МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московская государственная академия
коммунального хозяйства и строительства

Кафедра ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к курсу, контрольным и лабораторным работам для студентов специальностей 240304 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и 261000 «Технология художественной обработки материалов» и направлений 240100 «Химическая технология» и 261400 «Технология художественной обработки материалов»

Москва, 2011

Одобрено
Научно-методическим
советом института

Составители:

С.В. Самченко, д-р техн. наук, проф.
О.Ю. Баженова, канд. техн. наук, доц.
Д.А. Зорин, доц.

Рецензенты:

Ю.Р. Кривобородов, д-р техн. наук, проф., член-кор. РИА (РХТУ им. Д.И. Менделеева)
Т.В. Ревенок, канд. техн. наук, доц. (МГАКХиС)

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания «Основы технологии и художественной обработки силикатных материалов» предназначены для дисциплин «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», «Основы технологии силикатов», «Основы технологии художественной обработки силикатных материалов». Эти дисциплины изучаются студентами факультета Технологий и промышленного дизайна специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и направления «Химическая технология», также студентами, обучающимися по специальности и направлению «Технология художественной обработки материалов», в соответствии с учебным планом и формой обучения на III, IV или V курсе. Дисциплины является одними из завершающих в цикле общих профилирующих дисциплин, обеспечивающих подготовку на современном уровне квалифицированного специалиста. Изучению данных дисциплин предшествует цикл общеинженерных и общетехнических дисциплин. Они является базовыми для дисциплин специализации.

Дисциплины «Основы технологии силикатов» и «Основы технологии художественной обработки силикатных материалов» дают знания об основных технологических процессах в производстве силикатных материалов, а также о перспективах использования различного вида силикатных материалов

В данном курсе изучаются вопросы, связанные с видами сырьевых материалов для получения стекла, керамики, вяжущих материалов и бетонов, требованиями к ним и даются основные технологические схемы их производства.

Приводятся сведения о видах изделий из стекла, керамики и бетона, разновидностях вяжущих материалов, дается представление о качестве и свойствах этих материалов, оцениваются их технико-экономических показатели.

Методические указания включают в себя краткое содержание курса, контрольные работы по курсу «Основы технологии силикатов» и по курсу «Основы технологии художественной обработки силикатных материалов», тесты для проверки и закрепления знаний, методические указания к лабораторным работам и список рекомендуемой литературы.

Для выполнения контрольных работ необходимо использовать как рекомендованную литературу, так и материалы лекций.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСУ

Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЯ СТЕКЛА И СИТАЛЛОВ

Общие свойства стекла. Необходимо уяснить характерные особенности стекловидных материалов как аморфных изотропных веществ. Следует иметь общие представления о строении стекла,

Свойства стекломассы и стекла. К ним относятся вязкость стекла, кристаллизационная способность, поверхностное натяжение, механические свойства, термические свойства, оптические свойства, химическая стойкость. Необходимо уяснить, что вязкость и поверхностное натяжение играет важную роль на всех этапах варки и выработки стекла.

К механическим свойствам относят плотность стекла, механическая прочность и хрупкость, удельная ударная вязкость. Термические свойства характеризуются коэффициентом термического расширения, который обусловливает термостойкость стекол и возможность их спайки с керамикой, металлами, другими стеклами. Кроме того, важными характеристиками стекол являются теплоемкость и теплопроводность. Оптические свойства стекла зависят от поглощения и пропускания света, на них влияют процессы окрашивания, глушения и обесцвечивания стекол. От химической стойкости зависит долговеч-

ность изделий из стекла. На свойства стекла и стекломассы влияет состав шихты, строение пространственного каркаса, температура.

Составы промышленных стекол. В зависимости от назначения стекло подразделяют на строительное, техническое и художественное.

Следует знать, что в основу классификации по химическому составу положены важнейшие кислотные стеклообразующие оксиды ($Si0_2$, B_20_3, P_2O_5), в соответствии с этим стекла подразделяют на силикатные, боратные, фосфатные и т.п. Основой для большинства промышленных изделий является пятикомпонентная система SiO_2-Al_2O_3-CaO-MgO-Na_2O. Современные стекла для промышленных изделий содержат 5-7 компонентов, а специальные стекла - более 10.

Сырьевые материалы и составление шихты. В результате изучения этой темы необходимо ознакомится с видами сырьевых материалов, служащих для введения в стекломассу важнейших оксидов. Необходимо обратить внимание на разделение сырьевых материалов на главные и вспомогательные, усвоить требования, предъявляемые к шихте и знать оборудование для ее приготовления.

Теоретические основы стекловарения. При варке стекла происходят физические изменения компонентов шихты и химические реакции стеклообразования. Весь процесс варки делят на пять стадий: силикатообразование, стеклообразование, гомогенизация, осветление и студка. Главным фактором ускорения процесса стекловарения является повышение температуры варки. Кроме того, на процесс стеклообразования влияют другие факторы: химический и гранулометрический состав шихты и ее компонентов, вид сырьевых материалов, однородность шихты, введение ускорителей. Осветлители и их роль в получении качественной стекломассы. Студка и ее роль в подготовке стекломассы к выработке. При неправильном проведении варки или выработки стекла возникают пороки стекломассы. Причины их появления и меры предупреждения. Газовые, стекловидные и кристаллические пороки. Использование пороков в художественных изделиях.

Печи для варки стекла. Варка стекла происходит в стекловаренных печах. К ним относят горшковые и ванные печи. Наряду с изучением конструкций пламенных печей следует ознакомиться с конструкциями электрических ванных печей, а также с газоэлектрическими печами. Следует отметить, что художественные стекла, особенно цветные, чаще всего варят в горшковых печах.

Теоретические основы формования стеклоизделий. При изучении процесса формования необходимо повторить основные положения о вязкости силикатных расплавов: характер изменения вязкости в зависимости от температуры, значения вязкости в интервале выработки. Необходимо обратить особое внимание на роль поверхностного натяжения. Режим формования должен обеспечить в этом интервале возможно максимальную скорость охлаждения, которая, в свою очередь, определяется теплоемкостью, теплопроводностью, лучепрозрачностью и излучательной способностью стекла,

Существуют следующие способы формования стекла: вытягивание, прокатка, отливка, выдувание, прессование. Принцип выбора того или иного способа формования стеклоизделий зависит от реологических свойств стекломассы и вида изделий. Для каждого способа формования характерно своё оборудование.

Отжиг стекла. При нагревании или охлаждении стекла вследствие неравномерности температурного поля в объеме изделия возникают напряжения. Напряжения, остающиеся в стекле после выравнивания температуры, называют постоянными или остаточными. Для их снятия необходима дополнительная тепловая обработка - *отжиг стекла,* в процессе которого происходит не только ослабление и снятие напряжений, но и изменение структуры и свойств стекла, обусловленное стабилизацией структуры и переходом её в равновесное состояние. Процесс отжига включает: нагрев (или охлаждение) изделия до температуры отжига; выдержку при этой температуре; охлаждение по заданному режиму до низшей температуры отжига, предохраняющее стекло от возникновения оста-

точных напряжений, превышающих допустимые, и быстрое охлаждение до комнатной температуры.

Закалка стекла. Закалка это процесс создания в стекле постоянных внутренних напряжений путем быстрого охлаждения стекла от температуры, превышающей температуру стеклования на 80-100^{0}С. Закаленные стекла имеют повышенную механическую прочность, термостойкость и безопасный характер разрушения.

Химическая обработка стекла. Надо знать, что метод термохимической обработки стекла повышает сопротивление стекла изгибу. Сущность его заключается в комбинации закалки стекла и защите поверхности кремнийорганической пленкой. Для термической и химической обработки стекла используется специальное оборудование.

Основы получения листового стекла. Механизированное производства листового стекла можно осуществить способом лодочного и безлодочного вытягивания и способом проката, а полированного листового стекла – способом плавающей ленты.

Одной из основных задач в области производства листового является дальнейшее совершенствование способа безлодочного вытягивания, обеспечивающего лучшее качество стекла, существенное повышение производительности, а также экономию сырьевых материалов, содержащих щелочи.

Наиболее современным способом является формования непрерывной ленты стекла, движущейся по расплавленному металлу (термическое формование).

Необходимо также ознакомиться с технологией изготовления армированного и узорчатого стекла путем непрерывного проката, а также изучить получение витринного и листового декоративного стекла.

Производство технического и строительного стекла. Отдельное место занимают технологические процессы получения стеклянных строительных блоков, ковровомозаичной плитки, профильного и некоторых других видов архитектурно-строительного стекла. Важно знать области применения этих стекол, предъявляемые к ним требования, составы стекол, методы формования, технологическое оборудование и параметры производства.

Производство стеклянных труб и стекловолокна. Изучая этот раздел, надо ознакомиться с различными методами производства стеклянных труб и стекловолокна и знать области их применения.

Производство полого стекла и художественных изделий из стекла. В этом разделе необходимо изучить способы формования, составы стекол и основное оборудование для изготовления тарных изделий, сортовой посуды, хрусталя и художественных изделий из стекла. Особое внимание следует уделить методам декорирования изделий. К способам механической обработки относят: шлифование, гранение, гравирование, матирование, пескоструйное декорирование. По мимо этого существуют огненное и химическое полирование изделий.

Основы технологии художественных эмалей. Эмаль — это стеклообразный сплав, содержащий ряд компонентов, входящих в состав стекла. Эмаль наносят на поверхность изделий в тонкоизмельченном состоянии и она закрепляется посредством обжига при высоких температурах в виде прочного и тонкого покрытия. Эмали получают путем сплавления при высоких температурах (1250— 1400° С) специально подобранных шихтовых материалов – горных пород (кварцевый песок, глина, мел, полевой шпат) с плавнями (бура, сода, поташ) и вспомогательных веществ. К вспомогательным веществам относят: 1) оксиды для улучшения сцепления эмали с поверхностью металла (NiO, CoO); 2) глушители для получения непрозрачного состояния (TiO_2, ZrO_2, SnO_2, фториды и др.); 3) красители для придания эмали желаемого цвета. Наибольшее значение для художественных эмалей имеют следующие технологические свойства: термомеханические – плавкость эмали, которую характеризует вязкость эмалевого расплава (термопластичность), поверхностное натяжение, термическое расширение, кристаллизационная способность; механические – прочность сцепления, твердость, упругость; химические – химическая ус-

тойчивость.

Шлакоситаллы и декоративных ситаллов. Ситаллы - это поликристаллические материалы, получаемые из стекла путем направленной кристаллизации и характеризуютщиеся тонкозернистым строением и повышенными, по сравнению со стеклом, физическими (например, механическими) и химическими свойствами. Кристаллизация стекол. Гомогенный и гетерогенный механизм образования центров кристаллизации. Спонтанная и катализированная кристаллизация. Ликвация стекол. Типы ситаллов. Строение и свойства щлакоситаллов и декоративных ситаллов.

Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Классификация керамических материалов. Керамические материалы подразделяют по плотности, по строению и области применения. Виды строительной, хозяйственно-бытовой, технической и художественной керамики и огнеупоров. Гетерогенные системы, кристаллическая и стекловидная фаза керамики. Особенности строения и свойства. Макро- и микроструктура керамики.

Свойства керамических и огнеупорных материалов. Совокупность свойств керамического материала определяет возможность его использования в той или иной отрасли промышленности или науки. В то же время для, керамических материалов характерны некоторые физико-механические свойства**,** общие для всех материалов, **не**обходимые и достаточные для классификации материала именно как керамического. К таким свойствам относятся: микроструктура, пористость (водопоглощение), механическая прочность, точность формы и размера. Особо следует отметить влияние свойств керамических изделий на эстетико-потребительские свойства художественных изделий.

Для некоторых специальных целей службы керамических материалов необходимо знать их специфические свойства, такие как теплофизические, химические и электрические, а также зависимость этих свойств от технологических параметров производства. Следует также ознакомиться с требованиями к различным керамическим и огнеупорным материалам.

Сырьё для керамических изделий. Традиционная строительная керамика использует в качестве сырья глины различного минералогического и химического состава, либо в качестве основного компонента (производство кирпича, черепицы и др.), либо в сочетании с отощителями и плавнями (производство некоторых видов строительной и тонкой керамики).

