику определения показателя водопоглощения керамических плиток.
7. Как определяют прочность керамических плиток при изгибе?
8. Как определяют износостойкость неглазурованных керамических плиток для полов?
9. Опишите методику определения термической стойкости керамических плиток.
10. Как определяют твердость лицевой поверхности плиток?

Рекомендации по самостоятельной работе студентов при изучении дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых композитов»

Самостоятельная работа студента является обязательной формой изучения дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых композитов». Она выполняется при изучении литературы и других источниками информации.

Процесс изучения дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых композитов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-8 - Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры материала на его свойства, взаимодействие материала с окружающей средой, механическими и физическими нагрузками

ПК-5 - Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах их выбора для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения.

Общая трудоемкость дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых

комполитов» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий и содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий представлены в табл. 24 и 25.

Таблица 24

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	80	80
В том числе:		
Лекции	40	40
Лабораторные работы (ЛР)	40	40
Самостоятельная работа	100	100
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзаменов	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	216	216
зач.ед.	6	6

Таблица 25

Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ П/П	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Состав, структура, свойства, состояние керамических материалов и изделий. Сырьевые материалы для производства	Введение. История возникновения и развития керамики. Классификация керамических изделий. Структура керамических изделий. Физические, механические, свойства керамических изделий. Классификация сырьевых материалов в производстве ке-	8	8	16	32

	строительной керамики	рамики. Пластичные и непластичные материалы, их химический, минералогический и гранулометрический состав, свойства. Примеси в сырье. Методы анализа качественных показателей сырьевых материалов				
2	Способы подготовки сырья и полуфабрикатов. Формование	Взаимодействие глин с водой. Способы подготовки сырья. Выбор оборудования для подготовки глинистого сырья. Способы формования керамических изделий. Параметры сырьевых масс для формования сырца. Структура отформованного сырца, его параметры, способы обработки	8	8	16	32
3	Сушка и обжиг сырья и изделий	Сушка керамического сырья и изделий. Сушильные агрегаты. Обжиг. Физические и химические процессы, происходящие при обжиге. Виды спекания. Печи для обжига.	6	6	16	28
Продолжение таблицы 25						
4	Грубая строительная керамика. Классификация. Технология производства изделий. Стеновая керамика. Кровельные керамические изделия. Гидроизоляционные керамические изделия (трубы дренажные и канализационные).	Классификация. Стеновых керамических материалов Требования к изделиям и сырьевым материалам. Пластическая подготовка шихты и пластическое формование кирпича и камней. Полусухой способ подготовки шихты и полусухое прессование. Сушка и обжиг кирпича. Сушильные и обжиговые агрегаты. Классификация черепицы и технические требования к ней. Сырьевые материалы для производства черепицы. Техноло-	6	6	16	28

		гия производства черепицы. Классификация и технические требования к дренажным трубам. Сырьевые материалы для производства дренажных труб. Технология производства дренажных труб. Классификация и технические требования к канализационным трубам. Сырьевые материалы для производства канализационных труб.				
5	Тонкая строительная керамика. Технология производства. Фарфор. Фаянс. Майолика. Санитарно-технические изделия. Керамическая плитка.	Фарфор, фаянс, майолика. Классификация. Сырье для производства фарфора, фаянса. Основы технологии. Керамическая плитка. Классификация. Технические требования. Требования Санитарно-технические изделия. Требования к сырью. Технология производства. Требования к сырью для производства. Технология производства. Основы технологии производства санитарно-технических изделий	6	6	18	30
Продолжение таблицы 25						
6	Огнеупоры. Технология производства	Назначение и классификация Сырьевые материалы. Основы технологии. Кремнеземистые огнеупоры. Алумо -- силикатные огнеупоры. Магнезиальные огнеупоры. Периклазовые огнеупоры. Форстеритовые огнеупоры. Цирконистые огнеупоры. Плавленые огнеупоры. Плавленые огнеупоры. Без обжиговые изделия, неформованные огнеупоры. Классификация. Сырьевые материалы. Технология производства..	6	6	18	30
Итого			40	40	100	180

