

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

РУДНЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра строительства и строительного материаловедения

ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС  
по дисциплине «Строительная керамика 1»

для студентов специальности  
Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Составила Д.М. Тажибаева, преп.  
Утвержден на заседании кафедры  
Протокол № 7 от 04.11.2014г.  
Заведующая кафедрой  
О.А. Мирюк

Рудный 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Впервые слово «керамика» появилось в языке эллинов и произошло от слова «керAMOS» (по гречески – глина). Понятие «керамика» распространилось на гончарное производство и искусство, на исходное сырье из которого изготавливались гончарные изделия.

На итальянском языке глину и вообще землю называют «террой», а слово «обожженная» звучит как «кота». «Терракота» - обожженная земля. Этот термин распространили на гончарную глину высшего качества и керамические изделия из нее.

Керамика – это кирпич, из которого возводят дома и различные сооружения, облицовочная плитка и кровельная черепица. Керамика – это санитарно-технические фаянсовые изделия, керамзит, огнеупорные и электротехнические изделия. Керамика – это роскошные сервизы и посуда, скульптура, сувениры и другие изделия.

Таким образом, керамика получила широкое распространение в строительстве, технике в быту и без нее невозможно представить существование человека.

К керамике относятся все виды материалов, полученные особым «керамическим» способом из глин и смесей глин с минеральными добавками или других минеральных масс, доведенных обжигом при высоких температурах (900-1100, а иногда и 2000 °С) до камневидного состояния. Керамическая кирпичная стена отвечает самым высоким требованиям комфортности и долговечности, аккумулирует тепло, благоприятно воздействуя на климат жилища. Если комфортность деревянной постройки принять за единицу, то комфортность помещений из керамических материалов соответствует коэффициенту 0,7, из ячеистого бетона - 0,2, из силикатного кирпича - 0,1, из железобетона - 0,05 [1].

Производство эффективных пустотелых керамических стеновых изделий, по сравнению с производством полнотелого кирпича позволяет снизить расход сырья на 25-30 %, расход топлива на 10 % и более. Применение эффективных керамических изделий в строительстве, благодаря их пониженной теплопроводности, позволяет снизить толщину наружных стен зданий на 25-30% [4].

Сырьевая база Республики Казахстан по качеству и разведанным запасам позволяет производить эффективные и лицевые стеновые керамические материалы, кровельную черепицу, керамическую облицовочную плитку, изделия теплоизоляционной поризованной керамики, санитарно-технические и огнеупорные изделия.

Залогом получения керамических изделий высокого качества является естественная и технологическая обработка глинистых пород (зумпфование, вымораживание, подогрев, вакуумирование, ультразвуковая обработка и др.), а также его предварительная активация (механическая, биологическая и др.) [6].

Новые разработки и особенности производства наметились в лицевых керамических материалах, в том числе архитектурно-отделочных. Кроме традиционных способов — экструзия, штамповка - освоены методы объемного формования и виброобразования поверхности.

## Раздел 1 Классификация и основные свойства строительных керамических материалов и изделий

### План

#### 1.1 Классификация строительной керамики

#### 1.2 Свойства строительной керамики

1. По конструктивному назначению керамические материалы и изделия разделяют на стеновые (кирпич, камни керамические, блоки, панели), кровельные (черепица глиняная), для перекрытий (пустотелые камни, балки, панели перекрытия и покрытия из керамических камней), для облицовки фасадов зданий (кирпич и камни керамические лицевые, ковровая керамика, архитектурно-художественные детали, плитки фасадные, подоконные сливы, плитки малогабаритные), для внутренней облицовки (плитки для полов, глазурованные плитки фасонные детали к ним – карнизы, уголки, пояски), заполнители для легких бетонов (аглопорит, керамзит, «керамдор»), трубы керамические канализационные и дренажные, дорожный кирпич, санитарно-технические (умывальные столы, ванны, унитазы), кислотоупорные (кирпич, плитки, трубы) и фасонные детали к ним, огнеупоры и теплоизоляционные (перлитокерамика, диатомитовая и др.).

Стеновые материалы применяют для возведения стен зданий и сооружений. К ним относят: обыкновенный глиняный кирпич (полнотелый), кирпич пустотелый, в том числе дырчатый и пористо-дырчатый нормального размера по высоте (65 мм) и полуторный (103 мм), пустотелые камни, кратные размеру кирпич. Виброкирпичные панели представляют собой готовые к сборке элементы каменных зданий высотой, равной высоте этажа, и длиной, равной шагу (или его части) конструктивно-планировочной сетки здания.

Керамические изделия обладают различными свойствами, которые определяются составом исходного сырья, способами переработки, а также условиями тепловой обработки. Материал, из которого состоят керамические изделия, в технологии керамике называют керамическим черепком. По структуре черепка различают изделия с пористым и со спекшимся (плотным) черепком, а также изделия грубой и тонкой керамики. К пористым относят изделия, у которых водопоглощение черепка превышает 5% (по массе). Обычно такой черепок пропускает воду. Плотным считают черенок с водопоглощением ниже 5%, как правило, он водонепроницаем.

Стеновые, кровельные и фасадные керамические материалы являются основными видами пористых изделий грубой строительной керамики. У изделий грубой керамики черенок имеет в изломе зернистое строение (макронеоднородное), это большинство строительных керамических изделий – строительный кирпич, черепица, канализационные трубы и т.д. У изделий тонкой керамики излом черепка имеет макрооднородное строение.

По способу формования различают изделия пластического формования, полусухого прессования и литые. К изделиям пластического формования относятся: кирпич сплошной обыкновенный, строительный легковесный, керамические камни и др., полусухого прессования – кирпич пустотелый обыкновенный.

венный, плитки облицовочные, плитки для полов (метлахские) и др., к литьевым: плитки майоликовые, фасадные, ковровые, санитарно-технические и др.

В настоящее время все основные виды керамических материалов и изделий стандартизированы. В государственных стандартах отражены типы и основные размеры, технические требования, методы испытаний, правила приемки, маркировки, упаковки, транспортировки и хранения.

Среди стеновых керамических материалов и изделий в настоящее время наиболее распространены:

– кирпич керамический полнотелый размером 250 x 120 x 65 мм (рядовой) или 250 x 120 x 138 мм. Плотность кирпича в пределах 1600-1900 кг / м<sup>3</sup>, теплопроводность 0,71-0,82 Вт / м<sup>2</sup>, водопоглощения не менее 8%. Керамический кирпич применяют для кладки внутренних и наружных стен, столбов, сводов и других частей зданий.

– эффективные стеновые керамические пустотелые кирпич и камни с различными пустотами (цилиндрические, щелевидные) плотностью 1400-1600 кг / м<sup>3</sup>.

– керамические облицовочные материалы для фасадных поверхностей стен и полов зданий. К ним относятся: лицевой кирпич и камни, керамические фасадные плитки, ковровая керамика, плитки для внутренней облицовки, коврово – мозаичные облицовочные плитки, керамические плитки для полов.

– керамические материалы и изделия специального назначения: глиняная черепица, канализационные трубы, дренажные трубы, кислотоупорный кирпич.

## 2. Техническая характеристика изделий

### 1). Кирпич и камни керамические (ГОСТ 530 – 2008)

Размер кирпича, мм 250x120x65 (88)

Марки 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300

Предел прочности при сжатии, МПа: 7,5 – 30

Водопоглощение для пустотелых изделий, % не менее 6

Водопоглощение для полнотелого кирпича, % не менее 8

Морозостойкость, циклы , не менее 15

### 2). Плитки керамические фасадные и ковры из них (ГОСТ 13996 – 77)

Размеры ковров из плиток 48x48x4 мм:

со швом 7 мм 700x310

со швом 4 мм 710x310

Размер ковра из плиток 120 x 65 x 7 мм . . 750 x 350

Водопоглощение, % не более 10

Морозостойкость, циклы 35, 50

### 3). Плитки керамические для внутренней облицовки стен (ГОСТ 6141 – 76).

Выпускаются 26 типов. Наиболее распространены плитки размерами, мм:

квадратная гладкая с завалом с 4 сторон 150x150 x6

прямоугольный поясок 160x25x6

карнизная прямая 150 x 50 x6

плинтусная прямая 160 x 50x10

Водопоглощение, % не более 16

## 4). Плитки керамические для полов (ГОСТ 6787 – 80)

Размеры, мм: неглазурованные квадратные гладкие 150x150x10 и 100x100x10  
с рифлениями 100x100x10

неглазурованные шестигранные гладкие 150x173x11

глазурованные квадратные с рисунком 150x150x11 и 200 x 200x13

Водопоглощение, % не более 4

Истираемость, г/см не более 0,08

## 5). Трубы керамические канализационные (ГОСТ 286 – 74)

Ствол трубы, мм: внутренний диаметр D 150, 200, 250, 300  
длина L 1000 и 1200

Раструб трубы, мм; внутренний диаметр D, 224, 282, 300, 398  
глубина Z 60, 60, 60, 60

толщина стенки S 19, 20, 22, 25

Разрушающая нагрузка, кН, не менее: при диаметре труб, мм:

150 – 250 20

300 25

Выдерживаемое внутреннее гидравлическое давление, МПа не менее 0,15

Кислотостойкость, % не менее 93

Водопоглощение труб, % не менее 8.