Для производства художественных изделий, фарфора и фаянса используются специальные виды глинистого сырья, а для технической керамики используются высокочистое сырьё, полученное с помощью химических способов обогащения. Для придания изделиям определенной цветовой гаммы используют красители и пигменты.

Необходимо изучить роль основных сырьевых, компонентов в образовании структуры керамического черепка и требования к сырью. Следует обратить особое внимание на классификацию глинистого сырья по огнеупорности, минералогическому, гранулометрическому и химическому составу, пластичности и связующей способности, наличию вредных примесей и др.

Основные процессы в производстве керамических материалов. Как уже было отмечено, керамика как наука характеризуется совершенно определенной последовательностью технологических переделов, независимой от вида получаемого материала.

Добыча и переработка сырья. Минеральные сырьевые компоненты, используемые в керамической промышленности, являются неорганическими, неметаллическими материалами, образовавшимися в результате сложных геологических и физико-химических процессов. Поэтому их минералогический и химический состав зависит от месторождения, условий и глубины залегания.

Необходимо изучить способы добычи керамического сырья, достоинства и недостатки этих способов, а также знать способы переработки и обогащения сырья, процессы, происходящие при этом и их влияние на дальнейшее поведение шихты.

Смешение компонентов. Каждый вид керамических изделий характеризуется своим составом шихты. Особые требования по составу шихты и её качеству предъявляют при изготовлении тонкостенной керамики, фарфора и художественной керамики. Шихты, используемые для получения керамических изделий, характеризуются не только размерами частиц, но и их распределением по размерам.

Следует обратить внимание на способы смешения компонентов, с целью получения масс с минимальной пористостью, процессы, происходящие при этом, оборудование, используемое для измельчения и смещения масс.

Формование изделий. Для получения изделий керамическому материалу необходимо тем или иным способом придать специфическую форму с определенными размерами и допусками.

В технологии керамики и огнеупоров различают три основных метода формования: полусухое прессование, пластическое формование и шликерное литье. Для изготовления художественных изделий кроме того используют ручную лепку, жгутиковую лепку и формование изделий на гончарном круге.

Полусухое прессование применяется для получения кирпича, керамических плиток всех видов, огнеупорных изделий и некоторых видов технической керамики простой формы.

Пластическое формование является основным способом получения изделий строительной, в особенности стеновой керамики (различные виды кирпича и блоков), а также не которых видов тонкой керамики (например, изделия из фарфора и фаянса).

Шликерное литье используется при получении разнообразных изделий технической керамики, изделий сложных по форме, санитарно-технических изделий, посуды и художественных изделий (вазы, статуэтки и т.д.).

Каждый из этих методов имеет свои особенности формования керамических материалов. Необходимо обратить внимание на поведения керамических масс и процессы, происходящие при формовании, а также на используемое оборудование.

Сушка керамических изделий. Керамические изделия, отформованные любым указанным выше способом, всегда содержат определенное количество влаги или иной технологической связки, требующей удаления. При этом происходят сложнее физико-механические процессы, обусловленные удалением технологической связки и усадкой изделия.

Сушка является важнейшим технологическим переделом, в огромной степени влияющим на дальнейшую судьбу керамического изделия. Поэтому знание основ теории сушки является необходимым аспектом при изучении технологии керамики. Весь процесс сушки делится на три этапа: нагрева материала, постоянной скорости сушки и падающей скорости сушки. Различные виды керамических изделий имеют свои особенности сушки. На процессы сушки оказывают большое влияние сушильные свойства глин. Надо отметить и влияние на скорость сушки таких факторов как влажность сырца и его геометрические размеры, а также знать, какие типы сушил используются в керамической промышленности при сушке.

Процессы спекания и обжиг керамических изделий. Обжиг керамических изделий является завершающим этапом керамической технологии. При обжиге происходит формование керамического черепка и протекают наиболее сложные физико-химические процессы, определяющие все свойства керамического материала во время его последующей службы.

Химизм конкретных процессов, протекающих при обжиге керамики различных типов, весьма разнообразен. При обжиге протекают реакции термического разложения некоторых исходных сырьевых компонентов, химические реакции между компонентами массы

(например, реакции синтеза), окислительно-восстановительные реакции, а также физические процессы модификационных превращений, процессы растворения в расплаве кристаллических фаз с последующей их кристаллизацией.

Необходимо знать, что процессы спекания, протекавшие при обжиге строительной и художественной керамики, характеризуются механизмом "жидкостного спекания", в то время как для большинства видов технической керамики из чистых оксидов характерен механизм "твердофазового спекания". Необходимо также помнить, что основные свойства керамики на основе глинистого сырья определяются количеством муллита ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), образующегося в процессе обжига.

Для обжига керамических изделий используют кольцевые и туннельные печи. Для обжига отдельных художественных изделий можно использовать муфельные печи.

Декорирование керамических изделий. Декорирование осуществляют декалькоманией, печатью, аэрографией, шелкографией, штампом, отводкой, ручной раскраской, золочением, а также цветными глазурями и люстрами.

Наиболее распространенным способом декорирования строительной и некоторых видов декоративной керамики является глазурование керамических изделий. Глазурь — это стекловидное покрытие на керамике, защищающее ее от внешних воздействий и служащее одновременно украшением. Современные промышленные глазури обычно бесцветны и прозрачны (например, на фарфоровой посуде) или окрашены и непрозрачны (на кафельной плитке). Для получения глазурей используют шихту, содержащую кварцевый песок, поташ, буру и оксид свинца, красящие оксиды металлов. При использовании прозрачных глазурей их часто нанося на ангоб. Ангоб – тонкий слой белой или цветной глины, наносимой на поверхность керамического изделия до обжига. Служит для сокрытия неровностей или цвета черепка.

Декорирование изделий в зависимости от их назначения и вида декоров производят либо до политого обжига либо после. Для декорирования применяют керамические краски - смеси окрашенных соединений (пигментов) со специальными плавнями. Различают краски - подглазурные и надглазурные. Первые наносят на изделие до глазурования и обжига, вторые - на глазурованное обожженое изделие и закрепляют обжигом в муфельных или электропечах при 600-900^{0}С.

Основы производства керамических изделий. Так как для каждого вида керамических изделий существует своя технология, то следует обратить внимание на основы производства самых распространенных керамических материалов: кирпича методом пластичного и полусухого прессования, керамической плитки, сантехнических изделий, изделий из фаянса, фарфора, майолики и т.д.

Раздел 3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

Классификация минеральных вяжущих веществ. К минеральным вяжущим веществам относят воздушные вяжущие вещества, гидравлические вяжущие вещества, вяжущие автоклавного твердения, кислотоупорные вяжущие. Классификация цементов по ГОСТ. История и перспектива развития производства вяжущих материалов и изделий на их основе.

Сырьевые материалы. К сырьевым материалам для производства минеральных вяжущих относят карбонатные породы, глинистые породы, корректирующие добавка, активные минеральные добавки, гипсосодержащие породы и техногенные материалы. Требования, предъявляемые к сырьевым материалам. Топливо в промышленности вяжущих материалов.

Основные технологические процессы получения минеральных вяжущих.

Добыча и транспортировка сырья. Разработка карьеров сырья. Особенности добычи мягких и твердых пород. Гидромеханический способ добычи. Доставка сырья с карьера на завод.

Дробление. Цели дробления. Степень измельчения. Способы измельчения, реализуемые в дробилках различного типа. Выбор дробилок в соответствии со свойствами измельчаемых материалов. Многоступенчатое дробление с промежуточной классификацией.

Сушка и помол. Цель сушки. Способы сушки. Принципы действия сушильных установок. Сочетание сушки с дроблением. Динамика тонкого измельчения материалов. Совмещение сушки и помола. Измельчение материалов в шаровых мельницах. Сухой и мокрый помол сырьевой шихты. Открытый и замкнутый циклы помола. Мельницы самоизмельчения. Мельницы ударного и раздавливающего действия. Особенности измельчения мягких материалов.

Переработка и хранение шламов и порошков. Способы усреднения состава сырьевых смесей. Свойства шламов и порошков. Транспортирование шламов и порошкообразных материалов. Особенности гомогенизации и хранения сырьевой шихты и шламов. Обеспыливание пылегазовых смесей.

Обжиг вяжущих материалов. Дегидратация двуводного гипса. Теоретические основы обжига карбонатных пород. Физико-химические основы обжига портландцементного клинкера. Тепловые агрегаты для получения гипсовых вяжущих и извести. Печи для обжига портландцементного клинкера. Вращающиеся печи. Внутрипечные и запечные теплообменные устройства, футеровка печей. Интенсификация процессов обжига. Охлаждение обожженных материалов.

Производство воздушных вяжущих материалов. Гипсовые вяжущие вещества. Номенклатура. Технологические схемы получения низкообжиговых и высокообжиговых гипсовых вяжущих. Твердение низкообжиговых гипсовых вяжущих, их свойства и области применения. Твердение, свойства и применение высокообжиговых гипсовых вяжущих. Композиционные гипсовые вяжущие. Известь строительная. Разновидности строительной извести, ее состав. Технологические схемы производства строительной извести. Гашение извести в пушонку и тесто. Твердение извести при обычной температуре. Свойства и применение строительной извести. Известково-кремнезёмистые вяжущие. Физико-химические процессы, происходящие при автоклавном твердении известково-кремнеземистых вяжущих. Технологические схемы производства силикатного кирпича и силикатных блоков.

Портландцемент.

Химико-минералогический состав клинкера. Влияние химического состава на свойства портландцемента. Основные клинкерные минералы. Алит. Белит. Трехкальциевый алюминат. Алюмоферриты кальция. Их роль в формировании основных свойств портландцемента. Коэффициент насыщения, алюминатный и силикатный модули. Вещественный состав портландцемента.

Основы технологии портландцемента. Выбор способа производства портландцемента. Приготовление сырьевых смесей по сухому и мокрому способам. Особенности их обжига. Помол, упаковка и отгрузка портландцемента. Влияние тонкости помола на качество портландцемента. Сравнительные технико-экономические показатели. Комбинированный способ производства. Перспективы развития цементного производства.

Твердение портландцемента. Взаимодействие клинкерных минералов с водой. Особенности гидратации алита, белита, алюминатов и алюмоферритов кальция. Влияние гипса на процесс гидратации. Факторы, определяющие скорость гидратации зерен цементного порошка, физико-химические процессы, протекающие при схватывании и твердении цемента. Современная теория твердения портландцемента. Строение цементного камня.

Строительно-технические свойства портландцемента. Плотность, тонкость помола, водопотребность, прочность, сроки схватывания, равномерность изменения объема,

усадка и набухание цементного камня, морозостойкость, тепловыделение, огнестойкость и жаростойкость.

Специальные цементы.

Разновидности портландцемента. Состав, строительно-технические свойства, особенности производства. Быстротвердеющий и высокопрочный портландцемент. Сульфатостойкий портландцемент. Портландцементы с поверхностно-активными добавками и др. Декоративные портландцементы. Их виды. Требования к сырьевым материалам и сырьевой смеси и особенности технологии. Пигменты.

Многокомпонентные цементы. Классификация добавок. Роль активных минеральных добавок. Портландцемент с минеральными добавками. Пуццолановый портландцемент. Особенности состава, свойства, применение. Виды шлаков и их состав. Грануляция шлаков. Шлакопортландцемент. Шлаковые цементы. Состав, свойства, особенности применения. Вяжущие низкой водопотребности и композиционные вяжущие.

Алюминатные цементы и расширяющиеся цементы. Сырьевые материалы для изготовления алюминатного цемента. Химико-минералогический состав. Влияние на выбор способа получения цемента химического состава бокситов. Получение алюминатного цемента методом спекания и методом плавления. Гидратация и твердение алюминатного цемента. Его свойства и области применения. Механизм расширения цементного камня. Водонепроницаемый расширяющийся цемент: состав, свойства, область применения. Гипсоглиноземистый расширяющийся цемент. Расширяющийся портландцемент: состав, свойства, сфера использования. Напрягающий цемент: состав, свойства, применение.

