

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Теоретические основы производства неметаллических и силикатных
материалов»**

Донецк
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Теоретические основы производства неметаллических и силикатных
материалов»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов»

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
прикладной экологии и охраны
окружающей среды
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 3 от 10.03.2021 г.

Донецк
2021

УДК 66(076)
М54

Составители:

Беломеря Николай Иосифович - кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 Методические рекомендации проведению практических занятий по дисциплине «Теоретические основы производства неметаллических и силикатных материалов»: для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» всех форм обучения/ ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды; сост.: Н.И. Беломеря, С.В. Горбатко. – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.

Методические рекомендации для проведения практических занятий студентов разработаны с целью оказания помощи обучающимся в получении практических навыков по дисциплине «Теоретические основы производства неметаллических и силикатных материалов». Содержит задания для проведения практических занятий и решения практических задач по курсу.

УДК 66(076)

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	6
1.1. Характеристика зернистых материалов	6
1.2. Подготовка исходных материалов.....	7
1.3. Дозирование	8
1.4. Смешение.....	8
1.5. Формование изделий на основе порошковых масс.....	8
1.6. Сушка	9
1.7. Обжиг	11
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА.....	13
2.1. Технология вяжущих материалов.....	13
2.1.1. Гипсовые вяжущие материалы.....	13
2.1.2. Известь	13
2.1.3. Портландцемент.....	14
2.1.4. Глиноземистый цемент	15
2.1.5. Гидравлические добавки.....	15
2.2. Технология стекла, эмалей и ситаллов.....	16
2.2.1. Стекло	16
2.2.2. Сырьевые материалы для производства стекла.....	16
2.2.3. Варка стекломассы	17
2.2.4. Формование стекла.....	18
2.2.5. Производство строительного стекла	18
2.2.6. Ситаллы	19
2.2.7. Эмали	19
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Производство большинства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов (вяжущих, керамических и огнеупорных изделий, стекла, ситаллов и др.) основано на переработке природных силикатов, являющихся производными диоксида кремния.

Производство вышеуказанных материалов, наукоемко, поскольку производственные процессы осуществляются на современном научно-техническом уровне при строгом контроле качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в соответствии с требованиями действующих стандартов, и нуждается в высококвалифицированных кадрах.

Работа будущих специалистов в условиях рынка требует особенно тщательной их подготовки. Будущие технологи должны не только овладеть знаниями по специальности, но и выступать в роли участников и инициаторов ускоренного развития научно-технического прогресса. Инженер-технолог промышленности тугоплавких неметаллических и силикатных материалов должен достаточно глубоко изучить научные основы технологических процессов производства минеральных вяжущих, керамики, стекла и ситаллов.

Курс " Теоретические основы производства неметаллических и силикатных материалов " является одной из основных дисциплин для студентов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

При изучении курса рекомендуется составлять краткий конспект, в котором надо записывать физико-химические основы отдельных производств, требования стандартов к сырью и готовой продукции, технологические схемы производства с определением кратких характеристик применяемого оборудования и основных технологических параметров. Одновременно необходимо записывать вопросы для выяснения их путем консультаций с преподавателем.

Основными задачами совершенствования любой технологии являются:

- снижение материалоемкости;
- внедрение энергосберегающих технологий;
- снижение затрат ручного труда, автоматизация, механизация;
- применение безотходных технологий, исключаящих вредное воздействие на окружающей среде.

1. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Характеристика зернистых материалов

Зернистые материалы – дисперсная система, в которой твердые частицы соприкасаются между собой по незначительной части поверхности.

К основным свойствам зернистых материалов относят размер и форму частиц, гранулометрический состав, насыпную плотность, пористость, угол естественного откоса, удельную поверхность, поверхность контакта, гигроскопичность, склонность к слеживанию, электропроводность, реакционную способность.

Форма частиц в зависимости от свойств материалов и типа агрегата для измельчения могут иметь различную форму, например, при измельчении стекла истиранием получают пластинчатые частицы, а при раздавливании – игольчатые.

Волокнистыми, или игольчатыми, частицами считают те частицы, у которых длина во много раз превосходит ширину и толщину. К плоским частицам относятся пластинки, листочки, таблички. У них значение толщины и длины превышает значение ширины. Изометричными считаются частицы с приблизительно одинаковыми значениями размерных параметров.