Рекомендуемая литература [1,3, 6, 10, 11].

## Раздел 2 Сырьевые материалы для производства строительной керамики

### План

- 2.1 Виды и классификация глинистого сырья
- 2.2 Химический, гранулометрический составы
- 2.3 Влияния вида сырья на характер технологического процесса
- 2.4 Сырьевые базы глин Казахстана
- 2.5 Трепелы и диатомиты
- 2.6 Непластичные материалы и добавки
- 2.7 Глазури и ангобы

2.1 Основным сырьем для производства керамических изделий являются глинистые материалы, трепельные, аргиллитовые и диатомитовые породы, органические и минеральные добавки, плавни. Стеновые и кровельные керамические материалы изготавливают в основном из легкоплавких глин.

Термином «глина» обозначают тонкодисперсную фракцию горных пород, состоящих из глинообразующих минералов (гидроалюмосиликатов) и примесей иных минералов, способную при затворении с водой образовывать пластичное тесто, которое в высушенном состоянии обладает некоторой прочностью, а после обжига приобретает камнеподобные свойства.

Глинистое сырье классифицируют:

- по химико-минералогическому составу – глины каолиновые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые;
- по назначению – кирпичные, керамзитовые, фарфорофаянсовые и др.;
- по огнеупорности – огнеупорные, имеющие огнеупорность свыше  $1580^{\circ}\text{C}$ , тугоплавкие – от  $1350$  до  $1580^{\circ}\text{C}$  и легкоплавкие – до  $1350^{\circ}\text{C}$ .

По ГОСТ 9169 – 91 глинистое сырье для керамической промышленности делится по основным показателям следующие классы и группы.

– по огнеупорности:

- а) огнеупорные – огнеупорность свыше  $1580^{\circ}\text{C}$ ;
- б) тугоплавкие – огнеупорность от  $1350$  до  $1580^{\circ}\text{C}$ ;
- в) легкоплавкие – огнеупорность ниже  $1350^{\circ}\text{C}$ .

– по содержанию суммы окислов  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$  в процентном содержании:

- а) высокоосновные – более 40 %;
- б) основные – от 30 до 40%;
- в) кислые – менее 15%.

– в зависимости от степени спекания:

- а) сильноспекающиеся – способные при обжиге давать черепок без признаков пережога с водопоглощением не более 2%.
- б) среднеспекающиеся – обеспечивающие возможности, получения черепка без признаков пережога с водопоглощением не более 5%;
- в) неспекающиеся – не способные давать спекшийся черепок (с водопоглощением не более 5%) .

– в зависимости от температуры спекания (водопоглощение не более 5%):

- а) низкотемпературного спекания, температура спекания ниже  $1100^{\circ}\text{C}$ ;
- б) среднетемпературного спекания, температура спекания от  $1100$  до  $1300^{\circ}\text{C}$ ;

- в) высокотемпературного спекания, температура спекания выше 1300°C.  
 – по содержанию красящих окислов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$ ) в прокаленном состоянии:
- а) с очень низким содержанием окислов:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$  – не более 1 %;
  - б) с низким содержанием окислов:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – менее 1,5 %,  $\text{TiO}_2$  – менее 1 %;
  - в) с средним содержанием окислов:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – от 1,5 до 3%,  $\text{TiO}_2$  – от 1 до 2%;
  - г) с высоким содержанием окислов:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – более 3 %,  $\text{TiO}_2$  – более 2 %
- по пластичности (по ГОСТ 5499 – 59):
- а) высокопластичные – число пластичности более 25;
  - б) среднепластичные – число пластичности от 15 до 25;
  - в) умереннопластичные – число пластичности 7 до 15;
  - г) малопластичные – число пластичности 3 – 7;
  - д) непластичные – не способные при затворении давать пластичное тесто.
- по содержанию тонкодисперсных фракций:
- а) высокодисперсные – с содержанием частиц размером менее 10 мк более 85%; или менее 1 мк более 60%;
  - б) дисперсные – соответственно от 40 до 85% или от 20 до 60%;
  - в) грубодисперсные – соответственно менее 40% или менее 20%.
- по содержанию крупнозернистых включений:
- а) с низким содержанием включений – частиц более 0,5 мм не свыше 1 %;
  - б) со средним содержанием включений – то же, от 1 до 5%;
  - в) с высоким содержанием включений – то же, свыше 5%.
- по размеру включений:
- а) с мелкими включениями – преобладают включения менее 2 мм;
  - б) со средними включениями – то же, от 2 до 5 мм;
  - в) с крупными включениями – то же, более 5 мм.
- по виду включений:
- а) с кварцевыми; б) с железистыми; в) с карбонатными;
  - г) с гипсовыми; д) с органическими.

2.2 Химический состав каолинистых глин включает 39,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (глинозема), 46,5%  $\text{SiO}_2$  (кремнезема) и 14%  $\text{H}_2\text{O}$  (химически связанной воды)

В глинах наиболее характерных видов содержится, %:

кремнезема – 46 – 85;	двуоксида титана – 0,2 – 1,5;
глинозема – 10 – 35;	оксида щелочных металлов – 0,1 – 6;
оксида железа – 0,2 – 10;	сернистого ангидрида – 0 – 0,5;
оксида кальция – 0,03 – 6;	потерь при прокаливании – 8 – 14

Кремнезем в глинах может находиться как в связанном состоянии так и в свободном, представленным примесями кварцевого песка. Сильно запесоченные глины обычно являются легкоплавкими. имеют ухудшенные формовочные и обжиговые свойствами, низкой пластичностью. Изделия из них имеют высокую пористость, малую механическую прочность и низкую морозостойкость.

Глинозем – основная часть глин, в составе глинообразующих минералов. С увеличением содержания глинозема в глинах повышается пластичность, ог-

неупорность и прочность изделий.

Двуоксид титана в зависимости от соотношения с другими оксидами придает обожженным изделиям зеленоватую окраску.

Закись железа  $\text{FeO}$  во время обжига изделий действует как плавень, а оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  кристаллизуется в гематит или при взаимодействии с органическими примесями переходит в закись, оказывая, флюсирующее действие и снижая огнеупорность. Оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , закись железа  $\text{FeO}$ , пирит  $\text{FeS}_2$ , гидроксид железа и карбонат железа, придают изделиям красноватый оттенок.

Оксиды кальция и магния находятся в глинах в виде  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ . Оксид кальция понижает температуру плавления, изменяет окраску обжигаемых изделий, снижает прочность и морозостойкость, повышает пористость

Оксиды щелочных металлов являются сильными плавнями, они понижают температуру обжига и повышают плотность и прочность изделий. Присутствие их в глинах ослабляет красящие свойства оксида железа и двуоксида титана. Плавни улучшают спекание керамического изделия при обжиге, снижают температуру обжига. В качестве плавней: используют полевые шпаты, пегматиты, стеклобой и другие отходы производства.

Потери при прокаливании – вещества, способные испаряться, сгорать и т. д., – органические вещества, механически связанная и кристаллизационная вода. – остатки растений и гумусовых веществ снижают огнеупорность глин, повышают пластичность за счет большого количества связанной воды, и, следовательно, повышают воздушную усадку. С увеличением их содержания увеличивается пористость и снижается механическая прочность изделий.

Гранулометрический состав глин – процентное содержание зерен различной величины в глинистой породе.