Раздел 4. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ И СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Общие сведения о бетонах. Классификация бетонов. Требования, предъявляемые к материалам для изготовления бетонных и железобетонных изделий. Вяжущие материалы. Заполнитель крупный (щебень, гравий). Заполнитель мелкий (песок), Вода Химические добавки. Арматура.

Виды бетонных смесей и их свойства. Однородность. Вязкость. Водоудерживающая способность. Удобоукладываемость. Подвижность. Водопотребность.

Свойства бетонов. Прочность и марка бетона. Пористость бетона. Трещиностойкость. Ползучесть. Усадка и набухание. Водонепроницаемость. Морозостойкость. Огнестойкость и жаростойкость.

Коррозия портландцементных растворов и бетонов и борьба с ней. Причины физической и химической коррозии бетона. Виды химической коррозии: выщелачивание, общекислотная, углекислая, сульфатная, магнезиальная. Мероприятия для предотвращения вредного воздействия коррозии на бетон.

Бетонные смеси и технология их приготовления. Подготовка материалов к приготовлению бетонной смеси. Приготовление бетонной смеси. Дозирование материалов. Приготовление однородной смеси (перемешивание). Виды бетоносмесителей. Особенности транспортирования бетонной смеси. Вертикальная и партерная схемы бетоносмесительных узлов. Их преимущества и недостатки.

Армирование железобетонных изделий. Основные цели и виды армирования. Арматура. Напряженное армирование. Способы натяжения арматуры.

Формование изделий. Подготовка форм. Укладка бетонной смеси. Способы уплотнения бетонных смесей в зависимости от их консистенции и вида изделий, Формование и уплотнение на виброплощадках, внутренними вибраторами, поверхностными вибраторами. Формование прессованием, прокатом, трамбованием, центрифугированием, вибропрессованием. Влияние способа формования на структуру и свойства формуемых изделий.

Тепловлажностная обработка изделий. Влияние тепловлажностной обработки на процессы твердения цемента, структуру цементного камня и физическую структуру бетона. Виды тепловлажностной обработки. Пропаривание при атмосферном давлении. Установки для тепловлажностной обработки изделий. Ямные камеры пропарочные камеры. Вертикальные пропарочные камеры. Щелевые и туннельные камеры. Контактный обогрев. Виды теплоносителей. Особенности применения, достоинства и недостатки контактного обогрева. Горячее формование. Основные преимущества электропрогрева и его отрицательные свойства. Автоклавная обработка. Три стадам автоклавной обработки. Физико-химические процессы, происходящие в автоклаве. Режимы автоклавной обработки для различных видов бетонов. Зависимость конечной прочности автоклавного бетона от вида вяжущего. Обогрев лучистой энергией. Твердение железобетонных изделий в электромагнитном поле тока.

Отделка железобетонных изделий. Отделка железобетонных конструкций в процессе формования и после твердения бетона. Организация контроля качества железобетонных изделий на заводах.

Технология изготовления железобетонных изделий и конструкций. Стендовый способ. Виды стендов и технология изготовления на них изделий. Кассетный способ производства как разновидность стендового. Его характерные особенности, преимущества и недостатки. Поточно-агрегатный способ. Основные посты линии и операции, которые на них производят. Обеспечение ритмичности работы линии. Конвейерный способ. Преимущества конвейерной технологии. Посты на конвейерной линии. Шаг конвейера. Ритм работы конвейера. Производство железобетонных труб. Схемы производства безнапорных и напорных железобетонных труб. Метод центрифугирования.

Особенности технологии декоративных бетонов. Виды декоративных бетонов. Фибробетон. Прозрачный бетон. Основы технологии изготовления художественных изделий из декоративных бетонов.

Особенности технологии изделий из легких бетонов. Заполнители для легких бетонов. Факторы, влияющие на прочность и среднюю плотность легких бетонов. Приготовление смесей для легких бетонов. Особенности уплотнения и тепловлажностной обработки бетонных смесей. Свойства легких бетонов на пористых заполнителях.

Ячеистые бетоны. Виды ячеистых бетонов. Технология получения пенобетона. Приготовление пенобетонных смесей. Формование изделий и их твердение. Технология получения газобетона. Химизм процесса вспучивания. Приготовление газобетонной смеси по литьевой и вибрационной технологиям. Формование и предварительная выдержка изделий из газобетона. Резательная технология. Автоклавная обработка изделий из ячеистых бетонов. Свойства ячеистых бетонов и область их применения.

Гипсовые изделия. Технология приготовления гипсовых изделий: гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, блоки, плиты, санитарно-технические кабины и др. Основы технологии художественных гипсовых изделий. Формование, твердение, сушка. Технология изготовления форм и моделей из гипса.

Сухие строительные смеси. Основные понятия и определения. Классификация сухих строительных смесей. Сырьевые материалы для их производства. Технология получения сухих строительных смесей. Свойства сухих строительных смесей. Следует учитывать, что свойства смесей в зависимости от из состояния бывают разные. Поэтому определяют свойства смесей в сухом состоянии, смесей готовых к употреблению и затвердевшего раствора.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

В соответствии с учебным планом студент должен выполнить одну контрольную работу, в которой необходимо полно и правильно ответить на все поставленные вопросы. **Номер варианта даётся преподавателем.**

При выполнении контрольного задания необходимо пользоваться как основной, так и дополнительной литературой.

При оформлении контрольной работы необходимо дать номер варианта и переписать все, указанные в контрольной работе вопросы, и только потом привести ответы на них, под соответствующим вопросу номером.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине для студентов специальности «Химическая технология ТНиСМ» и направления «Химическая технология»

Вариант 1

1. Силикатный и глиноземистый модули портландцементного клинкера. Их значения. Смысл коэффициента насыщения.

2. Классификация известковых вяжущих веществ. Требования к сырьевым материалам, теоретические основы обжига.

3. Способы формования стеклоизделий. Роль вязкости в процессе формования стеклоизделий.

4. Пороки стекла и причины их возникновения на разных стадиях процесса варки стекла.

5. Технологические характеристики способов формования керамических масс.

Вариант 2

1. Гидратация минералов портландцементного клинкера. Твердение портландцемента.

2. Шлакопортландцемент. Технология производства, свойства, области применения.

3. Технология изготовления оконного стекла безлодочным способом.

4. Состав масс для производства фарфора и фаянса, схемы их подготовки.

5. Теоретические основы сушки керамических изделий.

Вариант 3

1. Классификация вяжущих материалов.

2. Активные гидравлические добавки, их классификация и роль в твердении портландцемента и пуццолановых цементов.

3. Виды безопасных стёкол и способы их производства.

4. Физико-химические основы процессов осветления и гомогенизации стекломассы.

Сырьевые материалы, применяемые для производства строительной керамики и их подготовка.

Вариант 4

1. Технология изготовления известковых вяжущих веществ. Теоретические основы обжига известняка.

2. Технология производства портландцемента по сухому способу.

3. Технология изготовления оконного стекла лодочным способом.

4. Технология производства прессованных облицовочных плиток.

5. Роль отощающих добавок в технологии производства керамических изделий. Виды плавней и их роль в формировании структуры керамических материалов.

Вариант 5

1. Технология изготовления низкообжиговых гипсовых вяжущих материалов в варочных котлах

2. Химический и минералогический составы цементного клинкера.

3. Технология производства стеклоблоков и стеклопрофилита.

4. Виды строительных и архитектурно-строительных стекол.

Технология изготовления глиняного кирпича способом полусухого прессования.

Вариант 6

1. Теоретические основы обжига двуводного гипса; виды гипсовых вяжущих и их основные свойства.

2. Сырьевые материалы, применяемые для производства минеральных вяжущих веществ.

3. Виды стекловаренных печей. Стадии процесса варки стекла в горшковых печах.

4. Технология производства глиняного кирпича пластическим способом.

5. Классификация керамических материалов. Виды строительной керамики.

Вариант 7

1. Основы технологии глиноземистого цемента.

2. Разновидности портландцементов. Цементы быстротвердеющий и высокопрочный.

3. Стадии процесса варки стекломассы в ванных печах.

4. Ситаллы их структура, технология производства, основные свойства.

5. Физико-химические основы процесса обжига изделий строительной керамики.

Вариант 8

1. Физико-химические процессы клинкерообразования, протекающие во вращающейся печи при мокром и сухом способе производства портландцемента.

2. Технология изготовления известково-песчаных изделий (силикатный кирпич и силикатные бетоны).

3. Технология изготовления листового полированного стекла.

4. Технология приготовления керамических масс из сухих порошков.

5. Способы формования, применяемые при производстве керамических изделий и их характеристики.

Вариант 9

1. Технология изготовления и свойства пуццолановых портландцементов.

2. Получение низкообжиговых гипсовых вяжущих.

3. Сырьевые материалы стекольного производства. Классификация, основные характеристики и влияние на свойства стекол.

4. Физико-химические основы процесса варки стекломассы. Реакции силикатообразования и стеклообразования.

5. Технология производства лицевого кирпича и лицевых керамических камней.

Вариант 10

1. Технология производства портландцементного клинкера по мокрому способу.

2. Гашение извести. Теоретические основы процесса гашения. Виды гашеной извести. Технология гашения.

Основы процесса отжига и закалки стеклоизделий.

4. Технология изготовления облицовочных фаянсовых плиток.

5. Физико-химические основы процесса обжига изделий строительной керамики.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине для студентов специальности и направления «Технология художественной обработки»

Вариант 1

1. Классификация стеклоизделий. Художественное стекло и его свойства.

2. Состав масс для производства фарфора и фаянса, схемы их подготовки.

3. Производство гипсовых вяжущих в гипсоварочных котлах. Изобразите схематически и опишите технологическую схему получения гипса в гипсоварочных котлах.

4. Сырьевые материалы для производства портландцемента. Дать краткие характеристики используемых карбонатных и глинистых пород, корректирующих добавок. Какие отходы промышленности могут использоваться в качестве сырьевых материалов. Топливо, используемое в цементной промышленности.

5. Свойства бетонных смесей.

Вариант 2

1. Производство архитектурно-строительного стекла.

2. Классификация керамики и свойства керамических материалов.

3. Производство гипса во вращающихся печах. Изобразите схематически и опишите технологическую схему получения гипсовых вяжущих во вращающихся печах.

4. Химико-минералогический состав портландцементного клинкера. Вещественный состав портландцемента. Для чего в состав цемента вводят гипс.

5. Материалы для изготовления бетонных и железобетонных изделий (вяжущие, заполнители, вода, виды арматуры). Виды химических добавок для бетона.

Вариант 3

1. Виды стекловаренных печей. Особенности их работы.

2. Глазурование керамических изделий. Составы глазурей и методы их подбора.

3. Получение высокопрочного низкообжигового гипса.

4. Изобразите и опишите принципиальную схему приготовления сырьевой смеси для получения портландцементного клинкера по мокрому способу производства.

5. Декоративные бетоны. Основы технологии и области применения.

Вариант 4

1. Стеклообразное состояние вещества. Классификация стекол. Основные физико-химические свойства стекол.

2. Особенности обжига художественных изделий. Декорирование керамических

изделий.

3. Строительно-технические свойства низкообжиговых гипсовых вяжущих. Недостатки гипсовых вяжущих. Применение гипсовых вяжущих.

4. Виды декоративных цементов. Особенности технологии, составы, свойства и области применения.

5. Фибробетон. Основы технологии, виды фибры, возможности использования его для получения декоративных изделий.

Вариант 5

1. Сырьевые материалы в производстве художественного стекла. Главные и вспомогательные материалы.

2. Теоретические основы обжига керамических изделий. Особенности обжига художественных изделий.

3. Производство гипсовых вяжущих при совместном помоле и обжиге. Изобразите схематически и опишите технологическую схему получения гипса при совместном помоле и обжиге.

4. Изобразите и опишите принципиальную схему приготовления сырьевой смеси для получения портландцементного клинкера по сухому способу производства.

5. Основные способы производства бетонных и железобетонных изделий.

Вариант 6

1. Основы технологии художественных эмалей. Понятие эмаль. Основные технологические свойства эмалей.