Частицы зернистого материала имеют неправильную геометрическую форму, и их размеры не могут быть точно определены.

На практике размер частиц всех форм принимают по размеру отверстия сита, через которые проходят порошки. С помощью сит выделяют порошок, частицы которого имеют известные пределы крупности (верхний и нижний). Такой порошок называют *фракцией* (например, фракция 1,0–0,5 мм). Иногда фракцию характеризуют верхним или нижним пределом (например, более 2,0 мм или менее 0,5 мм).

Содержание в порошке различных фракций называют *зерновым*, или *гранулометрическим*, составом.

Насыпная плотность – масса зернистого материала в единице занимаемого объема. Насыпная плотность, как правило, уменьшается по мере измельчения частиц.

Угол естественного откоса – внутренний угол конуса, образуемый линией естественного откоса с горизонтальной плоскостью, рис. 1.

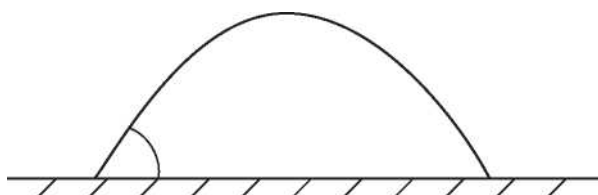


Рис. 1. Угол естественного откоса

Удельная поверхность – поверхность всех частиц материала в единице объема (S_V) или массы (S_g). Эти величины связаны между собой выражением

$$S_V = \rho_{\text{каж}} \cdot S_g.$$

Единицей измерения S_g является $\text{см}^2/\text{г}$ или $\text{м}^2/\text{г}$, а S_V – $\text{см}^2/\text{см}^3$.
 $\rho_{\text{каж}}$ — плотность материала ($\text{г}/\text{см}^3$);

1.2 Подготовка исходных материалов

Добыча сырья обычно осуществляется открытым способом. Керамические и цементные заводы располагают как правило около месторождений, а стекольные ближе к потребителю.

Подготовка сырья включает усреднение, обогащение, иногда термообработку и измельчение. Измельчение материалов состоит в том, чтобы превратить крупные куски исходного или обожженного сырья в мелкие и в весьма мелкие зерна. Предприятиям, производящим силикатные материалы, выгодно приобретать сырье с постоянным химическим, минеральным, гранулометрическим составом. Целесообразно готовить сырье на специализированных предприятиях – дробильно-обогажительных фабриках.

Разделение измельченных сырьевых материалов по крупности на фракции называют рассевом (фракционированием, классификацией, грохочением). Классификацию порошков проводят на ситах (грохотах) или в воздушных сепараторах. Качество отсева оценивается степенью извлечения ε :

$$\varepsilon = \frac{D}{D_{\text{исх}}}$$

где D – количество данной фракции в нижнем продукте; $D_{\text{исх}}$ – содержание данной фракции в исходном материале.

Эффективность классификации на механических ситах составляет 60–70 %, на вибрационных – 70–80 %. Наиболее эффективна воздушная классификация.

Конечной целью измельчения и классификации является получение такого зернового состава, который бы обеспечил получение наиболее плотной укладки порошков в сырце. Плотность укладки сыпучих материалов при свободной засыпке зависит от формы, размера и состояния поверхности частиц.

Хранение порошков осуществляется в бункерах и силосах.

Бункеры представляют собой емкости большого объема с загрузочными и разгрузочными отверстиями, перекрываемыми задвижками. Бункеры предназначены для создания запаса готовых порошков, обеспечения равномерности питания машин и независимости их работы от предыдущих стадий технологического процесса при последовательном перемещении

материала, а также для выполнения некоторых технологических операций (охлаждение, гидратация, вылеживание).

Высота и поперечный размер бункера примерно одинаковы. Вертикальные устройства такого же назначения, как и бункеры, в которых высота больше поперечного размера, называют силосами.

1.3. Дозирование

При использовании двух или больше сырьевых материалов для получения шихты (массы) необходима дозировка. В зависимости от вида действия дозаторы подразделяются на дозаторы периодического (дискретного) действия и дозаторы непрерывного действия.

Более точным является дозирование по массе, хотя такие дозаторы по конструкции сложнее объемных. Точность дозирования зависит от постоянства зернового состава и влажности материала.