Глинистое сырье по содержанию тонкодисперсных фракций разделяют на:

- высокодисперсное, содержащее более 85 % фракций размером менее 10 мкм и более 60% фракций менее 1 мкм;
- дисперсное, содержащее от 40 до 85 % фракций размером менее 10 мкм и 20 - 60% фракций менее 1 мкм;
- грубодисперсное, содержащее менее 40 % фракций размером менее 10 мкм и менее 20% фракций менее 1 мкм;

Чем дисперсией глины, тем они пластичнее, но чувствительнее к сушке. Глины, запесоченные крупнозернистым песком, менее чувствительны к сушке, чем глины, содержащие тонкодисперсный песок. Являясь сильно отощенными, глины второго вида дают малую усадку, в то же время их прочность и растяжимость снижаются, а теплопроводящая способность не повышается, так как поры этих глин очень малы и обладают большим гидродинамическим сопротивлением. К тому же эти глины нетрещиностойки.

2.3 В зависимости от группы, к которой принадлежит сырье, согласно классификации по ГОСТ 9169 – 91, определяется принципиальная возможность использования его в промышленности для производства того или иного типа изделий. Так, для производства высших сортов фарфора, фаянса и электроизо-

ляционных изделий используют главным образом каолины и огнеупорные глины с весьма низким содержанием красящих окислов.

Для производства фарфора, санитарно-строительных фаянсовых изделий и фаянсовых облицовочных плиток применяют преимущественно каолины и огнеупорные глины с низким и средним содержанием красящих окислов, дающих равномерное окрашивание черепка.

Для химически стойких изделий (кирпич, плитки, насадочные кольца) используют огнеупорные и тугоплавкие глины низкотемпературного и среднетемпературного спекания (главным образом сильноспекающиеся).

При производстве плиток для полов применяют в основном огнеупорные и тугоплавкие глины низкотемпературного спекания, обеспечивающие равномерное окрашивание черепка.

Для канализационных труб используют преимущественно глины огнеупорные и тугоплавкие, низко- и средне температурного спекания, высоко-, средне- и умереннопластичные.

Для производства фасадных изделий применяют глины с равномерно окрашенным после обжига черепком. Для изготовления эффективных стеновых изделий используют легкоплавкие среднепластичные и умеренно-пластичные глины. Рядовые легкоплавкие глины применяют для производства обыкновенного глиняного кирпича, дренажных труб и черепицы.

Пригодность глинистого сырья для производства того или иного вида изделий определяется его свойствами, зависящими от химико-минералогического и гранулометрического состава.

2.4 В зависимости от степени изученности месторождения запасы подразделяются на категории А, Б, С(1) и С(2).

– категория А. Полностью выяснены условия залегания, выявлены природные типы и промышленные сорта сырья, технологические свойства и условия эксплуатации.

– категория Б. Выяснены основные особенности условий залегания, природные типы и промышленные сорта сырья, закономерности их распределения без точного пространственного расположения.

– категория С(1). В общих чертах выяснены условия залегания, природные типы, промышленные сорта, технологические свойства и условия эксплуатации.

– категория С(2). Предварительно оценены условия залегания, формы и распределение залежей, качество определено по единичным пробам и образцам.

На территории Казахстана представлены следующие месторождения глин:

1) Берлинское месторождение огнеупорных глин расположено в Кустанайской области. Запасы по категории А+В+С - 187 млн.т. По минеральному составу глины каолиновые с небольшой примесью смешано слойного минерала монтмориллонито-гидрослюдистого состава. Используются для производства санитарных изделий, полукислые глины для производства всех видов керамических плиток и кислупорного кирпича.

2). Танкерисское месторождение глин находится в Акмолинской области в 45 км от г. Астаны. Запасы глин по категории А+В+С 2,5 млн. т. Глины однородные по цвету – белые или светлоокрашенные. По минеральному составу представлены в основном гидрослюдисто- каолиновой глиной с включениями смешанослойного минерала и кварца. В качестве примеси присутствуют элевролит, гидроксиды железа, пирит, полевой шпат и др. Предназначены для производства санитарно – керамических изделий и для производства всех видов керамических плиток и кислупорного кирпича (с числом пластичности более 20).

3) Целиноградское месторождение тугоплавких глин расположено в 6 км от Астаны. Запасы глины по категории А+В+С около 13 млн т. По минералогическому составу глины монтмориллонито-гидрослюдисто-каолинитовые, содержат значительное количество водорастворимых солей, в основном хлоридов. Число пластичности от 7,2 до 47. Глины используются для производства кислупорных изделий, плиток всех видов, фасадных изделий и плиток для внутренней облицовки зданий.

4) Алексеевское месторождение первичных каолинов в кокчетавской области в 27 км от г. Кокчетавы. Запасы по категориям А+В+С 63 млн.т. Каолины данного месторождения в керамической промышленности практически не используются из-за большого остатка коагулянта в обогащенном концентрате.

2.5 Трепелы и диатомиты представляют собой рыхлые или землистые массы светлых тонов, богатые аморфным кремнеземом. Образовались они из панцирей диатомитовых водорослей, которые после отмирания растений скапливались на дне водоемов и уплотнялись с прослойками ила и глины. Трепел более раннего происхождения, в нем панцири превратились в микроскопические зерна опалового кремнезема. Химический состав трепелов и диатомитов, %:  $\text{SiO}_2$  – 70 - 96,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5-15,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2- 5,  $\text{CaO}$  – 0,5- 5,  $\text{MgO}$  – 0,5- 3, п.п.п. – 4 - 8. Физические свойства их тоже близки: средняя плотность 350 – 1270 кг/м<sup>3</sup>, пористость 50 – 85 %, твердость 1– 3, плотность 2– 2,7 г/см<sup>3</sup> теплопроводность 0,17– 0,23 Вт/(м·°С). По гранулометрическому составу они схожи с глинами.

Трепелы и диатомиты применяются в производстве кирпича и пустотелых камней как основное сырье; кирпич-сырец из этого сырья не трескается при быстрой сушке и не деформируется, дает малую усадку при обжиге. Но изделия из них недостаточно морозостойки, для увеличения морозостойкости в формуемую массу вводят уголь или опилки, повышают температуру обжига, подвергают массу вакуумированию для удаления из нее воздуха.

2.6 Для улучшения сушильных и обжиговых свойств глины, сокращения длительности процессов сушки и обжига и увеличения пористости изделий применяют различные добавки. По своему назначению делятся на:

1) отошающие – снижающие пластичность глин, а также уменьшающие усадку глин, их чувствительность к сушке и обжигу, что способствует получению изделий без трещин и искривлений;

2) выгорающие, которые, выполняя в той или иной степени функцию отошающих добавок, одновременно способствуют обжигу изделия, сокращают расход полноценного топлива, увеличивают пористость и снижают вес изделий.

Отошающие материалы. Для уменьшения воздушной и огневой усадки в состав массы вводят отошающие материалы: кварцевый песок, жильный кварц, кремь, шамот, дегидратированную глину.

Кварц – один из наиболее распространенных в природе минералов. Кремнезем, образующий кварцевые породы, в процессе нагревания и охлаждения переходит в другие кристаллические модификации (кварц, кристобалит, тридимит). Этот переход связан с изменением объема зерен кварца, что может привести образованию трещин в изделиях. Кварцевый песок не должен содержать крупных зерен, включений известняка и большого количества пылевидных частиц менее 0,2 мм. Последние ухудшают сушильные свойства массы.

Шамот получают измельчением специально обожженной глины при температуре 900 – 1400° С; при этом глины теряют пластичные свойства или отходов обожженной продукции. Шамот имеет невысокое водопоглощение (4 – 14%). В массу вводят от 20 до 50% измельченного шамота с зернам максимального размера 1 – 3 мм, он не понижает огнеупорности масс. В качестве шамота также используют для отошения массы измельченный бой готовых изделий.

Дегидратированная при температуре 450 – 700°С глина является качественным отошителем. Вследствие удаления химически связанной воды при нагреве, она теряет свои пластические свойства. Такую глину применяют после измельчения в качестве отошителя для уменьшения усадки при сушке.

Выгорающие добавки. К выгорающим добавкам относятся древесные опилки, торф, антрацит, каменный и бурый уголь, топливные шлаки и др., которые создают пористость после их выгорания при обжиге изделий и могут выполнять функции отошающей добавки (снижать пластичность). В ряде случаев для получения пористо-пустотелых изделий вводят комбинированные выгорающие добавки, сочетая шлак, опилки, уголь, паровозную изгарь. Предельная крупность зерен отдельных добавок обычно составляет 2 – 4 мм. Поступающие в производство тонкозернистые добавки подвергают только просеиванию; кусковые – предварительно измельчают.

Флюсующие материалы (плавни). Введение в состав массу флюсующих материалов (плавней) способствует снижению температуры обжига изделий и повышению степени спекания массы Плавни в процессе обжига вступают во взаимодействие с глинистым веществом и образуют более легкоплавкие соединения, чем чистая глина. Среди них – полевые шпаты, пегматит, мел, доломит, руды с содержанием оксидов железа и др.