Вопросы для самоподготовки

1. Классификация керамических изделий.
2. Классификация сырьевых материалов.
3. Влияние минералогического состава на свойства глинистого сырья.
4. Свойства глин: гранулометрический состав, пластичность, связующая способность.
5. Способы подготовки сырья.
6. Способы подготовки формовочных масс.
7. Способы формования.
8. Процессы при сушке в керамических изделиях. Режим сушки. Причины дефектов в изделиях.
9. Химические и физические процессы при обжиге.
10. Стеновые керамические материалы. Классификация технические требования.
11. Технология производства стеновых керамических материалов.
12. Технология производства черепицы. Сырье. Технические требования.
13. Технология производства керамических дренажных труб. Сырье. Технические требования.
14. Керамическая плитка. Классификация. Сырье.
15. Облицовочная плитка. Технология производства.
16. Фасадная плитка. Технология производства. Сырье. Технические требования.
17. Плитка для пола. Технология производства. Сырье. Технические требования.
18. Разновидности керамических покрытий. (Глазурь, ангоб, раскраска). Классификация. Назначение.
19. Классификация глазурей. Классификация. Сырье. Свойства.
20. Технология производства глазури, ангоба.
21. Способы нанесения покрытия керамических изделий (глазурь, ангоб, раскраска).
22. Фарфор, фаянс, майолика. Классификация. Основные признаки.
23. Санитарно-технический фарфор и фаянс. Сырье. Технические требования.
24. Санитарно-технический фарфор и фаянс. Технология производства.
25. Фарфор хозяйственно-бытового назначения. Сырье. Технические требования.
26. Технология производства фарфора хозяйственно-бытового назначения.
27. Особенности технологического процесса производства огнеупоров.
28. Кремнеземистые огнеупоры.
29. Алумосиликатные огнеупоры.

30. Магнезиальные огнеупоры.
31. Периклазовые огнеупоры.
32. Форстеритовые огнеупоры.
33. Цирконистые огнеупоры.
34. Плавленые огнеупоры.
35. Огнеупорные бетоны и без обжиговые изделия
36. Неформованные огнеупоры.

Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Указания: все задания имеют 3 варианта ответов, из которых правильный только один. Номер выбранного вами ответа обведите кружочком в бланке для ответов.

1. Что является основным сырьем для производства керамики:
 - а) глины и воздушная строительная известь;
 - б) глины и цемент;
 - в) глины и добавки.
2. Одним из основных глинистых минералов является:
 - а) каолинит;
 - б) кальцит;
 - в) кварц.
3. Подготовку сырья и изготовление керамического кирпича осуществляют следующими способами:
 - а) литьем и виброформованием;
 - б) прокатом и штампованием;
 - в) пластическим и полусухим прессованием.
4. Кварцевый песок в керамической промышленности используется:
 - а) как отощающая добавка;
 - б) как пластифицирующая добавка;
 - в) как выгорающая добавка.
5. Укажите тип структурного пакета минералов группы каолинита:
 - а) Трехслойные – два тетраэдрических и между ними один октаэдрический слой, обозначают 2 : 1;
 - б) Двухслойные – один тетраэдрический и один октаэдрический слой, обозначают 1 : 1;
 - в) Четырехслойные – двухслойные пакеты чередуются со слоями бруссита или гиббсита, обозначаются 2 : 1 : 1).

6. Какие из приведенных сырьевых материалов являются типичными при производстве глазури:
- а) каолинит, кварц, доломит, полевой шпат;
 - б) суглинок, бентонит, кальцит, галлуазит;
 - в) монтмориллонит, глинозем, бой изделий, три полифосфат натрия.
7. Температура плавления огнеупорного глинистого сырья составляет:
- а) более 1580 С°;
 - б) 1100 С°;
 - в) более 1350 С°.
8. Под связующей способностью глин принято понимать их свойство связывать компоненты:
- а) непластичные;
 - б) пластичные;
 - в) твердые.
9. Какая среда в печи при обжиге керамических изделий позволяет снизить максимальную температуру выдержки:
- а) окислительная;
 - б) нейтральная;
 - в) восстановительная.
10. Вылеживание глины это метод:
- а) подготовки сырьевых материалов;
 - б) формования сырца;
 - в) декорирования изделий.

Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. При производстве керамической черепицы используют глинистое сырье:
- а) легкоплавкое;
 - б) тугоплавкое;
 - в) огнеупорное
2. Клинкерный кирпич должен имеет водопоглощение по массе:
- а) более 6 %;
 - б) менее 6 %;
 - в) менее 1%.
3. Какую роль выполняют добавки ПАВ при введении в глинистые шликеры:
- а) улучшают смачивание;
 - б) увеличивают количество свободной воды;
 - в) интенсифицируют распад слипшихся глинистых частиц на элементарные зерна.
4. Огнеупорные материалы получают из шихты, содержащей:
- а) 30 – 70 масс.% глинозема и огнеупорной глины;
 - б) 10 – 20 масс.% глинозема и суглинка;

- в) 30 – 70 масс.% слюды и огнеупорной глины;
5. Обжиг санитарно-технических изделий производят с выдержкой при максимальной температуре:
- а) 573 С°;
 - б) 1000 С°;
 - в) 1250 С°.
6. Влажность шихты при полусухом способе массоподготовки составляет:
- а) 6 - 8 %;
 - б) 18 - 24 %;
 - в) 14 - 16 %.
7. Для производства классической майолики используют:
- а) чистое техническое сырье;
 - б) природно-окрашенные глины;
 - в) бело-жгущиеся глины.
8. Удельный обжиг производят при изготовлении керамической плитки с целью:
- а) для разлива и закрепления глазури на поверхности изделий;
 - б) придания заготовке прочности и неразмокаемости для последующего глазурования;
 - в) для удаления химически связанной воды из изделий.
9. Политой обжиг производят при изготовлении керамической плитки с целью:
- а) для разлива и закрепления глазури на поверхности изделий;
 - б) придания заготовке прочности и неразмокаемости для последующего глазурования;
 - в) для удаления химически связанной воды из изделий
- 10 Первоначально качество керамического лицевого кирпича оценивают:
- а) по внешнему виду;
 - б) по водопоглощению;
 - в) по усадочным деформациям.

Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какое влияние оказывают слюды на связующую способность глинистого сырья:
- а) улучшают;
 - б) понижают;
 - в) не оказывают влияния.
2. Количество воды, необходимое для получения теста нормальной формочной влажности для каолинов составляет:
- а) 28 - 35 %;
 - б) 35 - 45 %;
 - в) 15 – 25 %.

3. Обжиг красок на керамических изделиях с различной температурой обжига проводят начиная:

- а) с большей;
- б) с меньшей;
- в) со средней.

2. Какую роль выполняют добавки ПАВ при введении в глинистые шликеры:

- а) улучшают смачивание;
- б) увеличивают количество свободной воды;

в) интенсифицируют распад слипшихся глинистых частиц на элементарные зерна

3. . Подготовку сырья и изготовление керамического кирпича осуществляют следующими способами:

- а) литьем и виброформованием;
- б) прокатом и штампованием;
- в) пластическим и полусухим прессованием.

5. Какую роль выполняют добавки электролиты при введении в глинистые шликеры:

- а) улучшают смачивание;
- б) увеличивают количество свободной воды;

в) интенсифицируют распад слипшихся глинистых частиц на элементарные зерна

6. Огнеупорные материалы имеют свойство противостоять, не разрушаясь, напряжениям, вызванным...

- а) изменением влажности при нагреве или охлаждении;
- б) изменением средней плотности при нагреве или охлаждении;
- в) изменением температуры при нагреве или охлаждении.

7. К свойствам затвердевшего глазурного покрытия относятся:

- а) коэффициент Пуассона;
- б) предел прочности при сжатии;
- в) предел прочности при изгибе.

8. При какой температуре в процессе обжига керамики может происходить увеличение объема изделий в результате полиморфных переходов кварца:

- а) 573 С°;
- б) 1000 С°;
- в) 1250 С°.