1.4. Смешение

Целью смешения является получение смеси, у которой все свойства равнозначны в отдельных (но не слишком малых) частях объема, и сохранение полученной однородности на некоторое время при последующих технологических операциях. Смесь сухих порошков называется *шихтой* (*сырьевой мукой*). Увлажненная, готовая к формованию смесь – это *масса* или *шликер*.

1.5. Формование изделий на основе порошковых масс

Целью формования является придание пластичной или порошкообразной массе заданных форм и размеров. Изделие после формования называется *полуфабрикатом* или *сырцом*.

В технологии керамики и огнеупоров применяют следующие основные способы формования изделий:

- полусухое прессование из масс с влажностью 3–8 % (применимо к малопластичным или совсем непластичным массам);
- пластическое формование из масс с влажностью 16–24 % (возможно формование только из масс, обладающих пластичностью);
- шликерное литье в пористые формы из масс с влажностью 32–45 % (из любой массы возможно получить шликер);
- литье в металлические охлаждаемые формы из расплава.

1.6. Сушка

Сушка– процесс удаления влаги из твердых пористых материалов путем испарения при температуре обычно ниже точки кипения.

Целью сушки является:

- придание сырцу или полуфабрикату прочности для обеспечения его сохранности при дальнейшем транспортировании в печи для обжига. Изделия пластического формования имеют прочность не более 0,05 МПа (после сушки 0,2–0,5 МПа), полусухого – 1,5–5 МПа (достаточно для погрузки изделий на печные ваго- нетки);

- снижение содержания влаги до такого состояния, которое не влияет на работу печи при дальнейших технологических операциях.

В процессе сушки при внешнем обогреве изделий влага удаляется за счет внешней и внутренней диффузии. *Внешняя диффузия*– перемещение влаги с поверхности изделия в теплоноситель. *Внутренняя диффузия*– перемещение влаги по капиллярам из внутренних частей изделия к поверхности. Сушка считается эффективной, если скорость внешней диффузии примерно равна скорости внутренней диффузии.

Физически процесс сушки сопровождается снижением влагосодержания и усадкой (линейной и объемной) материала:

$$y_v = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100,$$

где l_0 – расстояние между метками на свежесформованном образце, мм;

l_1 – расстояние между метками на воздушно-сухом образце, мм.

Объемная усадка приблизительно в 3 раза больше линейной. Уменьшение размеров при сушке объясняется сближением твердых частиц при удалении физической влаги.

Схема изменений объема при сушке глинистых материалов приве- дена на рис. 2.

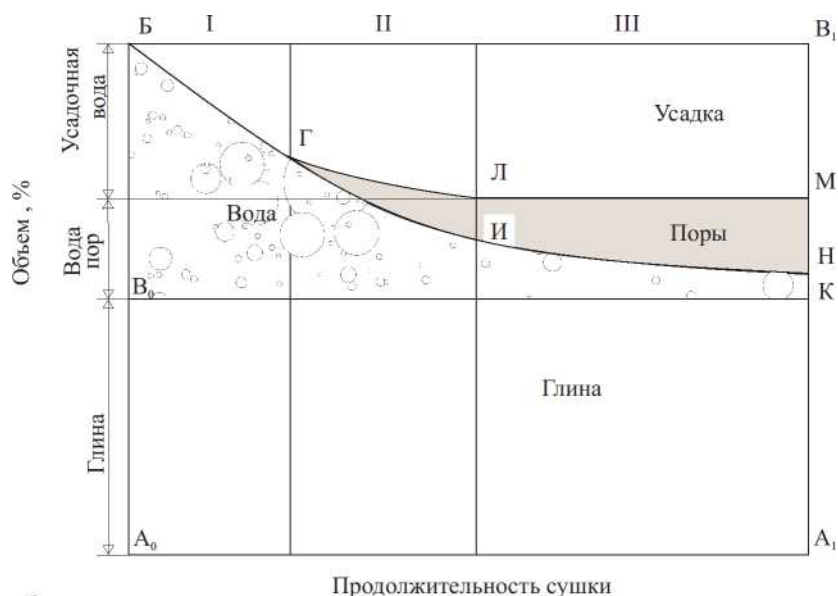


Рис. 2. Изменение объема при сушке глинистых материалов (диаграмма Берри)

На диаграмме выделяются три характерных стадии сушки:

- 1) начальная (уменьшение объема материала и снижение влажности происходит одновременно по линии БГ);
- 2) промежуточная (количество удаленной воды происходит по линии ГИ, а снижение объема – по линии ГЛ);
- 3) заключительная (удаление влаги, обычно начиная с влажности 8–13 %, удаляется только «вода пор» по линии ИН, и объемные изменения материала практически отсутствуют (кривая ЛМ), при этом величина объема пор соответствует линии МК, а остаточная влажность материала – линии НК).