По характеру воздействия на глинистое вещество плавни, применяемые для производства изделий строительной керамики, подразделяются на две группы:

- плавни-флюсы, действие которых обуславливается низкой температурой их плавления (пегматиты, нефелиновые концентраты, вулканические породы, перлиты, отходы стекольного производства – стеклобой или эрклез);

- материалы с высокой температурой плавления, но дающие при обжиге легкоплавкие соединения с глиной или с другими компонентами керамической массы (мел, доломит).

2.7 Глазури и ангобы. Некоторые виды керамических изделий для повышения санитарно-гигиенических свойств, снижения водопроницаемости и улучшения внешнего вида покрывают декоративным слоем — глазурью или ангобом. Глазурь представляет собой стекловидное покрытие толщиной 0,1—0,2 мм, нанесенное на изделие и закрепленное обжигом при высокой температуре. Глазури весьма разнообразны по свойствам, внешнему виду и химическому составу.

Цветные глазури получают путем введения в их состав окислов и солей различных металлов или специальных огнеупорных красок. Глазури могут быть прозрачными или непрозрачными (глухими), если в их состав добавляют 6% двуокиси олова.

По способу приготовления глазури разделяются на сырые и фриттованные. Первые получают помолом и смешиванием всех компонентов, вторые — плавлением непластичных компонентов с последующим помолом сплавленной массы (фритты) с пластичными составляющими.

Тугоплавкие, богатые кремнеземом, полевошпатные глазури применяют для покрытия изделий с твердым черепком, например фарфора. Эти глазури состоят из полевого шпата, кварца, мела, мрамора, пегматита, каолина и глины с добавлением тонкомолотого фарфорового боя.

К глазурям всех видов и назначений предъявляется основное требование — согласованность коэффициента термического расширения глазури и керамического черепка покрываемого изделия.

Ангобом называют покрытие из тонкого слоя беложгущейся или цветной глины. Ангоб обжигают до полного спекания с изделием. Для ускорения спекания добавляют плавни, например стекольный бой. Связь ангоба с покрываемым изделием тем прочнее, чем тоньше его помол и чем ближе состав массы изделия и ангоба. Основное требование, предъявляемое к ангобу, — одинаковые величины усадки массы изделия и слоя ангоба при сушке и обжиге.

Рекомендуемая литература [1,2,3, 6, 8].

## Тема 3 Основы глиноведения

### План

#### 3.1 Генезис глин и каолинов.

#### 3.2 Минералогический состав глин.

3.1 Глины – тонкодисперсный продукт разложения и выветривания разнообразных горных пород под воздействием физических, физико-химических и биохимических процессов, протекающих в поверхностной зоне земной коры (преобладающие размеры частиц – менее 0,01мм), представляют собой полиминеральные смеси, образующие с водой пластичное тесто, которое сохраняет приданную ему форму после высыхания и приобретает прочность камня после обжига. В зависимости от геологических условий образования (накопления) все глинистые материалы могут быть разделены на остаточные или первичные, образовавшиеся непосредственно на месте распада материнской породы, и осадочные или вторичные, образовавшиеся в результате переноса и осаждения глинистых отложений водой, ледниками, ветром. Как правило, остаточные глины низкого качества, в них сохраняются неразложившиеся материнские породы, часто они засорены гидроксидами железа и обычно слабопластичны.

Вторичные глины разделяются на делювиальные, перенесенные дождевыми или снеговыми водами, ледниковые и лессовые, перенесенные соответственно ледниками и ветром. Делювиальные глины характеризуются слоистым напластыванием, большой неоднородностью состава и засоренностью различными примесями. Ледниковые глины обычно залегают линзами и сильно засорены посторонними включениями (от валунов до щебенки). Наиболее однородны лессовые глины. Они характеризуются высокой дисперсностью и пористым строением.

3.2 Глины состоят из глинистого вещества и примесей. Глинистое вещество складывается из одного глинистого минерала (мономинеральные глины) или из смеси различных глинистых минералов (полиминеральные глины), что наиболее характерно для легкоплавких глин. Минеральный состав глин и их свойства зависят от условий образования, возраста, происхождения и целого ряда других факторов и могут изменяться даже в пределах одного определенного месторождения.

Глинистое вещество представляет собой в основном гидроалюмосиликаты  $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$  (где значения  $m$ ,  $n$  и  $p$  изменяются в зависимости от вида глинистого минерала), в кристаллическую решетку которых могут входить также  $K$ ,  $Na$ ,  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $Fe$ . Их свойства совершенно различны. Глинистые минералы разбиваются на ряд групп, основные из которых приведены ниже.

Каолинитовая группа включает каолинит, диккит и накрит (химический состав -  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). В природе наиболее распространен каолинит. Он мало чувствителен к сушке и обжигу. Каолинит слабо набухает в воде и обладает небольшой адсорбционной способностью и пластичностью, так как присоединяет и удерживает сравнительно небольшое количество воды и поэтому при сушке сравнительно быстро отдает воду. Каолинитовые глины чаще мало или умеренно пластичны, реже среднепластичны. Входит в состав многих огне-

упорных тугоплавких глин и каолинов; размер частиц менее 0,01мм; после обжига сохраняет белый цвет (первичные глины).-

Группа галлуазита –  $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$  – включает галлуазит, феррогаллуазит и метagalлуазит, является частым спутником в каолинах и каолинитовых глинах. Галлуазит по сравнению с каолинитом обладает большей дисперсностью, пластичностью и адсорбционной способностью.

Монтмориллонитовая группа – основными представителями является: монтмориллонит, нонтронит, бейделлит. Представляет собой сложные гидроалюмосиликаты ( $Al_2O_3 \cdot 3-5SiO_2 \cdot K_2O$  и  $H_2O$ ), в состав которых обычно входят Mg, Ca, Fe. Бейделлит в сочетании с гидрослюдами присутствует в основном в легкоплавких глинах. Монтмориллонитовые минералы по сравнению с остальными имеют наиболее высокую степень дисперсности, наибольшую набухаемость, пластичность, связность и высокую чувствительность к сушке и обжигу. Монтмориллонит присоединяет, и прочно удерживает значительное количество воды. При увлажнении сильно набухает увеличивается в объеме до 10-12 раз) и поэтому при сушке дает значительную усадку, склонен при сушке к трещинообразованию. Монтмориллонитовые глины всегда высокопластичны.

Гидрослюды (иллит, гидромусковит, глауконит и др.) являются продуктом разной степени гидратации слюд. Гидрослюды в значительном количестве присутствуют в большинстве легкоплавких глин. В небольших количествах встречаются также в огнеупорных и тугоплавких глинах. По степени связи с водой и по свойствам занимает среднее положение между монтмориллонитом и каолинитом. Гидрослюдистые глины средне- или умеренно пластичны, имеют пониженную температуру спекания.

Монотермит  $0,2(K, Na, Mg, Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 0,5H_2O$  присутствует в некоторых огнеупорных, тугоплавких глинах вместе с каолинитом. Монотермитовые глины более тонкодисперсны, чем каолинитовые, обладают большей набухаемостью и пластичностью. Все глинообразующие минералы являются силикатами, имеющими слоистое строение.

Примеси. Важнейшими примесями в глинах являются: кварцевый песок, слюда, железистые соединения, карбонаты, сульфаты, и органические примеси.

Кварцевый песок уменьшает пластичность и связующую способность, усадку в сушке и обжиге и чувствительность глин к этим процессам. Его содержание колеблется от нескольких до 60%. Тонкозернистые фракции песка (шлюф) повышают чувствительность глин к сушке. Пески с размером зерен от 0,01 до 0,25мм считаются мелкозернистыми; 0,25- 0,5мм - среднезернистыми; 0,5-1 мм – крупнозернистыми и 1-32 мм – грубозернистыми. По происхождению пески бывают речные, озерные, морские и донные. Наиболее качественны донные пески.

Соединения железа встречаются в виде; пирита  $FeS_2$ , гидроокислов железа – лимонита, гидрогематита; карбонатов – сидерита и окислов железа. В тонкодисперсном состоянии они снижают температуру плавления глин. Присутствие их в виде зернистых включений дает выплавки и так называемую «мушку», Соединения железа в тонкодисперсном состоянии окрашивают глины от желтого до буро-ржавого цвета, а после обжига от розовых до красных тонов. В присутствии тонкодисперсных карбонатов интенсивность окраски после обжига снижа-

ется. В зависимости от среды при обжиге глины окисное железо может переходить в закисное {в восстановительной среде) и наоборот (при окислительной среде).