2. Производство фасадной плитки.

3. Виды строительной воздушной извести. Классификация извести. Технические требования к извести. Сырье для получения извести и процессы, протекающие при нагревании карбонатных пород.

4. Обжиг клинкера. Какие печи используются для обжига клинкера. Их устройство.

5. Приготовление бетонных смесей. Оборудование для перемешивания подвижных и жестких бетонных смесей.

Вариант 7

1. Способы формования и обработки художественного стекла. Стадии и разновидности формования.

2. Сырьевые материалы, применяемые в керамическом производстве. Особенности требований для художественных керамических изделий.

3. Изобразите схематически и опишите принципиальные технологические схемы получения негашеной извести с использованием шахтных и вращающихся печей. Преимущества и недостатки обжига в шахтных и вращающихся печей.

4. Белый цемент. Особенности технологии, состав и свойства.

5. Технология изготовления декоративных бетонных плит для дорожного покрытия. Технология пресс-бетона.

Вариант 8

1. Стадии процесса варки стекломассы в ванных и горшковых печах.

2. Технология производства майоликовых и фаянсовых плиток для облицовки стен.

3. Гашение извести. Реакции гашения. От чего зависит расход воды и выход гидратной извести при гашении. Изобразите схематически и опишите технологию получения гидратной извести – пушонки.

4. Строительно-технические свойства и применение портландцемента.

5. Прозрачный бетон. Основы получения и области применения.

Вариант 9

1. Осветление стекломассы. Осветлители и их роль в получении качественной стекломассы. Пороки стекломассы. Причины их появления и меры предупреждения. Использование пороков в художественных изделиях.

2. Основные способы производства художественных керамических изделий. Красители и пигменты, применяемые в керамическом производстве.

3. Изобразите схематически и опишите технологию гашения извести в тесто. Свойства и применение строительной извести.

4. Помол портландцемента. Виды цементных мельниц и режим их работы. Классификация активных минеральных добавок, вводимых в портландцемент.

5. Армирование железобетонных изделий. Цели и способы армирования и напряжения арматуры.

Вариант 10

1. Окрашивание стекла. Красители. Способы получения цветного стекла. Сортовое стекло. Виды изделий и способы производства.

2. Технология изготовления облицовочных плиток.

3. Теоретические основы обжига двуводного гипса; виды гипсовых вяжущих, их основные свойства и применение.

4. Цветные цементы. Особенности технологии, составы и свойства.

5. Многокомпонентные вяжущие (шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемента, ВНВ). Свойства, состав, получение и области применения.

ТЕСТЫ К КУРСУ

1. Среди приведенных свойств материала укажите те, которые характеризуют его как стекло:

1 – механическая прочность, нормальная густота, сроки схватывания;

2 – микроструктура, пористость, механическая прочность, точность форм;

3 – пластичность, пористость, аморфная фаза в сочетании с газообразной фазой;

4 – аморфная фаза, хрупкость, механическая прочность, твердость.

2. Среди приведенных веществ укажите главные стеклообразователи

1 – SiO_2 ; 2 – CaO; 3 - Al_2O_3; 4 - CaF_2.

3. Для каких целей в состав стекольной шихты или стекломассы подается стекольный бой

1 – для ускорения варки стекла;

2 – для получения цветных стекол;

3 – для обесцвечивания стекла;

4 – для упрочнения стекла.

4. Устранение или ослабление термоупругих напряжений в стекле достигается

1 – гомогенизацией стекломассы;

2 – отжигом стекла;

3 – закалкой стекла;

4 – студкой стекломассы.

5. В результате нагревания в шихте сначала образуются
1 – силикаты и стекломасса одновременно;
2 – стекломасса потом силикаты;
3 – силикаты потом стекломасса;

6. С какой целью в производстве керамических изделий применяются отощающие материалы:
1 – для снижения себестоимости изделий;
2 – для снижения температуры спекания;
3 – для уплотнения керамического черепка;
4 – для снижения усадки керамического черепка.

7. Среди приведенных материалов укажите плавни:
1 – кварциты;
2 – золы-уноса ТЭС;
3 – стеклянный бой;
4 – кварцевый песок.

8. Для чего осуществляется сушка сырца:
1 – для облегчения процесса обжига;
2 – для экономии топливно-энергетических ресурсов;
3 – для удаления из изделий механически примешанной воды с целью придания им прочности;
4 – для снижения набухания глин и их прогрева.

9. Среди приведенных свойств материала укажите те, которые характеризуют его как керамический:
1 – механическая прочность, нормальная густота, сроки схватывания;
2 – микроструктура, пористость, механическая прочность, точность форм;
3 – пластичность, пористость, аморфная фаза в сочетании с газообразной фазой;
4 – аморфная фаза, хрупкость, механическая прочность, твердость.

10. Какие керамические материалы относятся к огнеупорным:
1 – с высокой кислотоустойчивостью;
2 – с температурой огнеупорности выше 1570^{o}С;
3 – с низкой пористостью черепка;
4 – с температурой спекания выше 1400^{o}С.

11. Какое вяжущее относится к гидравлическим:
1 - известь строительная;
2 - магнезиальные вяжущие;
3 - глиноземистый цемент;
4 - строительный гипс.

12. Каково максимально допустимое содержание доменного гранулированного шлака в шлакопортландцементе согласно ГОСТ:
1 - 20 %
2 - 60 %
3 - 40 %
4 - 80 %

13. Для чего в состав цемента при помоле вводят двуводный гипс:
1 - для экономии клинкера;
2 - для регулирования схватывания;
3 - для ускорения твердения;
4 - для ускорения схватывания.

14. Какой шлак используется для производства шлаковых вяжущих:
1 – отвальный;
2 - вид шлака не имеет значения;
3 - предварительно закристаллизованный;
4 – гранулированный.

15. Какое количество трепела можно вводить в портландцемент без изменения его названия:

1 - до 5%; 3 - до 10%;
2 - до 20%; 4 - без ограничения.

16. Термообработка двуводного гипса при температуре 140-160^{0}С приведет к образованию:

1 - эстрих-гипса; 3 - ангидрита:
2 - β-полугидрата; 4 - термической диссоциации не произойдет.

17. Какие материалы используются для получения полуводного гипса:

1 - мел; 3 - природный гипс;
2- мергель; 4 - природный ангидрит.

18. Портландцементный клинкер получают обжигом при температуре:

1 - 1350 ^{0}С; 3 - 1550 ^{0}С;
2 - 1150 ^{0}С; 4 - 1450 ^{0}С.

19. При мокром способе производства портландцементный клинкер получают обжигом:

1 - в шахтных печах; 3 - в длинных вращающихся печах;
2 - в печах с конвейерным кальцинатором; 4 - в печах с декарбонизатором.

20. Тяжелый бетон имеет плотность:

1 - не менее 2500 кг/см^3; 3 - не менее 1800 и не более 2200 кг/см^3;
2 - не менее 2200 и не более 2500 кг/см^3; 4 - не менее 800 и не более 1800 кг/см^3.

21. При конвейерном способе производства чаще всего используют пропарочные камеры

1 - щелевые; 3 - вертикальные;
2 - ямные; 4 - туннельные.

22. Ритм работы конвейера зависит от времени нахождения ЖБ изделий на:

1 - посту распалубки изделий; 3 - посту укладки арматуры;
2 - в пропарочной камере; 4 - формовочном посту.

23. К стендовому способу производства относят:

1 - поточно-агрегатный; 3 - конвейерный;
2 - кассетный; 4 - 1 и 3.

24. Какие изделия делают на кассетных установках?

1 - плиты перекрытий; 3 - ригели;
2 - фундаментные блоки; 4 - межкомнатные перегородки.

25. В качестве заполнителя для мелкозернистых бетонов используют:

1 - гравий; 3 - щебень фракций 5-10 мм;
2 - песок; 4 - гальку.

.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Тема 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ СВОЙСТВ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Определение истинной плотности материалов

Плотность является одной из базовых характеристик всех материалов. В общем случае плотность определяется как отношение массы ко всему объему тела. Существуют также такие понятия, как истинная плотность, средняя плотность и насыпная плотность.

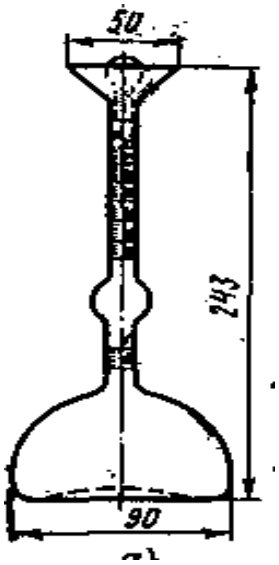

Рис. 1. Объёмомер Ле-Шателье

Плотность определяют с точностью до 0,01 г/см^3 с помощью объемомера Ле-Шателье. Результаты вычисляют как среднее из трех определений. Расхождение результатов отдельных опытов не должно превышать 0,02 г/см^3. Используемая жидкость не должна вступать в химическое взаимодействие с исследуемым материалом. Температура окружающей среды и воды должна соответствовать температуре калибровки прибора.

Истинная плотность – отношение массы материала к его объему в абсолютно плотном состоянии, т. е. без пор и пустот. Истинная плотность материала (г/см^3, кг/м^3, т/м^3) равна:

$$\rho_0 = m/V,$$

где **m** – масса материала, **V** – объем материала.

Ход работы. В объемомер наливают воду до риски в нижней части прибора. Уровень воды определяется по нижнему мениску. Для испытаний берут навеску 60-70 г порошка, которую взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г, и высыпают ее в воронку колбы небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости с нижней черты колбы не достигнет верхней черты, объем вытесненной жидкости при этом составляет не менее 20 см^3.

Результаты определения истинной плотности записывают по форме:
Название материала_____ Прибор_____
Жидкость_____ Масса навески m_1 = _____ г.
Остаток от навески m_2 = _____ г.
Масса порошка, погруженного в жидкость $m = m_1 - m_2$ = _____ г.
Объем вытесненной жидкости V = _____см^3
Истинная плотность $\rho_0 = m / V$ = _____ г/см^3 (кг/м^3).

1.2. Определение средней плотности материалов правильной геометрической формы

Средняя плотность - отношение массы материала к его объему в естественном состоянии, т. *е.* вместе с порами и пустотами. Средняя плотность материала (г/см^3, кг/,м^3, т/м^3) равна: $\rho_0 = m / V_1$,

где **m** – масса материала, V_1 – объем материала в естественном состоянии.

Большинство строительных материалов имеют поры. Чем их больше в единице объема материала, тем меньше его плотность. Для жидкостей и материалов, получаемых из расплавленных масс, средняя плотность по значению близка к истинной плотности.

Ход работы. Для определения средней плотности образцы материала изготовляют в форме куба, параллелепипеда или цилиндра. При этом для пористых материалов размеры образца кубической формы должны быть не менее 100х100х100 мм, а для плотных - не менее 40х40х40 мм. У цилиндрических образцов диаметр и высота должны быть соответственно не менее 70 и 40 мм. Предложенные образцы измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. После вычисления объема образец взвешивают с точностью до 0,1 г.

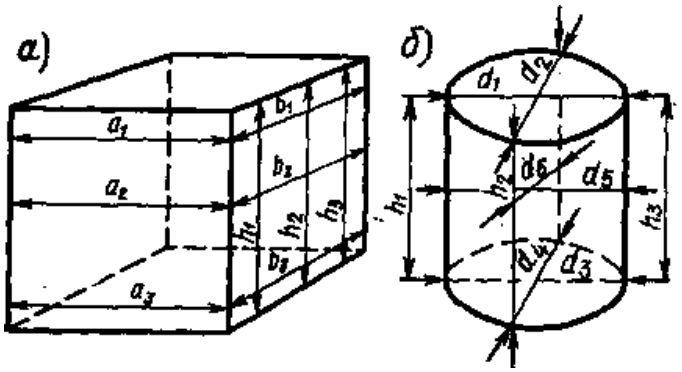

Рис.2. Схема измерения объёма образцов

Объем образца (см^3), имеющего вид куба или параллелепипеда равен:

$$V_1 = a_{ср} \cdot b_{ср} \cdot h_{ср}, \quad \text{где}$$

$a_{ср}$, $b_{ср}$,,$h_{ср}$ – средние значения размеров граней образца, см.