Существуют следующие способы сушки:

- *конвективная* сушка проводится в сушилках непрерывного (туннельные, конвейерные) или периодического (камерные) действия воздушным или газовым теплоносителем. Осуществляется при внешнем обогреве изделия. При сушке влажных и крупногабаритных изделий является нежелательной.
- *радиационная* сушка осуществляется излучением от нагревающей поверхности, используются конвейерные сушилki. Применяют инфракрасное излучение.
- *акустическая* сушка. Ультразвуковые колебания (16–17 тыс. Гц) подводят к поверхности изделия, что приводит к ускорению удаления влаги с поверхности.
- сушка *токами промышленной частоты* (50 Гц). Изделие прогревается от внутренних частей к наружным, следовательно, термовлагопроводность не мешает сушке.
- сушка *токами высокой частоты* (более 10^7 Гц). Прогрев изделия осуществляется от внутренних частиц к внешним. Изделие помещают между пластинами конденсатора, при этом к его поверхности ничего не

подводится. Влагодпроводность и термовлагодпроводность совпадают по направлению. Такой способ сушки ускоряет процесс в 25 раз.

1.7. Обжиг

Завершающей стадией производства многих силикатных материалов является *обжиг*– одна из самых энергодоемких операций. При обжиге происходят сложные физико-химические превращения. Полнота их протекания зависит от температуры обжига, продолжительности выдержки, скорости нагрева и охлаждения, газовой среды при обжиге.

Температура обжига обычно составляет $t_{обж}=(0,2 \div 0,8) t_{пл}$ и должна обеспечивать необходимую степень спекания материала, завершение всех физико-химических процессов, заданный состав и свойства продукта. Скорость нагрева и охлаждения при обжиге должна выбираться с учетом процессов, обуславливающих объемные изменения и выделение газов в данном температурном интервале. Основная задача обжига – нагреть изделие до заданной температуры, не допустив появления трещин и разрушения. Выдержка при конечной температуре должна обеспечить завершение всех физико-химических процессов, обеспечивающих формирование заданной структуры и свойств материала (изделия). Процесс обжига состоит из трех стадий: 1) нагрев материала (изделия); 2) выдержка (собственно обжиг); 3) охлаждение.

Основной процесс, происходящий при обжиге – *спекание*– это самопроизвольный процесс, происходящий при температуре ниже температуры плавления материала в направлении снижения свободной энергии системы. С технологической точки зрения назначение спекания – получение прочного, малопористого (почти беспористого) камневидного тела из свободно насыпанной или предварительно спрессованной массы при воздействии высоких температур.

Спекание обычно всегда сопровождается снижением пористости и повышением прочности. При производстве теплоизоляционных материалов снижение пористости необязательно, но повышение прочности обязательно всегда.

В зависимости от характера взаимодействия компонента и условия протекания процесса механизма переноса вещества при спекании различают жидкофазное (с участием жидкой фазы) и твердофазное спекание (без участия расплава).

Жидкофазное спекание – менее энергодоемкий процесс в связи с использованием меньших температур обжига при прочих равных условиях в сравнении с твердофазным спеканием. Твердофазное спекание идет при большей температуре, без участия расплава, за счет диффузионных процессов.

Различные компоненты массы имеют различные температуры плавления. Образующаяся жидкая фаза на контакте твердых частиц

распространяется по поверхности твердой фазы по двум механизмам: поверхностной диффузии и растекания. Спекание идет лучше, когда твердые частицы растворяются в жидкой фазе, а жидкая фаза имеет малую вязкость. При некотором количестве жидкой фазы вокруг твердых частиц возникает жидкая манжета. Между твердыми частицами и манжетой возникают капиллярные силы. Происходит сближение твердых частиц, и поры заполняются расплавом. В жидкой фазе происходят процессы растворения и кристаллизации новообразований из расплава.