Карбонаты магния и в особенности кальция являются вредной примесью, разрушающей изделия после обжига. В тонкодисперсном состоянии обуславливают повышенную пористость и пониженную прочность обожженного изделия. Са и Mg снижают огнеупорность и уменьшают интервал спекания глины. Содержание карбонатов глины может достигать 25 – 30%.

Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  часто содержится в легкоплавких глинах в виде отдельных скоплений. При высокотемпературном обжиге может дать выплавки в виде прозрачного зеленоватого стекла.

Растворимые соли содержатся в виде сернокислых, углекислых и других соединений, обычно Na, K, Mg и Ca, составляют доли процента, но иногда достигает 3% и более (например, лессовидные суглинки). Присутствие солей Na и K в большом количестве вызывает зыбкость глины. Наличие в материале  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , кристаллизующегося с 10 молекулами воды в порах изделия, может вызвать его разрушение. Растворимые соли (сульфаты) дают на обожженном изделии белесоватые выцветы и пятна и ухудшают сцепление поверхности изделия со штукатуркой. Желтовато-зеленоватые выцветы на изделиях могут дать также и растворимые соли ванадия, соединения Na и K сильные плавни и резко снижают огнеупорность и температуру спекания глины.

Органические примеси присутствуют иногда в значительном количестве (до 2 – 3% и более) в виде гумусовых соединений, угля, битума и т. п. Они придают глине окраску от серой до темной, при обжиге выгорают. Большое содержание таких примесей в легкоплавкой глине и быстрый подъем температуры могут вызвать ее вспучивание.

Рекомендуемая литература [1, 2, 3, 8, 10 ].

## Раздел 4 Свойства глинистых материалов

### План

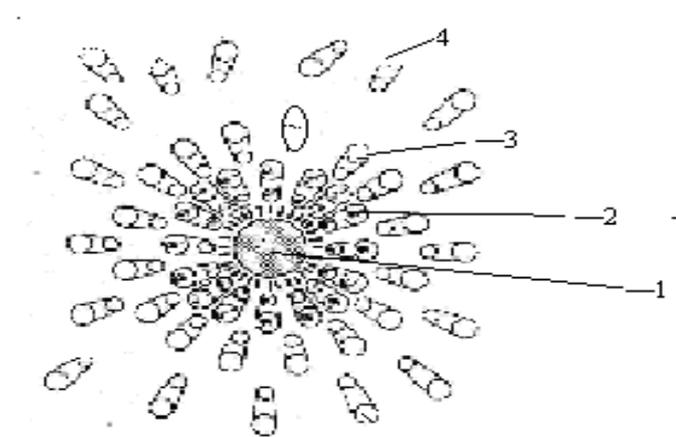
4.1 Свойства глин по отношению к воде: строение системы «глина – вода», влагоемкость, пластичность

4.2 Реологические свойства глиняных масс

4.3 Сушильные свойства глин: воздушная усадка, чувствительность глин к сушке

4.4 Термические свойства глин: огнеупорность, огневая усадка, спекаемость

4.1 Технологические свойства глин характеризуют материал на разных стадиях его обработки в процессе изготовления из него изделий. Эти свойства обуславливаются процессами, происходящими в материале при затворении во водой, формировании, сушке, обжиге.



1 - частица глинообразующего минерала; 2 и 3 - адсорбированная (прочносвязанная) вода; 4 – слой диффузионной или рыхло связанной воды

Рисунок 1 – Схематическое строение водной оболочки зерна глины

Поверхность частицы 1 глинообразующего минерала имеет всегда отрицательный заряд, который создает вокруг нее силовое поле. Вследствие его воздействия молекулы воды ориентируются в направлении к отрицательному заряду частицы, и плотно окружают ее поверхность. По мере удаления от поверхности напряжение силового поля, а следовательно, и интенсивность притяжения молекул воды убывает. Поэтому частица глинообразующего минерала окружена несколькими концентрированными слоями воды, каждый из которых удерживается частицей с различной силой, убывающей от центра к периферии: слои 2 и 3 - адсорбированная (прочносвязанная) вода и слой 4 – диффузионная или рыхло связанная вода.

По мере удаления от поверхности напряжение силового поля, следовательно, и интенсивность притяжения молекул воды убывает. Поэтому частица глинообразующего минерала окружена несколькими концентрированными слоями воды, каждый из которых удерживается частицей с различной силой, уби-

вающей от центра к периферии: слои 2 и 3 - адсорбированная (прочносвязанная) вода и слой 4 – диффузионная или рыхло связанная вода.

Вся связанная вокруг зерна вода образует гидратную оболочку, толщина ее зависит от минералогического состава глин и примесей. Строением гидратной оболочки объясняются многие свойства глин, влагоемкость, набухание, размокаемость, тиксотропное упрочнение.

**Набухание.** Набуханием называется способность глины увеличивать свой объем за счет поглощения влаги из воздуха или при ее непосредственном контакте с водой. При увлажнении глин вода проникает в поры, вытесняет воздух и впитывается глинистыми частицами. Происходит процесс набухания, сопровождающийся гидратацией глинистых частиц и увеличением их объема. С увеличением количества воды глина переходит в пластичное состояние и приобретает необходимую для формования рабочую влажность (так называемая вода затворения). Рабочая влажность (относительная) многих глин находится в пределах 18 – 25%. Процесс набухания во времени затухает. Рыхлые породы глин набухают быстрее, чем плотные. Запесоченность глин понижает степень их набухания. Величина набухания, рабочая влажность и пластичность глин зависят от количества и видов глинистых минералов, входящих в состав глин, и тем выше, чем больше их количество и дисперсность. Монтмориллонитовые глины набухают сильнее, чем каолинитовые. При набухании, в особенности монтмориллонитовых глин, они могут увеличиться в объеме в несколько раз.

Влагоемкость характеризует способность глины вмещать в себя определенное количество воды и удерживать ее. С увеличением дисперсности глины ее влагоемкость возрастает. Монтмориллонитовые глины обладают наибольшей влагоемкостью, каолинитовые – наименьшей.

Размокание представляет собой распад в воде крупных глинистых агрегатов на более мелкие или элементарные частицы. Первая стадия распада глинистого агрегата происходит при его набухании, когда молекулы воды, втягиваясь в промежутки между зернами глины, расклинивают их. По мере увеличения толщины водной оболочки ослабляется связь между отдельными зернами глины, и они начинают свободно перемещаться в воде, находясь в ней во взвешенном состоянии, – происходит полное размокание глины. Плотные глины размокают очень трудно. Чтобы ускорить процесс размокания, глину перемешивают, механически разрушая ее или подогревают воду.

Тиксотропное упрочнение – свойство влажной глиняной массы самопроизвольно восстанавливать нарушенную структуру и прочность при неизменной влажности. Так, если свежеприготовленный шликер (глиняная масса жидкой консистенции) оставить на некоторое время в покое, то он загустеет и упрочнится, а после перемешивания его текучесть восстановится. Так может повторяться многократно. Самоупрочнение глины происходит вследствие процесса переориентации частиц глины и молекул воды, что увеличивает силу их сцепления. При этом также происходит процесс перехода части свободной воды в связанную. Тиксотропия глин имеет большое значение при приготовлении шликеров, пластичного теста и формовании изделий.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду при непосредственном контакте с ней. Это свойство характеризуется степенью заполнения объема пор водой. Водопоглощаемость некоторых глин достигает больших количеств, причем вода проникает не только по трещинам и капиллярам, но и между слоями в кристаллической решетке некоторых минералов, раздвигая их с эффектом набухания глины до 40% и более.

Различают:

- Объемное водопоглощение, %:

$$B_0 = \frac{m_H - m_C}{V} \cdot 100 \quad (1)$$

- Водопоглощение по массе, %:

$$B_m = \frac{m_H - m_C}{m_C} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $m_H$  – масса образца, насыщенного водой, г

$m_C$  – масса сухого образца, г

$V_e$  – объем материала в естественном состоянии,  $\text{см}^3$

Пластичность заключается в способности глины образовывать при затворении водой тесто, которое под воздействием внешних усилий может принимать любую форму без разрыва сплошности и сохранять эту форму после прекращения действия усилий. Степень пластичности глин характеризуется числом пластичности  $\Pi$ , определяемым по формуле

$$\Pi = w_\tau - w_p, \quad (3)$$

где  $w_\tau$  и  $w_p$  – влажность соответственно пределов текучести и раскатывания, %

Число пластичности определяет интервал влажностей, в котором глина сохраняет пластическое состояние.