Объем образца (см^3) цилиндрической формы равен:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_{ср}^2 \cdot h_{ср}}{4}, \quad \text{где}$$

π = 3,14; **$D_{ср}$** - средний диаметр цилиндра, см; **$h_{ср}$** - средняя высота цилиндра, см.

Полученные при измерении данные заносят в таблицу 1.

Таблица 1

№	Материал	Размеры, м·10 $^{-2}$ (см)			Объем, V_1, м·10 $^{-6}$ (см^3)	Масса, m, кг·10 $^{-3}$ (г)	Средняя плотность, $\rho_{ср}$	
		длина	ширина (диаметр)	высота			частные, г/см^3	среднее, кг/м^3

1.3. Определение насыпной плотности сыпучих материалов

Насыпная плотность является характеристикой уплотняемости гранулированных, порошкообразных и других дисперсных материалов. Насыпная плотность – это отношение массы вещества к его объему в мерном цилиндре без уплотнения продукта.

Ход работы. Для определения насыпной плотности используют прибор (рис. 3), который представляет собой стандартную воронку (3). Под воронкой с трубкой устанавливают заранее взвешенный мерный цилиндр (2) вместимостью 1 л (1000 см^3). В воронку насыпают сухой материал в количестве 2-2,5 кг, затем открывают задвижку (1) и заполняют цилиндр с избытком, закрывают задвижку и металлической или деревянной линейкой срезают излишек материала. При этом линейку держат наклонно, плотно прижимая к краям цилиндра. Необходимо, чтобы цилиндр был неподвижным, так как при толчках сыпучий материал может уплотниться, что увеличит его плотность. Затем цилиндр с мате-

риалом взвешивают с точностью до 1 г. Испытание повторяют пять раз и плотность материала в рыхло-насыпном состоянии вычисляют как среднее арифметическое пяти определений

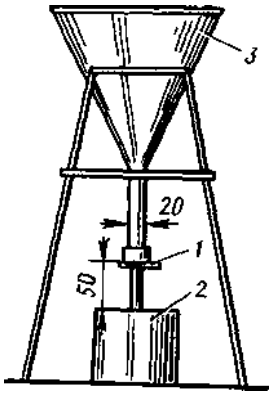

Рис. 3. Стандартная воронка

Результаты испытаний заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Материал	Объем цилиндра, л	Масса, кг			Насыпная плотность, $\rho_н$	
		цилиндра	цилиндра с материалом	материала	кг/л	кг/м^3

1.4. Пористость (пустотность) и коэффициент плотности

Пористостью (пустотностью) материала П называют степень заполнения объема материала порами.

Расчетно-экспериментальным методом пористость (пустотность) определяется

по формуле (%): $$П = \left(1 - \rho_{ср} / \rho_0\right) \cdot 100 ,$$ где

$\rho_{ср}$ - средняя (или насыпная) плотность высушенного материала, кг/м^3.

ρ_0 -истинная плотность материала, кг/м^3.

Коэффициент плотности $К_{пл}$ – степень заполнения объема материала твердым веществом определяется по формуле (%):

$$К_{пл} = \frac{\rho_{ср}}{\rho_0} 100$$

В сумме $П + К_{пл} = 100\%$

Результаты расчетов заносят в таблицу 3.

Таблица 3

Материал	Коэффициент плотности, $К_{пл}$, %	Пористость (пустотность), П, %

1.5. Определение модуля крупности песка

Зерновым составом сыпучего материала называют выраженное в процентах или частях содержание в этом материале зерен определенного размера (фракций). Зерновой; состав определяют просеиванием материала через набор сит, установленный стандартом на этот материал.

Согласно ГОСТ 8736-93 в природном песке допускается наличие зерен гравия и

щебня размером более 10 мм в количестве не более 0,5%, а зерен размером 5... 10 мм не более 10%.

Ход работы.

Определение зернового состава. Из пробы песка, прошедшего сквозь указанные сита, отбирают навеску 1000 г для определения зернового состава песка без гравия.

Эту навеску просеивают ручным или механическим способом сквозь набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16. Продолжительность просеивания любым способом должна быть такой, чтобы при контрольном ручном просеивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1% общей массы просеиваемой навески (1 г). При ручном просеивании его окончание допускается определять упрощенным способом. Каждое сито интенсивно трясут над листом бумаги. Просеивание *считается* законченным, если при этом практически не наблюдается падение зерен песка.

После окончания просеивания остатки песка на каждом сите, которые называются *частными остатками* a_i, взвешивают с погрешностью не более 1 г, а затем определяют их величину в процентах по отношению к массе навески по формуле

$$a, = (m_i / m) \cdot 100,$$

где m_i — масса остатка на данном сите, г; m — общая масса просеиваемой навески (обычно 1000 г), г.

Затем с погрешностью не более 0,1% вычисляют *полные остатки* на каждом сите. Полным называют остаток A_i - который был бы на данном сите, если бы просеивание производилось только через него. Полный остаток численно равен сумме всех частных остатков на данном сите и всех вышележащих:

$$A_i = a_i + \ldots + a_{1,25} + a_{2,5}$$

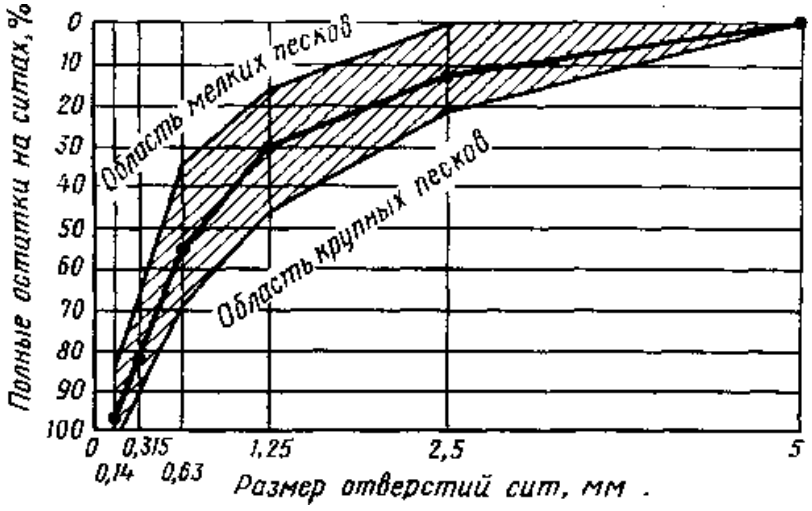

Рис. 4. График зернового состава песка

Результаты определения зернового состава песка записывают в форму, приведенную в табл.4, и графически изображают в виде кривой просеивания (рис.4), которая сравнивается со стандартными кривыми Если кривая испытуемого песка находится между стандартными кривыми (т. е. в области допустимых зерновых составов), песок считается пригодным.

Таблица 4

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					Прошло сквозь сито 0,16 мм
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные, г						
Частные, a_i, %						
Полные, A_i, %						

Определение модуля крупности. Модуль крупности песка рассчитывают на основании данных его зернового состава по формуле:

$$M_к = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16})/100$$

$M_к$ = _____

Таблица 5

Классификация песков по зерновому составу

Группа песка	$M_к$	Полный остаток на сите № 0,63, % по массе
Крупный	Свыше 2,5	Свыше 45
Средний	2,0-2,5	30-45
Мелкий	1,5-2,0	10-30
Очень мелкий	1,0-1,5	До 10

Тема 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Определение кажущейся плотности, закрытой пористости и водопоглощеиия изделий

После спекания каждое керамическое изделие обычно характеризуется водопоглощением, кажущейся (открытой) и обшей пористостью и кажущейся плотностью.

Пористость керамических изделии является одним из важнейших показателей, позволяющих установить процесс изменении керамики при спекании. По величине пористости определяют температуру спекания керамики и интервал спекшегося состояния, которые позволяют сделать заключение о поведении материала при обжиге. От пористости керамики в значительной степени зависит ее устойчивость при воздействии агрессивных сред, а также теплопроводность. что важно для строительных и теплоизоляционных материалов.

Водопоглощение (W) - это отношение массы воды, поглощенной образцом, к массе сухого образна, выраженное в процентах.

Кажущаяся (средняя) плотность ($\rho_{ср.}$) - это отношение массы сухого образца к общему объему образца, включая объем всех его пор; выражается в г/см^3 (кг/м^3).

Открытая пористость (П) - это отношение, выраженное в процентах, объема открытых пор образца к общему объему образца, включая объем всех его пор.

Общая пористость (А) - это отношение, выраженное в процентах, общего объема пор (открытых и закрытых) к общему объему образца, включая объем всех его пор.

В зависимости от вида и назначения керамических материалов величина их водопоглошения или пористости может быть различной и устанавливается соответствующими ГОСТами.

Для определения кажущейся плотности, открытой пористости и водопоглошения используют методы насыщения и гидростатического взвешивания

Ход работы. Метод насыщения. При насыщении способом кипячения сухие (высушенные при 100-135 ^{0}С до постоянной массы) взвешенные образцы помещают в сосуд на подставку с отверстиями и заливают водой на 20 мм выше верхней поверхности образца. Образцы кипятит в течение двух часов, периодически доливая воду, чтобы во время испытания они. находились под слоем жидкости. После кипячения образцы охлаждают в воде до комнатной температуры. Объем образцов определяют гидростатическим взвешиванием на весах, оборудованных приспособлением для гидростатического взвешивания (рис.5). При взвешивании в погруженном состоянии образец подвешивают проволочной

петлей.

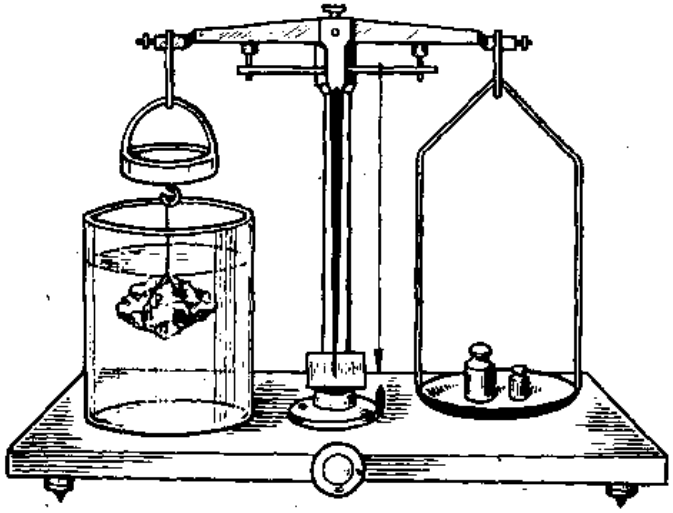

Рис. 5. Определение объема образца метолом гидростатического вмешивания

Для взвешивания на воздухе с поверхности образца, насыщенного жидкостью, удаляют влажной тканью избыток жидкости.

Насыщенные образцы рекомендуется хранить под слоем жидкости пока не будет установлена правильность определений. Количество образцов должно быть 3-5.

Водопоглощение **W**, открытую (кажущуюся) пористость **П**, общую пористость **А**, кажущуюся плотность $\rho_{ср.}$ вычисляют по следующим формулам:

$$W = \frac{m_1 - m_o}{m_o} \cdot 100;$$

$$П = \frac{m_1 - m_0}{m_1 - m_2} \cdot 100$$

$$\rho_{ср.} = \frac{m_0 \cdot \rho_ж}{m_1 + m_2};$$

$$A = \left(1 - \frac{\rho_{ср.}}{\rho_o}\right) \cdot 100,$$

где $\mathbf{m_o}$ - масса сухого образца, г; $\mathbf{m_1}$ - масса образца, насыщенного жидкостью, г; $\mathbf{m_2}$ - масса насыщенного жидкостью образца, взвешенного в жидкости, г; $\boldsymbol{\rho_ж}$ - плотность жидкости, используемой для насыщения и гидростатического взвешивания, г/см^3 (для воды 1,0 г/см^3); $\boldsymbol{\rho_o}$ - плотность образца, г/см^3; **А** - общая пористость образца, %.