9. Шелкография это метод:

- а) подготовки сырьевых материалов;
- б) формования сырца;
- в) декорирования изделий.

10. Количество воды, необходимое для получения теста нормальной формочной влажности для бентонитов составляет:

- а) 28 - 35 %;

- б) 35 - 45 %;
- в) 15 – 25 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение данного учебного пособия призвано обеспечить выполнение лабораторных работ и организацию самостоятельного изучения разделов дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых материалов».

Освоение дисциплины способствует формированию у бакалавров представлений о керамических строительных материалах как элементах системы «материал – конструкция – здание, сооружение»; ознакомлению с номенклатурой керамических материалов, применяемых в современном строительстве, на основе их классификации по составу, структуре, свойствам, способам получения и функциональному использованию; изучению наиболее важных потребительских свойств керамических строительных материалов как функции их состава, структуры и состояния; изучению технологии керамических строительных материалов как поэтапного процесса формирования структуры, обеспечивающей требуемые свойства материала в зависимости от их назначения; изучению системы показателей качества керамических строительных материалов и нормативных методов их определения и оценки с использованием современного исследовательского оборудования и статистической обработкой данных.

Библиографический список

1. Попов Л.Н. Строительные материалы, изделия и конструкции: Учебное пособие. – М.: ОАО «ЦИТП им. Г.К. Орджоникидзе», 2011.-467 с.
2. Строительное материаловедение [Текст] : учеб. пособие для вузов : рек. УМО / под общ. ред. В. А. Невского. - Ростов н/Д : Феникс, 2007 (Ростов н/Д : ЗАО "Книга", 2007). - 571 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 566 (10 назв.). - ISBN 978-5-222-12673-8 : 231-00.

3. Химическая технология керамики/ Под редакцией Гузмана И.Я.- М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2012.- 496 с.
4. ГОСТ530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.- М.: Стандартиформ, 2012. – 39 с.
5. ГОСТ 9169-75. Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2012. – 7 с.
6. Книгина Г.И., Вершинина Э.Н., Тацки Л.Н. и др. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 1985. – 222 с.
7. Физическая химия силикатов / под ред. А.А. Пащенко. - М.: Высш. шк . 1986.-368с
8. Горшков В.С., Савельев ВТ., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. - М.: Высш. шк. 1988. - 400с.
9. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики – М.: Стройиздат, 1974. – 320 с.
10. Августиник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975. – 590 с.
11. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. - М.: «Высшая школа», 2004. – 702 с.
12. Микульский В.Г. Строительные материалы. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 532 с.
13. Канаев В.К. Новая технология строительной керамики. – М.: Стройиздат, 1990. – 264 с.
14. Масленникова Г.И., Мамаладзе Р.А., Мидзута С. Керамические материалы. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Изучение свойств глинистого сырья и определение его пригодности для производства изделий строительной керамики	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Изучение сушильно-обжиговых свойств глинистого сырья.....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Изучение влияния электролитов на разжижаемость глинистых шликеров.....	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Изучение способов подготовки глинистого сырья для производства керамических изделий.....	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Изучение основных свойств керамического кирпича	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Изучение основных свойств керамических плиток различного назначения	35
Рекомендации по самостоятельной работе студентов при изучении дисциплины «Технология тугоплавких и обжиговых материалов».....	41
Заключение.....	51
Библиографический список	52

Учебное издание

к.т.н., доц. Турченко Алла Евгеньевна,
к.т.н., доц. Шелковникова Татьяна Иннокентьевна,
к.т.н., доц. Усачев Александр Михайлович

ТЕХНОЛОГИЯ ТУГОПЛАВКИХ И ОБЖИГОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие к выполнению
лабораторных работ для студентов,
обучающихся по обучающимся по направлению подготовки бакалавров
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
профиль «Экспертиза качества
строительных материалов», «Перспективные технологии и экспертиза качества
строительных материалов»

в авторской редакции

Подписано в печать .
Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 4,0.
Усл.-печ. л. 4,1. Бумага писчая. Тираж 75 экз. Заказ № ____.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
394006 г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84