Пластичность зависит от гранулометрического и минералогического состава, вида глинистых минералов а также запесоченности глин. С повышением дисперсности глин их пластичность возрастает, наибольшей пластичностью обладают монтмориллонитовые глины, наименьшей – каолинитовые. Запесоченность глин понижает их пластичность

Пластичность можно увеличить механическим измельчением, длительным вылеживанием, промораживанием, добавкой более пластичных глин и пластифицирующих добавок, например сульфитно-спиртовой барды (ССБ). Пластичность можно уменьшить введением отошающих материалов (песка,

шлака, дегидратированной глины и др). Количество воды, необходимое для проявления пластичности, у разных глин колеблется в широких пределах.

Увеличение пластичности достигается вылеживанием и вакуумированием масс, снижение пластичности, можно добиться путем введения в массу более тощих глин, кварцевого песка или шамота.

Связующей способностью глин называется способность сохранять пластичность при введении в них непластичных материалов (песка, шамота и др.) т.е. свойство связывать частицы непластичных материалов (песка, шамота), «охраняя при этом способность массы формоваться и давать после сушки достаточно прочное изделие. Глина способна связывать частицы песка или шамота и образовывать прочное изделие. Критерием связующей способности является число пластичности массы. Измеряется связующая способность глин количеством нормального (ГОСТ 6139 – 78) песка, при добавлении которого образуется масса с числом пластичности 7. Связующая способность зависит главным образом от гранулометрического и минералогического составов глины.

4.2 Согласно современным представлениям керамические массы относятся к системам с коагуляционной твердообразной структурой и обладают пластично – вязкими и упругими свойствами.

Пластично-вязкие свойства определяются при деформации материала вязкостью тонких прослоек дисперсной среды и степенью разрушения пространственного каркаса.

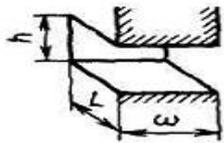
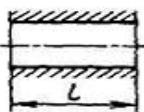
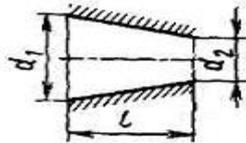
Упругие свойства зависят не от свойств частиц образующих структуру, а от характера коагуляционных связей, когда частицы взаимодействуют между собой через тонкие прослойки жидкой водной среды.

Имеются 2 способа определения реологических свойств выкопластичных сред. Эти способы предусматривают использование в качестве реаметров цилиндрический и щелевой каналы.

Исходными данными для методов определения реологических свойств керамических масс является установленный экспериментальный факт – давление в формирующем канале шнекового пресса, давление на корпус глинорастирателя при продавливании керамической массы и распорные усилия в вальцах прямо пропорциональны коэффициенту эффективной вязкости и зависят от геометрии канала и скорости потока. Рисунки графиков зависимости от геометрии рабочего канала представлены в таблице 1.

Масса в ленточном шнековом прессе проходит условно каналы различной геометрической формы – винтовой канал, клиновой и прямоугольный. Принимается, что разрывов в потоке массы нет и послойное течение не нарушается, и пластичная глина под действием внешних нагрузок «течет». Для описания используют уравнение движения не сжимаемой вязкой среды и уравнение неразрывности потока. Уравнение неразрывности, отражает условие, согласно которому в элемент пространства поступает столько среды сколько из него выходит.

Таблица 1 – Расчетные зависимости для определения характеристик рабочего канала машины

Рабочий канал	Формулы вязкопластичного «потока», полученные на основе метода Оствальда-де-Вилля
Щелевой 	$Q = \frac{h^{n+2} L p^n}{\mu_1^n \omega^n (n+2) 2^{n+1}}$
Цилиндрический 	$Q = \frac{\pi R^{n+3} p^n}{\mu_1^n l^n 2^n (3+n)}$
Конусный 	Приближенно $Q = \frac{\pi d_1^{3n} d_2^{3n} (d_1 + d_2)^{3-3n}}{256 (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2)^n} \times \left( \frac{6p}{\mu_1 l} \right)^n$
С поперечным сечением произвольной формы (примерно одинаковым по всей длине канала) 	$Q = \frac{S^{(2\psi+1)} p^n}{2l^n \Pi^{(\psi+1)} \mu_1^n}$

Для расчета давления, затрачиваемого на течение сред с произвольными свойствами через последовательно соединенные каналы разной геометрии, т.е. вязкостной и упругой составляющих давления прессования керамических масс используют формулу:

$$P_{\text{пол}} = P_1 + P_2 + P_3, \quad (4)$$

где  $P_1$  - давление сдвигового напряжения для преодоления сопротивления вязкого течения слоев материала:

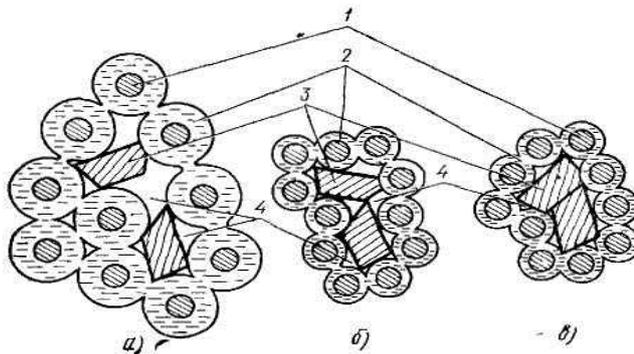
$P_2$  – затраты давления на преодоление напряжения при изменении профиля конуса.

$P_3$  – характеризует упругие свойства среды.

4.3 Изменения, которые происходят в глиняной массе при ее сушке, выражаются в таких свойствах, как воздушная усадка, чувствительность глин к сушке и влагонепроводящая способность.

Воздушной усадкой называется уменьшение линейных размеров и объема глиняного образца при его сушке. Величина воздушной усадки зависит от количественного и качественного состава глинистого вещества и влагоемкости глины и колеблется от 1 до 10%. Монтмориллонитовые глины обладают наибольшей усадкой, каолинитовые – минимальной. Запесоченность глин понижает воздушную усадку. Для одной и той же глины величина воздушной усадки зависит от начальной влажности образца. В первый период сушки величина объемной усадки равна объему испарившейся из изделия влаги.

При этом в первую очередь из глины испаряется капиллярная вода, обладающая менее прочной связью с глинистыми частицами.



а) при увлажнении, б) быстрой сушке, в) длительной сушке;

1 – зерно глинообразующего минерала, 2 – гидратная оболочка,  
3 – зерна непластичного материала, 4 – капилляры

Рисунок 2 – Расположение частиц глины

Затем наступает момент, когда частицы глины приходят в соприкосновение, и усадка постепенно прекращается. Зерна непластичных материалов также могут сближаться за счет сближения глинистых частиц, однако зерна препятствуют полному сближению глинистых частиц, т. е. наличие в массе непластичных материалов уменьшает воздушную усадку. Воздушная усадка изделия при быстрой сушке (рисунок 2, б) обычно меньше, чем при длительной (рисунок 2, в), так как при длительной сушке в изделии создаются условия для более плотной упаковки зерен как глинистых, так и непластичных (отощающих) материалов. Затем вода из гидратных оболочек начинает перемещаться в капилляры (рисунок 2, а, б), толщина оболочек уменьшается, и частицы глины начинают сближаться.

Воздушной усадкой называется изменение линейных размеров и объема изделий, отформованных и высушенных при температуре до 110°C. Высокопластичные глины при высыхании дают до 10 – 15% воздушной усадки. Линейная воздушная усадка  $L_v$  определяется в процентах и рассчитывается по формуле:

$$L_v = \frac{l_0 - l_1}{l_0} 100, \quad (5)$$

где  $l_0$  – расстояние между метками до сушки и мм;  
 $l_1$  – расстояние между метками после сушки в мм.

*Чувствительность глин к сушке* влияет на сроки сушки: чем больше чувствительность глины к сушке, тем больше нужно затратить времени на сушку, чтобы получить изделие без трещин. С увеличением содержания глинистого вещества, особенно монтмориллонита, чувствительность глин к сушке увеличивается.