Результаты испытаний записывают в таблицу 6.

Таблица 6

№	Масса образца, г			Кажущаяся (средняя) плотность, $\rho_{ср}$, г/см^3	Открытая (кажущаяся) пористость, П, %	Водопоглощение, W, %	Общая пористость, А, %
	сухого m_o	насыщенного, m_1	насыщенного и взвешенного в жидкости, m_2				

2.2. Определение пористости при капиллярном подсосе

Капиллярный подсос — способность материалов насыщаться водой под действием капиллярных сил, поднимающих воду по открытым порам и капиллярам. Капиллярный подсос характеризуется либо высотой подъема воды в образце, либо возрастанием его веса с течением времени.

Ход работы. Для определения величины капиллярного подсоса испытываемые образцы устанавливают на решетку или губку покрытую подкрашенной водой. Для определения водопоглощения при капиллярном подсосе образцы устанавливают в воде так, чтобы смачивалась только одна из граней. Через определенные промежутки времени образцы взвешивают, одновременно отмечая высоту поднятия воды в образце.

Испытание длится в зависимости от предъявляемых к изделиям требований от 24 часов до 48 часов.

Водопоглощение при капиллярном подсосе (по массе) определяют по формуле (%):

$$W = \frac{m_1 - m_o}{m_o} \cdot 100;$$

Водопоглощение на единицу смачиваемой площади при капиллярном подсосе определяют по формуле (г/см^2):

$$W_F = \frac{m_1 - m_o}{F};$$

где **W** — водопоглощение, %;
W_F – водопоглощение на единицу площади, г/см^2;
m_1 – масса образца после пребывания в воде, г;
m_o – масса образцов до погружения в воду, г;
F – площадь соприкосновения с водой, см^2.

Результаты испытаний записывают в таблицу 7.

Таблица 7

№	Масса образца, г		Площадь образца, F, см^2	Водопоглощение при капиллярном подсосе, W, %	Водопоглощение на единицу смачиваемой площади, W_F, г/см^2
	сухого, m_0	после пребывания в воде, m_1			
1					
2					
3					
4					

Тема 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТЕКЛА И СИТАЛЛОВ

3.1. Определение плотности стекла и ситаллов методом гидростатического взвешивания

Ход работы. При гидростатическом взвешивании стекла обычно применяют дистиллированную воду, но может быть использована любая жидкость известной плотности, не реагирующая со стеклом (см. рис. 5).

Для определения плотности отбирают пять образцов массой не менее 10 г, свободных от пузырьков и включений. Образцы должны быть вымыты и насухо вытерты. Кусочки стекла подвешивают на тонкой (диаметром 0,05-0,1 мм) металлической проволоке к крючкам коромысла весов и определяют их массу на воздухе. Массу стекла получают, вычитая из массы стекла с проволокой массу проволоки, заранее известную. Затем те же образцы взвешивают вторично, но уже в воде. Для чего их на той же проволоке опускают в стакан с дистиллированной водой.

Образцы не должны касаться стенок и дна сосуда. Температуры воды и воздуха должны быть одинаковы. При взвешивании следует испытывать образцы, не содержащие видимых пузырьков воздуха.

Плотность стекла **ρ** (кг/м^3) рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{M_1}{M_1 - M_2} 10^3,$$

где $\mathbf{M_1}$ – масса образца стекла на воздухе, г;

$\mathbf{M_2}$ – масса образца стекла в дистиллированной воде, г.

За окончательную величину плотности стекла принимают среднее арифметическое двух определений. Разница между результатами двух определений не должна быть более 1%.

Результаты определений записывают в таблицу 8.

Таблица 8

№№	Вид стекла	Характеристика образца			
		Масса, г		Потери массы в воде, г, M_1-M_2	Плотность, кг/м^3, **ρ**
		на воздухе M_1	в воде M_2		
1	Полированное				
2	Полированное				
3	Матовое				
4	Матовое				

3.2. Определение предела прочности стекла при ударном изгибе

Пределом прочности при ударном изгибе стекла называют такую работу, которая разрушает стеклянный образец. Эту работу выражают в *кГ·см* на 1 *см*^{2} площади поперечного сечения образца. Этот показатель характеризуетударную вязкость материала и составляет для стекла 1,5—2 *кГ • см/см*^{2}.

Ход работы. В качестве образцов для испытания на ударный изгиб по ГОСТу применяют стеклянные пластины прямоугольного сечения длиной 120, шириной 25 и толщиной 6 *мм*.

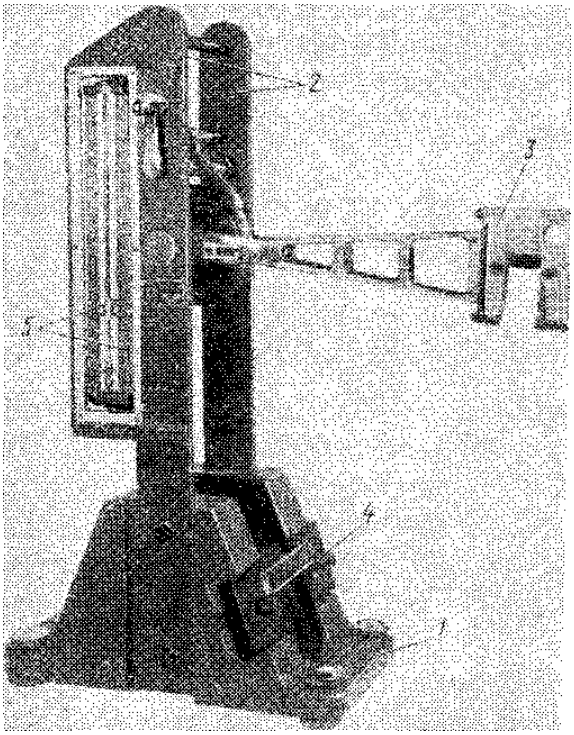

Рис. 6. Маятниковый копр ПСХ-20

Предел прочности стекла при ударном изгибе определяют на маятниковом копре (рис.6). Прибор состоит из чугунной плиты, на которой укреплены две вертикальные стойки *2,* и маятника *3,* подвешенного на вращающейся оси. В зависимости от высоты подъема маятник обладает потенциальной энергией от 5,5 до 20 *кГ·см.* Образец располагают широкой поверхностью на опорах *4,* прикрепленных к стойкам, оставляя концы для захватов по 10 *мм.* Поднимают маятник, закрепляя его защелкой. При испытании маятник освобождают от защелки. Падая, он разрушает образец. Работа разрушения отсчитывается по шкале *5* измерительного устройства копра в *кГ·см.* Величину ударной вязкости $\boldsymbol{a_i}$ (*кГ • см/см*^{2}) вычисляют по формуле:

$$a_i = \frac{A}{\delta \cdot b},$$

где ***A*** – работа, затраченная на разрушение образца в *кГ·см;*

b—ширина образца в *см;*

δ — толщина образца в *см.*

Для каждого типа стекла должно быть сделано не менее 10 определений, среднее из которых и принимают за показатель ударной вязкости стекла.

Результаты определений записывают в таблицу 9.

Таблица 9

№№	Площадь поперечного сечения образца в $см^2$	Работа, затраченная на разрушение образца, в *кГ·см*	Предел прочности при ударном изгибе в $кГ•см/см^2$	Абсолютное отклонение в $кГ•см/см^2$	Относительное отклонение в %

3.3. Определение термостойкости стекла

Термической стойкостью называют способность стекла выдерживать без разрушения резкие изменения температуры. Термическую стойкость измеряют числом градусов, на которое можно внезапно охладить стеклянный образец без его разрушения. На величину его термостойкости сильно влияет толщина стеклянного изделия.

Ход работы. В соответствии с ГОСТом термостойкость листового стекла определяют на полированных пластинах размером 30х30х4 *мм.* При лабораторных исследованиях можно использовать цилиндрические стержни из стекла длиной 25 *мм,* диаметром 5-6 *мм* с оплавленными концами.

При отборе и подготовке образцов следует иметь в виду, что результаты испытания зависят от размеров образцов, состояния их концов и поверхности (трещины, царапины, оплавленность и т. п.), а также от степени отжига образцов. Отобранные для испытания образцы должны иметь указанные выше размеры, быть хорошо отожженными и не иметь трещин и царапин. Термостойкость определяют как среднюю арифметическую величину для 10 образцов.

После нагревания в электрической печи образцы стекла сбрасывают в воду и отмечают температуру, при которой на образцах образуются трещины. Затем находят средний разрушающий перепад температур для всех образцов данного состава. Результаты испытания цилиндрических образцов на термостойкость приводят к диаметру образца, равному 6 *мм,* пользуясь формулой:

$$\Delta t = \Delta t_1 \frac{D}{0{,}6},$$

где Δt_1 - измеренное значение термостойкости стекла в ^{0}С;

D - диаметр образца в *см.*

Испытания начинают обычно при температуре, лежащей ниже предполагаемой термостойкости на 20—30°. Нетреснувшие после охлаждения образцы нагревают снова при температуре на 5° выше предыдущей до тех пор, пока все образцы не разрушатся. По

средней температуре разрушения образцов, приведенной к диаметру, равному 6 *мм*, подсчитывают термостойкость стекла.

Результаты определений записывают в таблицу 10.

Таблица 10

№№	Размеры образцов, мм		Температура, ^{0}C		Состояние образца	Термостойкость, Δt, ^{0}C
	длина	ширина (диаметр)	образца в печи, t_1	воды, t_2		

3.4. Определение кристаллизационной способности стекла

Для получения вещества в стеклообразном состоянии непременным условием является его способность к переохлаждению. Процесс кристаллизации силикатного расплава в температурной области его переохлаждения имеет исключительно большое практическое значение для стекловарения. Чем менее выражена способность стекломассы к кристаллизации при продолжительном ее пребывании в стекловаренной печи, тем выше ее качественные показатели.

Кристаллизацию стекла оценивают по шестибалльной шкале: I - Отсутствие признаков кристаллизации; II - Поверхностная кристаллизация в виде небольших разобщенных участков; III - Поверхностная кристаллизация в виде сплошной тонкой пленки; IV - Поверхностная кристаллизация в виде сплошной толстой корки с частичным распространением кристаллов в глубь образца; V - Распространение кристаллизации по всему объему образца (кристаллическая фаза составляет не менее 50—60%); VI - Условно полная кристаллизация образца (наличие кристаллической фазы (60—100%).

Ход работы. Метод массовой кристаллизации позволяет изучать до 20—25 проб различных стекол одновременно. Принцип его заключается в следующем. Образцы стекол подвергают термической обработке при определенных температуре и времени выдержки. Кристаллизацию их проводят в керамических тиглях емкостью 8-10 *г* стекла каждый или на подложке из шамота, посыпанной глиноземом. Тигли заполняют однородными кусочками стекол или стеклянных палочек и устанавливают в муфельную электропечь. Процесс кристаллизации стекла может быть осуществлен в двух направлениях: от низших температур к высшим или от высших к низшим.

Ёмкости с кристаллизуемыми стеклами выдерживают в печи от 1 до 8 *ч* в зависимости от склонности стекол к кристаллизации. Кристаллизацию стекол осуществляют в ступенчатом порядке от низших температур к высшим: 900, 1000, 1100, 1200,1300°С, т. е. через каждые 100°С. Температуру на каждом этапе поддерживают в течение определенного времени, которое устанавливают в зависимости от состава и назначения стекла.

После окончания опыта из печи быстро извлекают образцы и охлаждают стекола на воздухе. Охлажденные образцы стекол подвергают визуальному осмотру, а затем под микроскопом изучают их поверхность и разрезы.

Результаты определений записывают в таблицу 11.