При твердофазном спекании уплотнение и упрочнение материала протекают в отсутствие жидкой фазы или при незначительном ее содержании. Свободная поверхностная энергия при твердофазном спекании уменьшается в результате образования и последующего увеличения общей межфазной поверхности между отдельными частицами в пористом кристаллическом теле, что сопровождается возникновением так называемой «шейки». Это может происходить по одному из следующих механизмов: вязкое течение, объемная диффузия, поверхностная диффузия и испарение – конденсация. Поверхностная диффузия характеризуется небольшой энергией активации и протекает при сравнительно низких температурах, в то время как объемная диффузия интенсивно протекает при более высоких температурах. Поверхностная диффузия и испарение – конденсация – изменяют физические свойства спекающего пористого тела, зависящие от состояния контактов между зернами – прочностные, электрические и др. Уплотнение при спекании может осуществляться при механизме вязкого течения или объемной диффузии.

Сущность спекания вне зависимости от состава фаз разделяется на следующие стадии:

- 1) припекание, где развиваются контакты между частицами, но границы частиц зерен сохраняются;
- 2) спекание – основная стадия – обособление «фазы вещества» и «фазы пустоты», частицы сливаются между собой, но замкнутых пор еще не образуется, происходит локальное спекание;
- 3) продолжение спекания, дробление «фазы пустоты» – образование замкнутых закрытых пор;
- 4) удаление закрытых пор за счет диффузионных процессов, образование малопористого и беспористого материала;
- 5) образование структуры термодинамически устойчивого распределения конденсированных фаз.

Структура материала после спекания характеризуется наличием твердой фазы и пор. Твердую фазу, состоящую из более или менее крупных зерен, называют наполнителем. Другую часть твердой фазы, состоящую из условно аморфной фазы, называют связкой.

Обжиг материалов и изделий осуществляют в печах различных конструкций и способов теплообмена периодического или непрерывного действия.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСА

2.1. Технология вяжущих материалов

Вяжущие материалы (гипс, известь, портландцемент и его разновидности), а также изготовленные из них изделия (кирпич, блоки, панели, бетонные и железобетонные конструкции) широко применяются в строительстве жилья и промышленных сооружений, дорог и др. Поэтому необходимо вначале ознакомиться с классификацией вяжущих материалов и добавок, их физико-химическими свойствами.

2.1.1. Гипсовые вяжущие материалы

Виды гипсовых вяжущих. Сырье. Основные способы производства, Процессы, протекающие при дегидратации гипсового камня. Процессы схватывания и твердения гипса. Основные теории схватывания гипса. Требования стандарта к качеству гипсовых вяжущих. Области применения.

При изучении этой темы особое внимание следует уделить физико-химическим процессам, протекающим в двухводном гипсе при его нагревании в аппаратах, сообщающихся и не сообщающихся с атмосферой, а также фазовому составу продуктов дегидратации, его влиянию на главные свойства гипса; усвоить теории твердения строительного гипса по Ле-Шателье, Михаэлису, Байкову, характерные особенности ангидритового цемента, высокообжигового гипса.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите модификационные превращения гипса при нагревании.
2. Приведите технологические схемы производства строительного гипса с использованием гипсоварочных котлов, сушильных барабанов, автоклавов, установок кипящего слоя, укажите их преимущества и недостатки.
3. Чем отличаются по свойствам α - и β - формы гипса?
4. Опишите процессы, протекающие при схватывании и твердении гипсовых вяжущих.
5. Чем отличается эстрих-гипс от обычного строительного?
6. Назовите области использования гипсовых вяжущих материалов.

2.1.2. Известь

Известь, ее виды. Сырьевые материалы, требования к их качеству. Основные схемы производства воздушной и гидравлической извести. Процессы, протекающие при обжиге карбонатных пород. Гашение извести и твердение известковых растворов. Производство молотой негашеной извести, ее свойства и применение.