Разнообразные глины имеют различную чувствительность к сушке, которую оценивают коэффициентом чувствительности ( $K_{ч}$ ) предложенным З. А. Носовой. Этот показатель выражается как отношение объемной усадки ( $V_{усадки}$ ) к истинной пористости ( $V_{пор}$ ) материала в воздушно-сухом состоянии. и определяется по следующим формулам:

$$K_{ч} = \frac{V_{усадки}}{V_{пор}} \quad (6)$$

$$K_{ч} = \frac{V_c}{V_B \left( \frac{m_B - m_c}{V_B - V_c} - 1 \right)}, \quad (7)$$

где  $V_c$  – объем образца в воздушно-сухом состоянии, см<sup>3</sup>;  
 $V_B$  – начальный объем образца после формования, см<sup>3</sup>;  
 $m_B$  – масса образца после формования, г;  
 $m_c$  – масса образца в воздушно-сухом состоянии, г.

Коэффициент чувствительности глин к сушке, так же как их связность и связующая способность, тем выше, чем больше содержится в глине глинистых минералов и в особенности группы монтмориллонита. Для легкоплавких глин, содержащих большое количество монтмориллонита, значение коэффициента чувствительности к сушке может достигать 3,5-4. По величине коэффициента чувствительности к сушке глины разделяют на группы:

- высокочувствительные  $K_{ч} \% > 1,5$ ;
- среднечувствительные  $K_{ч} = 1 - 1,5$ ;
- малочувствительные  $K_{ч} < 1$ .

Глины с  $K_{ч} < 0,5$  также относят к высокочувствительным, так как они отличаются очень низкой трещиностойкостью.

*Влагопроводящая способность* характеризует интенсивность перемещения влаги внутри сохнущего изделия. Процесс сушки глиняного изделия включает в себя три фазы: перемещения влаги внутри материала, парообразование и перемещение водяных паров с поверхности изделия в окружающую среду. Количественной мерой, косвенно характеризующей интенсивность перемещения влаги внутри сохнущего изделия, является коэффициент диффузионной зависимости от размеров капилляров, температуры, влагосодержания, вида глинистого минерала (у монтмориллонитовых глин он в 15 раз меньше, чем у каолиновых), запесоченности глин.

4.4 *Огнеупорность* – важнейшее свойство глин выдерживать высокую температуру, не расплавляясь и не деформируясь. Огнеупорностью называется свойство глин сопротивляться действию высоких температур, не расплавляясь. Показателем огнеупорности является температура, при которой пироскоп – образец из данного материала в виде трехгранной усеченной призмы определенных размеров – деформируется под влиянием собственной тяжести, касаясь вершиной керамической подставки. Огнеупорность зависит от химического состава глин, а также характера газовой среды при обжиге глин, содержащей оксиды железа

*Огневая усадка* отражает способность глин уменьшать объем при обжиге. Большая усадка может нередко сопровождаться образованием трещин, если глину не «отощать», т. е. не добавить в нее кремнезем. При обжиге часть наиболее легкоплавких компонентов глины расплавляется, заполняя поры расплавом. Это приводит к сближению частиц и эффекту огневой усадки. Сумма воздушной и огневой усадок (полная усадка) колеблется до 18%. Огневой усадкой называется изменение линейных размеров и объема изделий после обжига. Определяется она при обжиге при температуре 900 – 1150°C. Огневую усадку  $L_o$  рассчитывают по формуле:

$$L_o = \frac{l_1 - l_2}{l_1} 100, \quad (8)$$

где  $l_2$ — расстояние между метками после обжига, мм.

Полную усадку вычисляют по формуле:

$$L_n = \frac{l_0 - l_2}{l_0} 100 \quad (9)$$

Полная усадка может находиться в пределах от 12 до 18%.

*Спекаемость* – способность глин под действием высоких температур превращаться в плотный камнеподобный черенок с водопоглощением менее 5 %. Спекаемость – одно из основных свойств, определяющих пригодность глин для производства изделий фасадной керамики. В зависимости от степени спекания глины делят на сильноспекающиеся, среднеспекающиеся и неспекающиеся

*Температурой спекания* глины считается температура, когда возникает заполнение пор расплавом, но без деформации изделия, а только с его уплотнением. Полностью спекшийся глиняный черепок имеет водопоглощаемость 2 – 5%. При нагревании выше температуры спекания количество расплава возрастает сверх объема пор и тогда наступает деформирование изделий с постепенным расплавлением всей массы. Присутствие каолинита всегда повышает степень огнеупорности, а даже небольшое количество в глине минералов – плавней – понижает температуру плавления.

*Температурный интервал спекания.*

Интервал между температурами спекания и началом деформирования (оплавления) глины называется температурным интервалом спекания (иногда – густоплавкостью). Чем больше этот интервал, тем спокойнее протекает обжиг и меньше опасность деформирования изделий при обжиге. Для получения плотного черепка необходимо, чтобы интервал спекания был не менее  $100^{\circ}\text{C}$ , для пористого – не менее  $40 - 50^{\circ}\text{C}$

Интервал спекания – важнейший технологический показатель, он определяет режим конечной стадии обжига изделий, при котором они приобретают кондиционные свойства. Наименьший интервал спекания у легкоплавких глин ( $50 - 100^{\circ}\text{C}$ ), а наибольший (до  $400^{\circ}\text{C}$ ) у огнеупорных глин.

#### *Температура плавления*

Химический состав оказывает влияние на температуру плавления глин. Температура плавления оксидов сравнительно высока:  $\text{SiO}_2 - 1710^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 2050^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{MgO} - 2800^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1548^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{FeO} - 1380^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{TiO}_2 - 1700^{\circ}\text{C}$  и т. д. В глинах, однако, практически нет чистых оксидов. Они находятся в химических соединениях в виде минералов, а при повышенных температурах создают, кроме того, эвтектические смеси, которые значительно снижают температуру плавления глинистых масс.

#### *Отношение глин к нагреванию. Физико-химические процессы*

При нагревании в глинах происходит ряд сложных физико-химических процессов, сопровождающихся выгоранием органических примесей, дегидратацией глинистых минералов, модификационными превращениями кварца с увеличением объема, диссоциацией карбонатов, изменением свойств и фазового состава материала, а также его уплотнением и усадкой.

При дегидратации глины удаляется химически связанная вода, разрушается кристаллическая решетка материала, глина теряет пластические свойства. При каолините этот процесс протекает при температуре около  $150^{\circ}$ , в случае монтмориллонита – в нескольких температурных интервалах и заканчивается при температуре выше  $800^{\circ}$ . В момент разрушения кристаллической решетки снижается прочность материала. Выгорание гумусовых соединений начинается при температуре  $200^{\circ}$ , при этом в материале создается восстановительная среда. При быстром нагревании глины выгорание органических примесей смещается в область более высоких температур. Большое содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , что характерно для многих легкоплавких глин, и переход окисного железа в закисное (при наличии восстановительной среды) определяют образование более легкоплавких соединений, большее накопление жидкой фазы, что повышает прочность обожженного изделия.

Модификационные превращения кварца, происходящие с увеличением объема в случае его большего содержания в легкоплавких глинах, могут привести при низких температурах обжига ( $850 - 900^{\circ}$ ) к незначительной усадке глины и даже к некоторому увеличению размеров изделия.

При нагревании глин до той или иной температуры, что зависит от количества и вида плавней, появляется жидкая фаза, вызывающая уплотнение и усадку материала, а следовательно, снижение его пористости и водопоглощения. Этот процесс характеризуют как жидкостное спекание, которое

продолжается с повышением температуры нагрева до размягчения материала, что проявляется обычно в виде оплавления или вспучивания. В процессе спекания резко нарастает прочность материала. За счет реакций в твердой и жидкой фазах появляются новообразования, изменяется фазовый состав. В легкоплавких глинах, характеризующихся обычно содержанием бейделлита и гидрослюд, при температуре 800 – 900°C наблюдается разрушение их кристаллической решетки и отмечается появление, новых кристаллических фаз; развитие крнстобалита, кристаллизация гематита  $Fe_2O_3$  и шпинели.

*Выводы:*

1) нагревание до температуры 800<sup>0</sup> высушенных образцов является относительно безопасным в отношении образования трещин, несмотря на идущие процессы дегидратации и модификационные превращения, даже для глин, чувствительных к обжигу;

2) температурный интервал 800 – 900°, характеризующийся окончанием процесса разрушения кристаллической решетки и началом спекания, является наиболее опасным в отношении образования трещин;

3) чувствительность глин к обжигу, так же как и к сушке, связана с видом содержащихся глинистых минералов и тем выше, чем больше их количество, в особенности бейделлита монтмориллонита;

4) интенсивная огневая усадка, происходящая в основном в период жидкостного спекания, когда материал обладает способностью к пластическим деформациям, не связана с чувствительностью глин к обжигу;

5) для уменьшения чувствительности глин к обжигу следует вводить отошающие добавки, повышающие пористость сырца; при, этом с повышением последней уменьшается чувствительность к обжигу.