Таблица 11

№	Балл степени кристаллизации при температуре, ^{0}C					Время выдержки, ч	Примечание
	900	1000	1100	1200	1300		

Тема 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Получение негашеной извести и её гашение

Воздушная известь – медленно твердеющее воздушное вяжущее, состоящее главным образом из оксида кальция CaO. Получают известь обжигом карбонатных горных пород, состоящих в основном из карбоната кальция $CaCO_3$ (известняк, мел, известковый туф и др.). Обжиг ведут при температуре 900-1200 ^{0}C, при этом происходит термическое разложение $CaCO_3$ с образованием извести:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow$$

Негашеную известь называют также кипелкой, так как она энергично взаимодействует с водой, выделяя при этом большое количество тепла, вызывающее закипание воды. Реакцию взаимодействия CaO с водой называют гашением извести:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Q$$

Ход работы. Взять железными щипцами кусочек мела и прокалить его в верхней части пламени газовой горелки в течении 1-2 мин.

Прокаленный кусочек извести положить в фарфоровую чашечку и смочить несколькими каплями воды и наблюдать за изменениями, происходящими при этом. Описать свои наблюдения в лабораторном журнале.

Напишите уравнение термического разложения $CaCO_3$ и уравнение реакции гашения извести.

Определить при помощи фенолфталеина реакцию среды. Сделать вывод.

4.2. Ускорение и замедление сроков схватывания строительного гипса.

Строительный или полуводный гипс $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$ – воздушное вяжущее вещество, быстро твердеющее на воздухе. Получают полуводный гипс из природного двуводного гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ путем нагревания его до 140-160 ^{0}С. При этом происходит частичная дегидратация природного гипса

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O$$

Полученный полуводный гипс, измельченный до порошкообразного состояния, при затворении водой образует пластичное быстротвердеющее тесто. В основе твердения строительного гипса лежит процесс его гидратации:

$$CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

Свойства строительного гипса: быстрое схватывание (несколько минут), белый цвет, хорошее заполнение форм вследствие некоторого увеличения объема гипса в процессе твердения. К недостаткам следует отнести низкую водостойкость и плохую морозоустойчивость влажных гипсовых изделий.

Ход работы. На стеклянную пластинку насыпьте совочком три одинаковые пробы строительного гипса и смешайте его с одинаковым по объёму количеством затворителя. Первую пробу затворить водопроводной водой, вторую – 10% раствором аммония $(NH_4)_2SO_4$, а третью – раствором гидрооксида кальция $Ca(OH)_2$. Затворение проводите по возможности быстро. Отметьте, за какой промежуток времени теряется пластичность каждого образца. Результаты опытов записывают в таблицу 12.

Таблица 12

№№	Затворитель	Время схватывания, мин	Вывод
1			
2			
3			

Тема 5. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

(только для специальности «Технология художественной обработки»)

В соответствии с требованиями ГОСТ 125 – 79 для гипсовых вяжущих устанавливаются: марка, степень помола, нормальная густота, сроки схватывания.

К важным строительным свойствам гипсовых вяжущих относятся также водостойкость и изменение объема при твердении.

5.1. Определение стандартной консистенции (нормальной густоты) гипсового теста

Стандартная консистенция (нормальная густота) характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из стандартного цилиндра при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен 180±5 мм.

Количество воды является основным критерием определения свойств гипсового вяжущего: времени схватывания и предела прочности.

Количество воды выражается в процентах как отношение массы воды, необходимой для получения гипсовой смеси стандартной консистенции, к массе гипсового вяжущего в граммах.

Ход работы. В чистую чашку, предварительно протертую влажной тканью, вливают воду, масса которой зависит от свойств гипсового вяжущего и в зависимости от вида вяжущего и тонкости его помола может колебаться в пределах 40-80%.

Затем в воду в течение 2-5 с всыпают от 300 до 350 г гипсового вяжущего. Массу перемешивают ручной мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала всыпания гипсового вяжущего в воду.

До начала перемешивания собирают прибор (вискозиметр Суттарда) - устанавливают цилиндр из нержавеющего металла с полированной внутренней поверхностью диаметром 50 мм и высотой 100 мм;в центр стеклянной пластины с концентрическими окружностями диаметром150-220 мм. Внутренняя поверхность цилиндра и поверхность стекла должны быть предварительно протерты влажной тканью.

После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом в течение 15 с.

Через 45 с, считая с начала засыпания гипсового вяжущего в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту 15-20 см и отводят в сторону.

Диаметр расплыва измеряют непосредственно после поднятия цилиндра линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют его среднее арифметическое значение.

Если диаметр расплыва теста не соответствует 180±5 мм, испытание повторяют с измененной массой воды.

Форма записи результатов. Чтобы определить прочность, сроки схватывания и скорость кристаллизации, надо знать водопотребность гипсового вяжущего.

Название прибора _____

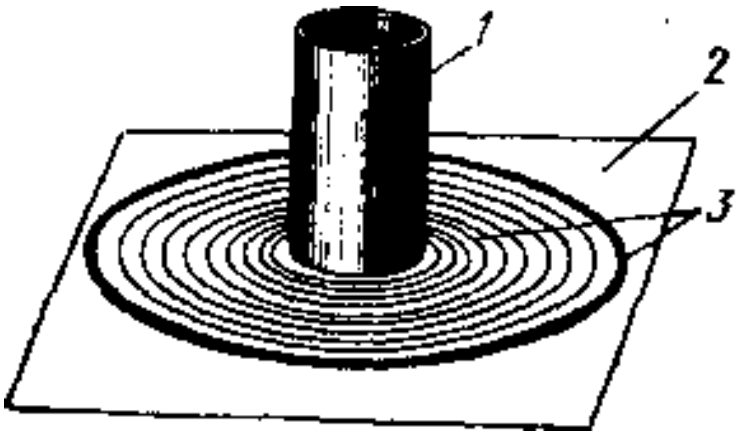

Рис.7. Вискозиметр Суттарда.

1 - цилиндр, 2 - стеклянная пластинка, 3 - концентрические окружности.

Продолжительность всыпания гипса в воду и перемешивания массы, с ____

Продолжительность заполнения цилиндра, с _____

Результаты испытаний заносят, в таблицу 13.

Таблица 13

Величина	Номер определения				
	1	2	3	4	5
Масса гипса, кг·10^{-3} (г)					
Масса воды, кг·10^{-3} (мп)					
Диаметр лепешки из гипсового теста, мм					

Заключение _____
_____
_____

5.2. Определение сроков схватывания гипсовых вяжущих материалов

Определение сроков схватывания проводят в соответствии с требованиями ГОСТ. Вода для затворения используется питьевая с температурой 20 ^{0}С.

Сущность метода состоит в определении времени от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста

Для определения сроков схватывания применяют:

секундомер;

коническое кольцо из коррозионностойкого материала;

прибор Вика с иглой и с массой подвижной части 300±2 г (рис. 8).

Прибор состоит из цилиндрического стержня, свободно перемещающегося в обойме станины. Стержень закрепляют на нужной высоте с помощью зажимного винта. Стрелка-указатель служит для отсчета перемещения стержня относительно шкалы, которая прикреплена к станине и разделена на миллиметры.

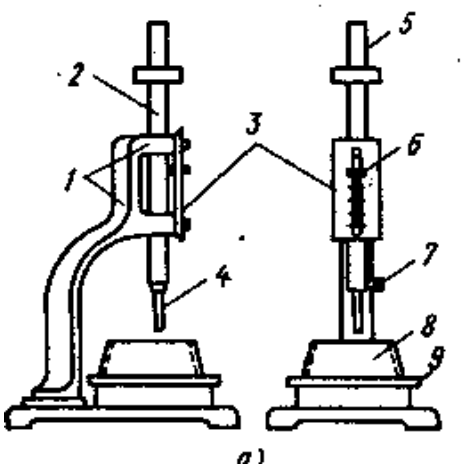

Рис. 8. Прибор Вика и приспособления к нему:
1 — *станина,* 2 — *стержень,* 3 — *шкала,* 4 — *игла, 5 — пестик,* 6 — *указатель, 7 — винт,* 8 — *кольцо,* 9 — *стеклянная пластина*

Кольцо прибора Вика должно быть установлено на пластинку из коррозионностойкого материала размером 100х100 мм. Перед проведением опыта кольцо и пластинку следует хорошо смазать машинным маслом.

Стандартную иглу необходимо вставить в подвижную часть прибора и проверить нулевое показание, а также проверить, свободно ли движется стержень прибора.

Ход работы. После подготовки прибора затворяют гипсовое тесто. С этой целью берут навеску гипса 200 г и воду в количестве, соответствующем нормальной густоте. В протертую влажной тряпкой чашку емкостью более 500 см^3 вливают воду и всыпают гипс при постоянном перемешивании массы. Перемешивание длится 1 минуту. Секундомер включают в момент всыпания гипса в воду и не выключают до конца эксперимента.

По окончании перемешивания массу помещают в кольцо прибора Вика, установленное на полированную пластинку. Для удаления попавшего воздуха кольцо с пластинкой 4-5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезают ножом и устанавливают кольцо на пластинке на основание прибора Вика.

Подвижную часть прибора с иглой устанавливают в такое положение, при котором конец иглы касается поверхности гипсового теста, а затем иглу свободно опускают в кольцо с тестом. Погружение иглы производят каждые 30 секунд, начиная с целого числа минут. После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку вместе с кольцом передвигают так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности гипса.

Начало схватывания определяют числом минут, истекших от момента добавления вяжущего к воде до момента, когда свободно опущенная игла после погружения в тесто первый раз не доходит до поверхности пластинки, а ***конец схватывания*** – числом минут с момента затворения до момента, когда свободно опущенная игла погружается на глубину не более 0,5 мм.

Форма записи результатов. Вода затворения должна иметь температуру 20°С.

Масса гипса, кг·10^{-3} _____

Нормальная густота, % _____

Количество воды, кг·10^{-3} _____

Название прибора _____

Масса подвижной части прибора _____

Опускание стержня с иглой через каждые _____ с.

Началом схватывания считается время с момента затворения, когда игла первый раз не дойдет до пластинки.

Концом схватывания считается время с момента затворения, когда игла погружается в тесто не более, чем на 0,5 мм.

Результаты испытаний заносят в таблицу 14.

Таблица 14

Величина	Сроки схватывания гипсового теста нормальной густоты, мин
Время от начала затворения до начала схватывания	
Время от начала затворения до конца схватывания	

Заключение о действии добавок на сроки схватывания гипсового теста:

_____

_____

_____

К какому виду вяжущих относится исследованный гипс по срокам схватывания? Каков его индекс? _____

5.3. Определение марки гипсовых вяжущих

Сущность метода заключается в определении минимальных нагрузок, разрушающих образец. На каждый срок испытания готовятся три образца-балочки 40х40х160 мм из гипсового теста нормальной густоты.

Определение прочности образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, производят через 2 часа после контакта гипсового вяжущего с водой.

Ход работы. Для изготовления образцов берут пробу гипсового вяжущего массой от 1,0 до 1,6 кг. Гипсовое вяжущее в течение 5-20 с засыпают в чашку с водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста стандартной консистенции. После засыпки вяжущего смесь интенсивно перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста, которым затем заливают форму. Предварительно внутреннюю поверхность металлических форм слегка смазывают минеральным маслом средней вязкости. Отсеки формы заполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, при этом ее поднимают за торцевую сторону на высоту от 8 до 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают

влажной линейкой, передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно поверхности образцов. Через 15±5 мин после конца схватывания образцы извлекают из формы, маркируют и хранят в помещении в воздушно-сухих условиях до испытаний.

Определение предела прочности при изгибе. Для проведения испытания образец устанавливается на опоры прибора МИИ-100 таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении.

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое трех испытаний

Определение предела прочности при сжатии. Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Образцы помещают между опорными пластинами таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегали к торцевой гладкой поверхности образца.

Образец вместе с пластинами подвергают сжатию на гидравлическом прессе. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно составлять от 5 до 30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть 10±5 кг/см^3 в секунду.

Предел прочности на сжатие одного образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластины, равную 25 см^2. Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов.

Испытывают образцы для определения марки через 2 часа после затворения. Перед испытанием образцы замеряют и взвешивают.

1. Изготовление образцов.