При изучении этой темы следует рассмотреть физико-химические процессы при обжиге карбонатных пород, факторы, влияющие на них, а также на качество получаемого продукта; физико-химический смысл "недожога" и "пережога". Разобраться в гидравлических модулях и понять

классификацию извести в зависимости от значений этих модулей. Изучить процессы при решении воздушной извести, технологию производства гидравлической извести. Выявить отличительные особенности твердения воздушной и гидравлической извести, их свойства и области применения.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют примеси на режим обжига известняков?
2. Вицы извести в зависимости от режима обжига, примесей в сырье, скорости и температуры гашения.
3. Преимущества применения в строительстве молотой извести.
4. Как происходит твердение известкового раствора?
5. Чем отличается гидравлическая известь от воздушной?
6. Области применения воздушной и гидравлической извести.

2.1.3. Портландцемент

Химический и минералогический составы портландцемента. Коэффициент насыщения и модули. Сырьевые материалы, их характеристика. Способы производства портландцементного клинкера. Физико-химические процессы, протекающие при обжиге сырьевой смеси. Помол цементного клинкера. Теории твердения портландцемента. Разновидности, свойства и области применения портландцемента.

Главное внимание здесь надо уделить изучению взаимосвязи минералогического состава и свойств портландцемента, расчету сырьевой смеси и процессу обжига клинкера, поскольку это дает возможность понять научные основы технологии производства различных видов портландцемента, второй важный производственный этап – помол следует рассматривать главным образом с точки зрения размера зерен получаемого цемента, что весьма важно при изучении теорий твердения цемента.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое портландцемент?
2. Какие сырьевые материалы применяются в производстве портландцемента?
3. Что такое коэффициент насыщения по Кингу и Юнгу?
4. Приведите сравнительную технико-экономическую характеристику сухого и мокрого способов получения клинкера.
5. Опишите процессы при обжиге сырьевой смеси во вращающихся печах.
6. Каков минералогический состав портландцементного клинкера?
7. В чем заключаются основы теории твердения портландцемента по Байкову?
8. Перечислите важнейшие строительно-технические свойства портландцемента.

2.1.4. Глиноземистый цемент

Отличительные особенности глиноземистого цемента. Химико-минералогический состав. Технология производства. Твердение глиноземистого цемента. Свойства и области применения глиноземистого цемента и его разновидностей.

Существуют два способа получения клинкера глиноземистого цемента: плавлением и спеканием. Поэтому при изучении данной темы необходимо разобраться в технических и экономических показателях этих способов. Подробно рассмотреть процессы при твердении глиноземистого цемента и выявить отличия в сравнении с обычным портландцементом, объяснить, почему он не теряет прочности при нагревании, не разрушается в сульфатных водах.

Вопросы для самопроверки

1. Какое сырье используют для получения глиноземистого цемента?
2. Какими особенностями химического состава обладает клинкер глиноземистого цемента, получаемый в окислительной и восстановительной атмосферах?
3. Назовите особенности производства клинкера глиноземистого цемента.
4. Каковы компонентный состав и свойства расширяющегося цемента?

2.1.5. Гидравлические добавки

Классификация гидравлических добавок. Пуццолановые и шлаковые цементы. Доменные шлаки. Производство портландцемента, известково-шлакового, сульфатно-шлакового цемента.

В этой теме существенным является вопрос о технической и экономической эффективности производства смешанных цементов, особенно портландцемента и пуццоланового портландцемента. Необходимо выяснить зависимость гидравлической активности (потенциальных вяжущих свойств) гранулированных доменных шлаков от их химического состава. Следует обратить внимание на минералогический состав доменных шлаков, а также на действие активных минеральных добавок, придающих особые свойства портландцементу. При изучении технологии производства шлакопортландцемента и пуццоланового портландцемента следует обратить внимание на отличительные особенности в сравнении с обычным портландцементом, а также на строительно-технические свойства этих цементов.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите химический состав доменных гранулированных шлаков и объясните его влияние на их активность.
2. Назовите минералогический состав доменных шлаков.
3. Что собой представляют активные минеральные добавки, каковы

их типы и классификация?

4. Перечислите цементы на основе доменных гранулированных шлаков и опишите их важнейшие свойства.

5. В чем состоит техническая и экономическая эффективность производства шлаковых цементов и пуццоланового портландцемента?

2.2. Технология стекла, эмалей и ситаллов

Ассортимент изделий из стекла очень разнообразен, но технологические схемы их производства имеют много общего. Поэтому данный раздел рекомендуется изучать в такой последовательности: усвоить сведения о строении стекла и его основных свойствах; изучить технологию варки и физико-химические процессы при плавлении стекломассы; способы формования, отжиг, закалку; получение пеностекла, кварцевого стекла, стекловолокна, ситаллов; ознакомиться с историей развития стекольной промышленности.