На практике процесс спекания глин принято характеризовать кривой изменения водопоглощения с повышением температуры. При этом отмечают несколько точек (рисунок 3). Начало спекания точка А – это температура, при которой начинается уплотнение материала, чему соответствует точка перегиба на кривой изменения водопоглощения. Кроме этого, отмечают температуры, соответствующие точкам на кривой, при которых обжигаемый материал достигает водопоглощения 5% – точка Б и 2% – точка В, а также точка С, - соответствующая температуре деформации (вспучивание или понижение объемного веса, что часто сопровождается оплавлением). Температурный интервал между точками А – С характеризует интервал спекания, а между точками Б – С – спекшееся состояние материала. По этим признакам глины классифицируют на неспекающиеся – температурный интервал Б – С менее 50°, среднеспекающиеся, – интервал Б – С более 50" и сильноспекающиеся – интервал В – С более 50°.

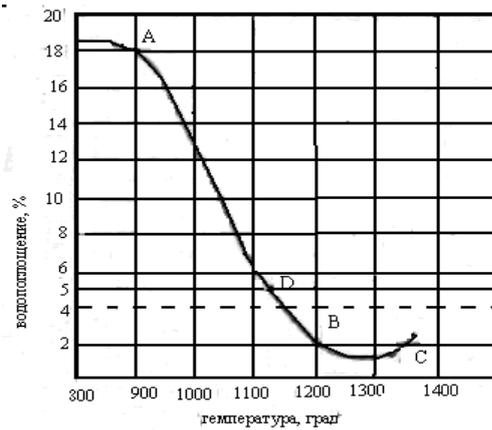


Рисунок 3 – Изменения водопоглощения материала от температуры обжига

Усадка глин при обжиге обычно колеблется от долей процента при сильно запесоченных глинах до 8%. Повышенное содержание в глинах плавней, в особенности щелочных соединений и Са, резко сужают интервал спекания, а также снижают температуру спекания и огнеупорность.

Рекомендуемая литература [1, 2, 3, 7,8, 10,12, 14].

## 5 Добыча, хранение и транспортирование глин

### План

#### 5.1 Разработка карьера

#### 5.2 Глинохранилища

#### 5.3 Транспортировка глины.

5.1 Большие объемы перерабатываемого материала, низкая стоимость изделий, в особенности грубой строительной керамики, к значительные издержки в случае дальних перевозок определяют необходимость расположения керамических заводов на базе местного сырья и при наличии потребителя.

Достаточно указать, что на 1000 шт. кирпича, в зависимости от его вида и способа производства, расходуется от 2 до 2,7 м<sup>3</sup> глины в плотном теле, а на 1000 шт. черепицы разных видов – от 1,6 до 2 м<sup>3</sup>.

Характер залегания глин различен. Обычно они залегают на небольшой глубине, при мощности вскрыши (верхний слой, не идущий в производство) 0,3 – 1 м, достигающей в отдельных случаях 10 – 15 м; часто в виде нескольких слоев глин различных по качеству и мощности. Соотношение мощности вскрыши и полезной толщи при прочих благоприятных условиях определяет рентабельность добычи. Организация добычи и хранения глины должна обеспечивать непрерывность снабжения производства мелкокусковым не мерзлым сырьем, однородным по составу и влажности, вне зависимости от времени года.

Разработка карьера включает две операции – удаление вскрыши и добычу глины. Для удаления вскрыши применяют скреперы, бульдозеры, экскаваторы. При рыхлых вскрышных породах, например лессах, иногда применяют гидромониторы. Вскрышные работы, как правило, опережают добычу сырья. При применении экскаватора двойного действия снятие очистки и добычу сырья производит одновременно. Обычно глину добывают многочерпаковыми экскаваторами. На ряде кирпичных заводов для добычи глины используют и одноковшовые экскаваторы. Однако применение последних не позволяет в процессе добычи глины усреднять сырье, как при использовании многочерпаковых экскаваторах.

Зимой карьеры разрабатывают открытым и закрытым способами. Вскрышные работы производят в летнее время года. При открытой добыче вскрытый слой глины для предохранения от промерзания покрывают различными утеплителями, например опилками, стружкой, торфяной крошкой, соломой, хвоей, листвой. Применяют также рыхление верхнего слоя глины (пахота, боронование). Слой утеплителя должен нарастать к участкам более поздней разработки. Откосы карьера утепляют соломенными матами и мешками с утеплителями. При зимней добыче глины в некоторых случаях в начале разрабатываемого участка месторождения из металлических конструкций устанавливают передвижной утепленный шатер, под которым работает экскаватор.

Для облегчения условий снабжения глиной зимой, в особенности при далеком расположении карьера и тонкослойном месторождении, требующим больших расходов утеплителя, многие заводы перешли на разработку глины только в летнее время с созданием запасов сырья в «конусах» (наземные большие гряды) или в специальных котлованах. Все способы зимней добычи слож-

ны и требуют ежегодно больших дополнительных затрат.

5.2 На керамических заводах для хранения глины применяют механизированные крытые глинохранилища, сооружаемые рядом с формовочным цехом и обычно связанные с последним транспортерами. Загрузка и разгрузка глинохранилищ предусмотрены транспортерами, экскаватором, грейферным краном и другими механизмами. Часто добычу глины и загрузку ее в глинохранилища производят в летний сезон. Применение глинохранилищ позволяет осуществить дополнительную перевалку сырья и его перемешивание, что дает возможность работать заводу на глине более однородной по составу и влажности, а также с постоянной и невысокой влажностью. Поэтому технологически целесообразным пропускать всю глину через глинохранилища с предварительным ее измельчением.

5.3 Транспортировка глины. Для транспортирования глины с карьера широкое применение получил рельсовый вагонеточный транспорт, в том числе вагонетки большой емкости (до 3 м<sup>3</sup>) с мотовозной тягой и автосамосвалы. В отдельных случаях пользуются бесконечной откаткой, скреперами. Целесообразность применения того или иного метода добычи, хранения глины и вида транспорта решается в каждом случае с учетом местных условий.

Рекомендуемая литература [1, 3,5, 8, 10,12,14].

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова, Ф. Н. Общая технология керамических изделий: учеб. пособие/Ф.Н.Волкова. – М.: Стройиздат, 1983. – 73 с.
2. Комар, А.Г. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие для вузов /А.Г. Комар. – М.: Высшая школа, 1988. – 527 с.
3. Технология керамики и огнеупоров: учебник / под ред. П.П. Будникова. - М.: Госстройиздат 1962. – 707 с.
4. Сайбулатов, С.Ж. Ресурсосберегающая технология керамического кирпича на основе зол ТЭС: учебник / С.Ж. Сайбулатов. – М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
5. Строительные материалы // Справочник том III / Под ред. М.М. Наумова, К.А. Нохратяна – М.: Госстройиздат, 1962. – 567 с.
6. Современные строительные материалы и товары // Справочник автор Михайлов И.М. – М.: ЭСМО 2004. – 576 с.
7. Попов, К.Н. и др. Оценка качества строительных материалов: учеб. пособие / К.Н. Попов. – М.: АСВ 1999. – 240 с.
8. Канаев, В.К. Новая технология строительной керамики: учеб. пособие для вузов/ В.К. Канаев. – М.: Стройиздат, 1990. – 253 с.
9. Рахалин, И.А. Основы проектирования керамических заводов: учеб. пособие / И.А. Рахалин. – М.: Стройиздат 1973. – 158 с.
10. Рыбьев, И.А. Строительные материалы: учеб. пособие / И.А. Рыбьев.– М.: Высшая школа, 2002.– 701 с.
11. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции/ И.Х. Наназашвили//Справочник. – М.: Высшая школа, 1990. – 495 с.
12. Зорохович, В.С. Производство кирпича: учеб. пособие/ В.С. Зорохович, Э.Д. Шкуратов – Л.: Стройиздат, 1988.– 232 с.
13. Методическое пособие для работников лабораторий и ОТК кирпичных заводов по производству глиняного кирпича методом пластического формования. /Редакторы Т.Б.Богданова, В.Н.Пархоменко – Киев: «Будивильник» 1976. – 104 с.
14. Сапожников, М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебник / М.Я. Сапожников. – М.: Высшая школа, 1971. – 372 с.