Форма образца и размеры, мм _____

Количество образцов на один срок испытания _____

Всего образцов _____

Масса гипса, кг·10^{-3} _____

Нормальная густота, % _____

Количество воды, кг·10^{-3} _____

Продолжительность всыпания гипса в воду, с _____

Продолжительность перемешивания гипса с водой, мин _____

Условия и продолжительность хранения образцов до освобождения из форм и до испытания _____

_____

_____

_____

Результаты испытаний заносят в таблицу 15.

Таблица 15

№	Размеры, мм			Объем, см^3		Масса (средняя из 3-х), кг·10^{-3}	Средняя плотность, $\rho_{ср}$	
	длина	ширина	высота	частные значения	среднее		г/см^3	кг/м^3
1 2 3								

2. Испытание образцов.

Определение предела прочности образцов при изгибе проводится на приборе МИИ-100.

Название прибора _____

Предел прочности при изгибе гипсовых образцов вычисляется как среднее арифметическое значение трех испытания образцов. Результаты испытаний заносятся в таблицу 16.

Схема испытания образцов на изгиб

Таблица 16

№ образца	Возраст, ч	Средняя плотность, $\rho_{ср}$, кг/м^3	Предел прочности при изгибе, МПа	
			частные значения	среднее значение
1				
2				
3				

Определение предела прочности при сжатии

Название прибора _____

Схема установки образца с пластинками на опоры пресса

Образец вместе с пластинками устанавливают на опорную плиту гидравлического пресса и испытывают на сжатие. Результаты заносят в таблицу 17.

Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки (Р, кг) на рабочую площадь пластинки (F=25 см^2).

$$R_{сж} = P/F, \text{ кг/см}^2 \text{ или } R_{сж} = P/(0{,}8 \cdot F), \text{ МПа.}$$

Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов.

Таблица 17

№ п/п	Возраст, ч	Рабочая площадь пластин, F,см^2	Разрушающая нагрузка, Р, кг	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$, МПа (частные)	Средний предел прочности при сжатии, $R_{сж}^{ср}$, МПа
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Заключение о марке гипсового вяжущего _____
_____

5. 4. Определение тонкости (степени) помола гипсовых вяжущих

Сущность метода заключается в определении массы гипсового вяжущего, оставшегося при просеивании на сите с ячейками размером в свету 0,2 мм.

Ход работы. Пробу вяжущего массой 50 г, взвешенную с точностью до 0,1 г и предварительно высушенную в сушильном шкафу в течение 1 часа при температуре 50 ^{0}C, высыпают на сито № 02, установленное в поддон, и закрывают крышкой. Просеивание производят вручную или на механической установке.

Просеивание ведут в течение 5-7 минут, после чего производят контрольное просеивание.

Контрольное просеивание. Сито снимают с поддона и просеивают пробу над белой бумагой в течение 1 минуты. Высеявшуюся часть материала взвешивают.

Просеивание считается законченным, если сквозь сито при ручном просеивании в течение 1 минуты проходит не более 0,05 г вяжущего.

Если материал прошел через сито в большем количестве, то остаток с бумаги переносят в поддон, собирают сито и вновь просеивают материал.

При проведении опыта замечают суммарное время просева пробы. Устанавливают количество пробы, оставшейся на сите, прошедшей через сито; определяют потери массы в %.

Тонкость помола оценивается в % с погрешностью не более 0,1% как отношение массы, оставшейся на сите, к массе первоначальной пробы. За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Результаты испытаний заносят в таблицу 18.

Таблица 18

Величина	Номер опыта	
	1	2
Первоначальная навеска сухого вещества, А, г		
Суммарное время просева, мин		
Осталось на сите № 02, «а», г		
Прошло через сито, «в», г		
Тонкость помола $\frac{а}{А}100\%$		
Потери $\frac{А-(а+в)}{А}100\%$		

Заключение о степени помола гипсового вяжущего _____
Полный индекс исследованного гипсового вяжущего _____
Область применения _____
_____

4.5. Определение водостойкости гипсовых вяжущих

Водостойкость затвердевших гипсовых вяжущих материалов определяют путем погружения образцов в воду после односуточного твердения на воздухе или после высушивания до постоянного веса. Вид и размер образцов могут быть различными. В данном случае для испытания на водостойкость используются образцы-балочки из гипсового теста стандартной консистенции. Сроки выдерживания образцов в воде - 24 часа. После извлечения образцов из воды их подсушивают на ткани, испытывают и по снижению прочности определяют водостойкость гипса

Обычно водостойкость выражают коэффициентом размягчения или водостойкости, представляющим собой отношение прочности образцов после выдерживания в воде к их прочности до погружения в воду.

Для данной серии образцов контрольными будут образцы, хранившиеся до момента испытания в воздушно-сухих условиях.

Если коэффициент размягчения материала меньше 0,8, то его считают неводостойким. Водостойкость гипсовых вяжущих можно повысить введением активных гидравлических добавок, кремнийорганических добавок или комбинированных добавок цемента, шлака, опоки, трепела и т.д. Примером гипсового вяжущего повышенной водостойкости служит гипсоцементнопуццолановое вяжущее.

Ход работы. Изготовление образцов производится в соответствии с требованиями ГОСТа. На каждый срок испытания формуется по 4 образца-кубика размерами 40х40х40 мм из гипсового теста стандартной консистенции. Контрольные образцы хранят до момента испытания в воздушно-сухих условиях, а образцы для определения водостойкости высушивают до постоянной массы, погружают в воду и испытывают после 24 часов твердения в воде.

Перед испытанием все образцы замеряют и взвешивают, определяя их объем, массу и среднюю плотность в естественном и водонасыщенном состоянии. Определение прочности образцов на сжатие производится так же, как и испытание образцов для определения марки гипсовых вяжущих.

Форма записи.

1. Изготовление образцов.

Форма образца и размеры, мм _____

Количество образцов на один срок испытаний _____

Всего образцов _____

Масса гипса, кг $\cdot 10^{-3}$ _____

Нормальная густота, % _____

Количество воды затворения, кг $\cdot 10^{-3}$ _____

Продолжительность всыпания гипса в воду, с _____

Продолжительность перемешивания гипса с водой, мин _____

Условия и продолжительность хранения образцов до освобождения из форм_____

Условия и продолжительность хранения образцов до помещения их в воду _____

Продолжительность твердения в воде, сут. _____

Результаты испытаний заносят в таблицу 19.

Таблица 19

№	Размеры образца до погружения в воду, мм			Объем, $см^3$	Масса, $кг \cdot 10^{-3}$ (г)		Средняя плотность, $кг/м^3$		Водопоглощение по объему, %
	длина	ширина	высота		до погружения в воду	после выдерживания в воде	до погружения	после	
1									
2									
3									

2. Испытание образцов. Испытание образцов и расчет прочности сжатии производится так же, как и испытание образцов для определения марки гипсовых вяжущих.

Результаты испытаний заносят в таблицу 20.

Таблица 20

№	Возраст, сут.	Условия хранения	Рабочая площадь пластин, F, $см^2$	Разрушающая нагрузка, P, кг	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$	
					частные, $кг/м^2$	среднее, МПа
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Коэффициент водостойкости гипса $К_в = \frac{R_{сж}^{водонас.}}{R_{сж}^{контр.}}$ = ---------- =

Заключение о водостойкости исследованного гипсового вяжущего:

_____

_____

Область применения _____

_____

4.6. Технические требования к гипсовым вяжущим

Стандарт 125-79 распространяется на гипсовые вяжущие, получаемые путем термической обработки гипсового сырья до полугидрата сульфата кальция и применяемые для изготовления строительных изделий всех видов, а также при производстве строительных работ и для изготовления форм и моделей в фарфорофаянсовой, керамической и других отраслях промышленности.

Технические требования:

1. В зависимости от предела прочности на сжатие различают следующие марки гипсовых вяжущих: Г-2; Г-3; Г-4; Г-5; Г-6; Г-7; Г-10; Г-13; Г-16; Г-19; Г-22; Г-25.

Минимальный предел прочности каждой марки вяжущего должен соответствовать значениям, приведенным в таблице 21.

Таблица 21

Марка вяжущего	Предел прочности в МПа (кгс/см^2) образцов-балочек размерами 40х40х160 мм в возрасте 2 часа, не менее	
	при сжатии	при изгибе
Г-2	2 (20)	1,2 (12)
Г-3	3 (30)	1,8 (18)
Г-4	4 (40)	2,0 (20)
Г-5	5 (50)	2,5 (25)
Г-6	6 (60)	3,0 (30)
Г-7	7 (70)	3,5 (35)
Г-10	10 (100)	4,5 (45)
Г-13	13 (130)	5,5 (55)
Г-16	16 (160)	6,0 (60)
Г-19	19 (190)	6,5 (65)
Г-22	22 (220)	7,0 (70)
Г-25	25 (250)	8,0 (80)

2. В зависимости от сроков схватывания различают виды гипсовых вяжущих, приведенные в таблице 22.

Таблица 22

Вид вяжущего	Индекс сроков схватывания	Сроки схватывания, мин	
		начало не ранее	конец не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	Не нормируется

3. В зависимости от степени помола различают виды вяжущих, приведенные в таблице 23.

Таблица 23

Вид помола	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, %, не более
Грубого	I	23
Среднего	II	14
Тонкого	III	2

4. Вяжущие высшей категории качества должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 24.

Таблица 24

Показатели	Вяжущее для изготовления строительных изделий и производства строительных работ	Вяжущее для фарфорофаянсовой и керамической промышленности
Марка вяжущего, не ниже	Г-5	Г-10
Максимальный остаток на сите № 02, %, не более	12	0,5
Примеси, не растворимые в соляной кислоте, %, не более	-	0,5

Пример условного обозначения гипсового вяжущего.

Дано: прочность 5,2 МПа (52 кгс/м^2); сроки схватывания: начало - 5 минут, конец - 9 минут; остаток на сите №02 с размером ячеек в свету 0,2 мм – 9%. То есть мы имеем вяжущее марки Г-5, быстротвердеющее, среднего помола: **Г – 5 А II.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. –М.: ИНФРА-М, 2010.

2. Дудеров И.Г., Матвеев Г.М., Суханова В.Б. Общая технология силикатов. –М.: Стройиздат, 1987г.

3. Буббико Дж., Крус Х. Керамика. Техники. Материалы. Изделия. – М.: НИКОЛА-ПРЕСС, 2009.

4. Рос Д. Керамика. Техника. Приемы. Изделия. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2010.

5. Городецкая М. Изысканное стекло своими руками. Техника. Приемы. Изделия. Энциклопедия. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2010.

7. Художественное стекло и хрусталь. / авт.-сост.В.Т. Понаморев. – М.: АСТ, 2006.

8. Ланцетти А.Г., Нестеренко М.Л. Изготовление художественного стекла. М., Высшая школа 1987 г.

9. Попов К.Н. Оценка качества строительных материалов (физико-механические испытания строительных материалов). - М.: Изд. АСВ, 2001.

10. 6. ГОСТ 125-79. Полуводные гипсовые вяжущие. Технические условия.

11. Павлушкин Н.М., Сентюрин Г.Г., Ходаковская Р.Я. Практикум по технологии стекла и ситаллов. . –М.: Стройиздат, 1970.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания
2. Методические указания к курсу
3. Раздел 1. Основы технология стекла и ситаллов
4. Раздел 2. Основы технологии керамических изделий
5. Раздел 3. Основы технологии минеральных вяжущих веществ
6. Раздел 4. Основы технологии бетонов и сухих строительных смесей
7. Задания к контрольной работе
8. Контрольная работа по дисциплине для студентов специальности «Химическая технология ТНиСМ» и направления «Химическая технология»
9. Контрольная работа по дисциплине для студентов специальности и направления «Технология художественной обработки»
10. Тесты к курсу
11. Методические указания к лабораторным работам
12. Тема 1. Определение общих свойств силикатных материалов
13. Тема 2. Оопределение общих свойств силикатных материалов
14. Тема 3. Определение свойств стекла и ситаллов
15. Тема 4. Определение свойств неорганических вяжущих материалов
16. Тема 5. Исследование строительно-технических свойств гипсовых вяжущих
17. Литература