2.2.1. Стекло

Признаки стекловидного состояния. Строение стекла. Классификация стекол. Свойства стекла в расплавленном и твердом состоянии.

При изучении этой темы необходимо обратить внимание на признаки стеклообразного состояния, принципиальные отличия от кристаллического; рассмотреть гипотезы строения стекол по Лебедеву, Закариасену и современные представления о структуре стекол.

Целесообразно рассмотреть отдельно свойства расплавленной стекломассы (вязкость, поверхностное натяжение, кристаллизационную способность) и твердого стекла (механические, термические, химические, оптические, электрические и др.). Надо знать правило аддитивности и уметь рассчитывать свойства стекол по их химическому составу.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое стекло?
2. Назовите характерные признаки стеклообразных веществ.
3. Как трактуется строение стекла по Лебедеву, Закариасену-Уоррену?
4. Дайте характеристику свойствам стекол в расплавленном состоянии.
5. Перечислите и пейте краткую характеристику свойств стекол в твердом состоянии.
6. Что нужно знать для расчета свойств по формуле аддитивности? Приведите примеры.

2.2.2. Сырьевые материалы для производства стекла

Основное и вспомогательное сырье. Подготовка сырьевых материалов. Составление шихты. Контроль ее качества.

Здесь необходимо рассмотреть классификацию сырьевых материалов и дать характеристику основных стеклообразующих материалов для введения кислотных, щелочных и щелочно-земельных оксидов, а также вспомогательных материалов; красителей, глушителей, технологических добавок. Поскольку однородность шихты оказывает большое влияние на ход варки и качество получаемой стекломассы, необходимо изучить способы приготовления шихты и возможности уменьшения расслаивания, сохранения ее однородности при транспортировке и загрузке в печь.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите сырьевые материалы для введения в стекло кислотных, щелочных и щелочно-земельных оксидов.
2. Какие вы знаете вспомогательные сырьевые материалы стекольного производства? Их назначение.
3. Что такое стекольная шихта? Требования к ней.
4. Приведите технологическую схему приготовления стекольной шихты.
5. Назовите способы брикетирования шихты.

2.2.3. Варка стекломассы

Стадии процесса стекловарения. Типы стекловаренных печей. Пороки стекломассы.

Изучение теоретических основ варки стекла следует начать с процесса силикатообразования. При изучении процесса стеклообразования очень важно установить влияние на него степени дисперсности кварцевого песка и температуры. Процессы осветления и гомогенизации стекломассы идут обычно очень медленно, поэтому здесь следует обратить внимание на роль вязкости стекломассы и способы ее снижения для ускорения варки стекла, влияние бурления стекломассы на ее гомогенизацию. Следует ознакомиться с конструкциями стекловаренных печей: горшковыми, ванными, изучить режимы варки стекла в них.

В заключение необходимо рассмотреть основные пороки стекломассы (стекловидные, кристаллические и газовые), причины их появления, способы предотвращения и устранения.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные стадии варки стекла.
2. В чем суть процесса силикатообразования?
3. В чем заключается процесс стеклообразования?
4. Что такое осветление стекломассы? Как можно его ускорить?
5. Назовите преимущества и недостатки горшковых и ваннных стекловаренных печей.
6. Виды пороков стекломассы. Причины их появления.

2.2.4 Формование стекла

Методы формования стекла. Термическая обработка стекла. Отжиг и закалка стекла.

Вначале необходимо усвоить, что понимают под процессом формования стекла, какую роль здесь играют вязкость и поверхностное натяжение, что такое "короткое" и "длинное" стекло. Затем надо изучить основные способы формования: выдувание, прокатку, прессование, вытягивание; отметить области использования каждого из них. Необходимо изучить причины и условия возникновения временных и остаточных термоупругих напряжений в стекле и выяснить, почему в одном случае остаточные напряжения являются вредными и их нужно устранять путем отжига, а в другом (при закалке) – специально создавать их в поверхностном слое стекла. Необходимо усвоить понятия о "высшей" и "низшей" температурах отжига, режимах отжига и закалки, обратить внимание на свойства отожженных и закаленных стекол.

Вопросы для самопроверки

1. Какова роль вязкости и поверхностного натяжения при формовании стекла?
2. Что понимают под формованием стекла? Стадии процесса формования.
3. Перечислите основные способы формования стеклоизделий, дайте их краткую характеристику.
4. Причины возникновения внутренних напряжений в стекле.
5. Как осуществить отжиг стекла, закалку стекла?

2.2.5. Производство строительного стекла

Производство листового строительного стекла методом вытягивания и прокатки. Безопасное листовое стекло.

Большую часть листового строительного стекла получают методом вытягивания, поэтому необходимо обратить внимание на особенности состава и свойств стекле, предназначенного для вытягивания, детально разобраться в лодочном и безлодочном способах вертикального вытягивания. Далее надо изучить способы получения листового стекла прокатом, в том числе узорчатого и армированного, рассмотреть особенности производства трехслойного и закаленного стекла.

Вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется вертикальное вытягивание листового стекла?
2. Чем отличаются лодочный и безлодочный способы вытягивания стекла?
3. Как изготовить узорчатое стекло, армированное стекло?
4. Опишите способ получения "триплекса".
5. Какими особенностями обладает закаленное стекло?

2.2.6. Ситаллы

Ситаллы. Классификация. Основы производства. Свойства. Области применения.

При изучении этой темы необходимо обратить особое внимание на теоретические основы получения стеклокристаллических материалов, особенности их структуры и на свойства. Рассмотреть технологию производства ситаллов и области их применения.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое ситаллы? Чем они отличаются от стекол, керамики?
2. Изложить теоретические основы получения стеклокристаллических материалов.
3. Преимущества и недостатки ситаллов.
4. Чем отличаются технологические процессы производства ситаллов и стеклоизделий.

2.2.7. Эмали

Эмали. Классификация. Грунтовые и покровные эмали, их назначение. Основы производства эмалей. Основные приемы нанесения. Свойства. Области применения.

Изучая данную тему, обратите внимание на теоретические основы сцепления грунтовой эмали со сталью, соответствие линейных коэффициентов расширения (ЛТКР) грунтовой эмали с металлом и покровной эмалью; особенности приготовления шликеров; температуры обжига грунтовой и покровной эмалей. Изучите способы варки эмалей.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое эмали? Назначение грунтовой и покровной эмалей.
2. Изложите теоретические основы сцепления грунтовой эмали со сталью (чугуном).
3. Основы варки эмалей.
4. Особенности обжига грунтовых и покровных эмалей.
5. Каким образом наносят эмали на металл? Основные способы нанесения. Приготовление и нанесение эмалевых шликеров на изделия.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волочко, А.Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А.Т. Волочко, К.Б. Подболотов, Е.М. Дятлова. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 386 с. – ISBN 978-985-08-1640-5. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/29487.html>
2. Расчеты в технологии керамики, стекла и вяжущих материалов: учебное пособие / С.И. Нифталиев, И. В. Кузнецова, Л.В. Лыгина, Е.М. Горбунова.– Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 52 с. – ISBN 978-5-00032-426-4. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/95376.html>
3. Рахимбаев, Ш.М. Вяжущие вещества: решение технологических задач: учебное пособие / Ш.М. Рахимбаев, Н.Н. Оноприенко, М.Ю. Елистраткин.– Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. – 80 с. – ISBN 2227-8397. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/92246.html>
4. Салахов, А. М. Керамика для технологов / А. М. Салахов, Р. А. Салахова. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. – 234 с. – ISBN 978-5-7882-0913-5. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/61861.html>
5. Павлова, И.А. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учебник / И.А. Павлова, К.Г. Земляной, Е.П. Фарафонтова ; Мин-во науки и высш. обр. РФ. –Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 192 с.
6. Власова, С.Г. Основы химической технологии стекла: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013.— 108 с.— ISBN 978-5-7996-0930-6.
7. Гулоян, Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю.А. Гулоян. – 3-е изд., перераб. и доп. –Владимир : Транзит-ИКС, 2015. – 710 с. – ISBN 978-5-8311-0891-0
8. Калашников, В. И. Вяжущие вещества: учебное пособие / В.И. Калашников, М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 96 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к проведению практических занятий по дисциплине
«Теоретические основы производства неметаллических и силикатных
материалов»

Составители:

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

Ответственный за выпуск:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ».