

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Производство строительных материалов и изделий из них является одной из важнейших составляющих современной экономики развитого государства. Естественно, что на современном этапе технического развития этот процесс невозможен без средств механизации и соответствующего оборудования.

Для лучшего понимания назначения того или иного оборудования необходимо знать технологические процессы, которые происходят при производстве строительных материалов, изделий и конструкций, а также их основные свойства и характеристики. Номенклатура производимых материалов, а также изделий и конструкций весьма обширна, поэтому в рамках данного издания приводятся лишь основные сведения о части используемых в строительстве материалов.

При изложении материала авторы придерживаются положений и указаний, содержащихся в ГОСТах и СНИПах, в которых сформулированы основные требования, правила использования и производства строительных материалов. Правомерность использования этих документов ограничилась 2010 г. После принятия Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» эти положения должны быть заменены на правовые документы европейского типа, однако в настоящее время этот процесс затягивается.

В учебном пособии приводится материал, необходимый и достаточный для практических и лабораторных занятий, курсовых и дипломных проектов.

# Глава 1

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 1.1. Общие сведения

Единой, всеобъемлющей классификации строительных материалов не существует. Была сделана попытка составить по аналогии с периодической таблицей химических элементов Менделеева периодическую таблицу строительных материалов, которая не увенчалась успехом.

В настоящее время строительные материалы чаще всего классифицируются по назначению, исходя из условий работы материала в сооружении. Так, материалы делятся на две группы: *конструкционные* и *специального назначения*.

К конструкционным материалам, которые воспринимают различные нагрузки (от собственной массы, от массы установленного оборудования, снеговые, ветровые и т.д.) и используются для несущих конструкций, относятся:

- 1) природные каменные;
- 2) вяжущие;
- 3) искусственные каменные, получаемые:
  - а) омоноличиванием с помощью вяжущих веществ (бетоны, растворы);
  - б) спеканием (керамические материалы);
  - в) плавлением (стекло, ситаллы);
- 4) металлы (чугун, сталь, алюминий, сплавы);
- 5) пластмассы;
- 6) древесина;
- 7) композиционные (асбестоцемент, стеклопластики, бетонополимеры).

К материалам специального назначения, название которых говорит об их функции, относятся:

- 1) теплоизоляционные;
- 2) акустические;
- 3) гидроизоляционные, кровельные и герметизирующие;
- 4) отделочные;

- 5) химстойкие;
  - 6) антикоррозийные;
  - 7) огнеупорные;
  - 8) материалы для защиты от радиационных воздействий и др.
- Каждый материал обладает комплексом разнообразных свойств. *Свойство* — способность материала определенным образом реагировать на отдельный или чаще всего действующий в совокупности с другими внешний или внутренний фактор.

## **1.2. Связь состава, структуры, строения и свойств материалов**

Свойства материалов взаимосвязаны с их составом, структурой и внутренним строением.

Если для природных материалов (каменные материалы, древесина) возможно только частичное изменение их свойств, например, пропитка древесины антисептиками, которые препятствуют гниению древесины, то при получении искусственных материалов технологию следует рассматривать с точки зрения ее влияния на строение, структуру и, как следствие, на получение материалов с заданными свойствами.

Строительные материалы характеризуются *химическим, минеральным и фазовым* составами.

По химическому составу материалы делятся на органические (древесина, битум, полимеры) и минеральные, т.е. неорганические (природный камень, кирпич, бетон), а также металлы (чугун, сталь, алюминий). Органические материалы горючи, а минеральные нет.

Химический состав некоторых материалов иногда выражают количеством содержащихся в них оксидов. Оксиды, химически связанные между собой, образуют минералы, которые характеризуют минеральный состав материала. Варьируя содержание и количество минералов, можно получить материалы с разными свойствами (например, портландцемент, быстротвердеющий и сульфатостойкий цемент и т.д.).

Фазовый состав — это соотношение между твердым каркасом материала и порами. Фазовый состав, а также фазовые переходы воды в порах материала взаимосвязаны со всеми свойствами и поведением материала при эксплуатации.

Свойства материала взаимосвязаны с его структурой. При изучении структуры материала различают *макро- и микроструктуры*.

Макроструктура — это строение, видимое невооруженным глазом. Микроструктура — строение, видимое под микроскопом.

Материалы могут иметь следующую макроструктуру:

1) рыхлозернистую — состоящую из отдельных не связанных друг с другом зерен (песок, гравий, цемент);

2) конгломератную — когда зерна прочно соединены между собой (бетон, керамические материалы);

3) ячеистую — которая характеризуется большим количеством равномерно распределенных по объему материала макро- и микропор (ячеистые бетоны, пеностекло);

4) волокнистую (древесина, минеральная вата);

5) слоистую (фанера, текстолит).

Волокнистой и слоистой структурам присуща *анизотропия*, т.е. различие свойств в различных направлениях (например, прочность вдоль и поперек волокон).

Внутреннее строение материалов изучают методами рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и т.д. По взаимному расположению атомов и молекул материалы могут быть кристаллическими и аморфными. Неодинаковое строение кристаллических и аморфных материалов определяет и различие их свойств. Материалы аморфного строения химически более активны, имеют меньшую прочность и теплопроводность, чем кристаллические такого же состава.

### 1.3. Физические свойства

**Истинная плотность** — это масса единицы объема материала в абсолютно плотном (т.е. без пор) состоянии:

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \text{ г / см}^3; \text{ кг / м}^3,$$

где  $m$  — масса материала;  $V_a$  — объем материала без пор.

Истинная плотность — физическая константа, которая не может меняться без изменения химического состава или внутреннего строения материала.

**Средняя плотность** — это масса единицы объема материала в естественном (т.е. вместе с порами) состоянии:

$$\rho_m = \frac{m}{V_e} \text{ г/см}^3; \text{ кг/м}^3,$$

где  $m$  — масса образца материала;  $V_e$  — объем образца материала.

Средняя плотность строительных материалов может меняться в широких пределах: от 10...20 кг/м<sup>3</sup> для самых легких пенопластов до 7850 кг/м<sup>3</sup> для стали. Даже один вид строительных материалов в зависимости от технологии получения, структуры и назначения имеет разную среднюю плотность. Например: кирпич полнотелый — 1600...1900 кг/м<sup>3</sup>, тяжелый бетон — 1800...2500 кг/м<sup>3</sup>, пенопласты — 10...200 кг/м<sup>3</sup> и т.д.

В последующем средняя плотность будет именоваться просто плотность.

**Насыпная плотность** — масса единицы объема материала в насыпном состоянии. Определяется для сыпучих материалов (цемента, песка, щебня и т.п.).

Абсолютное большинство материалов имеют в своем объеме поры, поэтому у них истинная плотность всегда больше средней. Степень заполнения объема материала материалом называется **коэффициентом плотности**, который рассчитывается по формуле

$$K_{пл} = \frac{\rho_m}{\rho} 100 \%$$

Степень заполнения объема материала порами называется **пористостью**. В сумме  $K_{пл}$  и пористость составляют 1, или 100 %.

Пористость определяется по формуле

$$П = \left( 1 - \frac{\rho_m}{\rho} \right) 100 \%$$

и может колебаться в широких пределах: от 0,2...0,8 % у гранита и свыше 90 % у пенопластов. Размеры пор могут быть от миллионных долей до нескольких миллиметров. По характеру поры могут быть сообщающимися или замкнутыми.

Пористость — важнейшая характеристика материала, связанная с рядом других свойств. От величины пористости, характера и размера пор зависят средняя плотность, прочность, теплопроводность, морозостойкость, долговечность, гигроскопичность и водопоглощение, водопроницаемость и др.

## 1.4. Гидрофизические свойства

Свойства, связанные со статическим или циклическим воздействием воды или водяного пара на материал, называются *гидрофизическими свойствами материалов*.

**Гигроскопичность** — способность материала поглощать и конденсировать водяные пары из воздуха. Зависит от величины пористости, характера и размера пор, а также от параметров окружающей среды (температуры и относительной влажности воздуха). В самом общем случае — чем больше пористость, тем выше гигроскопичность.

**Капиллярное всасывание** — способность материала при непосредственном контакте с водой поднимать ее на определенную высоту по капиллярным порам, которые имеют размер от 1000 Å до 10 мкм.

**Влажность** — это относительное содержание влаги в материале:

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} 100 \%,$$

где  $m_{\text{с}}$  — масса материала, высушенного до постоянной массы, г;  
 $m_{\text{вл}}$  — масса влажного материала, г.

Все материалы имеют ту или иную влажность, которая зависит от условий эксплуатации, величины пористости, характера и размера пор материала. Влажность влияет на ряд свойств материалов (плотность, прочность, теплопроводность и др.).

**Влажностные деформации** — увеличение линейных размеров и объема материала при его увлажнении (набухание) или уменьшение — при высыхании (усушка). Зависят от строения материала.

Материалы высокопористого и волокнистого строения, способные поглощать много воды, характеризуются большой усадкой (древесина 30...100 мм/м; ячеистый бетон 1...3 мм/м), материалы с маленькой пористостью — незначительной усадкой (гранит 0,02...0,06 мм/м).

**Водопоглощение** — способность материала поглощать и удерживать воду при непосредственном контакте с ней. Количество воды, которое поглотил образец, отнесенное к его массе в сухом состоянии, называют водопоглощением по массе  $W_m$ , а отнесенное к его объему — водопоглощением по объему  $W_o$ :

$$W_m = \frac{m_B - m_c}{m_c} 100 \%;$$

$$W_o = \frac{m_B - m_c}{V_e \rho_B} 100 \%,$$

где  $m_B$  — масса материала, насыщенного до постоянной массы, г;  $m_c$  — масса сухого материала, г;  $V_e$  — объем материала в естественном состоянии;  $\rho_B$  — плотность воды, г/см<sup>3</sup>.

Водопоглощение зависит от величины пористости, характера и размеров пор.

Между этими водопоглощениями существует взаимосвязь:

$$\frac{W_o}{W_m} = \rho_m, \text{ откуда } W_o = W_m \cdot \rho_m.$$

Последняя формула удобна для определения  $W_o$  в случае затруднения определения объема материала, когда он имеет неправильную геометрическую форму.

**Коэффициент насыщения** — степень заполнения пор материала водой:

$$K_H = \frac{W_o}{\Pi} \leq 1.$$

Этот коэффициент позволяет оценить структуру материала. Уменьшение  $K_H$  при постоянной величине пористости свидетельствует о сокращении открытой пористости.

**Водостойкость** — способность материала сохранять прочность при увлажнении. Характеризуется коэффициентом размягчения

$$K_p = \frac{R_B}{R_c} \leq 1,$$

где  $R_B$  и  $R_c$  — пределы прочности при сжатии соответственно водонасыщенного и сухого материала.

Материалы, имеющие  $K_p > 0,8$ , считаются водостойкими и их разрешается применять в сырых условиях эксплуатации, материалы с  $K_p < 0,8$  — неводостойкими.

**Воздухостойкость** — способность материала выдерживать многократные циклические воздействия увлажнения и высушивания без заметных деформаций и потери механической прочности.

**Водопроницаемость** — способность материала пропускать воду под давлением. В строительстве чаще необходимо противоположное свойство — водонепроницаемость, которая характеризуется или периодом времени, по истечении которого проявляются признаки просачивания воды через материал, или величиной давления воды, при котором она не проходит через материал. Эти свойства зависят от величины пористости, характера и размера пор.

**Морозостойкость** — способность материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и существенного снижения прочности. Это свойство взаимосвязано с долговечностью, зависит от величины пористости, характера и размера пор, начальной прочности, а также от условий эксплуатации. Характеризуется количеством циклов попеременного замораживания при температуре  $-15...-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  и оттаивания в воде при температуре  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Число циклов (марка или класс), которое должен выдерживать материал, в зависимости от его назначения, указывается в нормативных документах. Материал считается выдержавшим испытание, если после заданного количества циклов потеря массы и снижение прочности не превышают значений, указанных в нормативных документах.

## 1.5. Теплофизические свойства

Это группа свойств, которые характеризуют отношение материала к постоянному или периодическому тепловому воздействию.

**Теплоемкость** — свойство материала аккумулировать теплоту при нагревании. Теплоемкость  $C$  (кДж/кг  $^{\circ}\text{C}$ ) характеризуется количеством тепла кДж, необходимым для нагревания 1 кг материала на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вода имеет высокую теплоемкость (4,2 кДж/кг  $^{\circ}\text{C}$ ), строительные материалы более низкие величины: лесные материалы 2,39...2,72 кДж/кг  $^{\circ}\text{C}$ , каменные 0,75...0,92 кДж/кг  $^{\circ}\text{C}$ , сталь 0,48 кДж/кг  $^{\circ}\text{C}$ , поэтому с увлажнением материалов их теплоемкость увеличивается.

**Теплопроводность** — свойство материала передавать теплоту через свою толщину от одной поверхности к другой. Теплопроводность  $\lambda$  (Вт/м  $^{\circ}\text{C}$ ) характеризуется количеством тепла, проходящим через



материал площадью  $1 \text{ м}^2$ , толщиной  $1 \text{ м}$  в течение одной секунды, при разности температур на противоположных поверхностях в  $1 \text{ }^\circ\text{С}$ . Теплопроводность материала зависит от его химического состава, строения и структуры, степени влажности, характера и размера пор, а также от температуры, при которой происходит передача тепла.

Тепловой поток проходит через «каркас» материала и поры. Каркас материала кристаллического строения более теплопроводен, чем каркас материала из того же состава, но аморфного строения.

В сухом состоянии поры материала заполнены воздухом, теплопроводность которого в неподвижном состоянии значительно ниже теплопроводности любого «каркаса» и составляет всего  $0,023 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$ . Поэтому малотеплопроводные материалы имеют большую (до  $90\text{...}95\%$ ) пористость. При одинаковой величине пористости мелкопористые материалы и материалы с замкнутыми порами имеют меньшую теплопроводность, чем крупнопористые и материалы с сообщающимися порами. Это связано с тем, что в крупных и сообщающихся порах усиливается перенос тепла конвекцией, т.е. движущимся воздухом, что повышает суммарную теплопроводность.

С увеличением влажности материала теплопроводность возрастает, так как вода, заполняющая поры, имеет теплопроводность  $0,58 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$ , что в 25 раз выше теплопроводности воздуха. Еще в большей степени возрастает теплопроводность при замерзании воды в порах, так как теплопроводность льда составляет  $2,3 \text{ Вт/м }^\circ\text{С}$ , что в 100 раз больше теплопроводности воздуха.

С повышением температуры теплопроводность большинства строительных материалов возрастает.

Приведем показатели теплопроводности некоторых строительных материалов,  $\text{Вт/м }^\circ\text{С}$ : пенопласт —  $0,03\text{...}0,05$ , минеральная вата —  $0,06\text{...}0,09$ , древесина —  $0,18\text{...}0,36$ , кирпич керамический полнотелый —  $0,8\text{...}0,9$ , кирпич керамический пустотелый —  $0,3\text{...}0,5$ , бетон тяжелый —  $1,3\text{...}1,5$ , ячеистый бетон —  $0,1\text{...}0,3$ , сталь — 58.

**Термическая стойкость** — способность материала выдерживать чередование резких тепловых изменений. Зависит от однородности материала и *коэффициента линейного температурного расширения* (КЛТР), который характеризует изменение линейных размеров материала при его нагревании на  $1 \text{ }^\circ\text{С}$ . Чем меньше КЛТР и выше однородность материала, тем выше его термическая стойкость.

**Огнеупорность** — способность материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не деформируясь и не рас-

плавляясь. Материалы, которые выдерживают температуру свыше 1580 °С, называют огнеупорными, от 1350 до 1580 °С — тугоплавкими, ниже 1350 °С — легкоплавкими, до 1000 °С — жаропрочными.

**Огнестойкость** — способность материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара без потери несущей способности. По отношению к действию огня материалы делятся на негоряемые (кирпич, бетон, сталь), трудногоряемые (асфальтобетон, фибролит), которые горят только при наличии источника огня, и горяемые (древесина, битум, смолы).

Огнестойкость конструкции выражается промежутком времени в часах, в течение которого не происходит потеря несущей способности. Негоряемые материалы не всегда обладают высокой огнестойкостью: например, сталь при высоких температурах деформируется, а бетон растрескивается.

## 1.6. Механические свойства

Механические свойства отражают способность материала сопротивляться силовым, тепловым, усадочным или другим внутренним напряжениям.

При приложении внешних сил материал деформируется. Деформации могут быть *обратимыми* и *необратимыми*. В свою очередь обратимые деформации могут быть *упругими* и *эластичными*. Характер и величина деформаций зависят от величины нагрузки, скорости нагружения и температуры материала.

**Упругость** — свойство материала при воздействии нагрузки изменять свои размеры и форму и полностью восстанавливать их после снятия нагрузки.

**Пластичность** — свойство материала при воздействии нагрузки в значительных пределах изменять свои размеры и форму без разрушения сплошности и сохранять их после снятия нагрузки.

**Хрупкость** — свойство материала разрушаться под действием нагрузки без заметных пластических деформаций. Многие строительные материалы (кирпич, бетон, стекло и др.) являются хрупкими. У хрупких материалов прочность при сжатии существенно больше (в 10...20 раз) прочности при растяжении.

**Прочность** — свойство материала сопротивляться внутренним напряжениям, которые возникают при действии внешних нагрузок.

Материал в сооружении подвергается тем или иным воздействиям, которые вызывают напряженное состояние (сжатие, растяжение, изгиб, кручение, сдвиг, скалывание и др.).

В самом общем случае напряжение

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

где  $\sigma$  — напряжение, МПа ( $1 \text{ кН/см}^2 \approx 10 \text{ МПа} \approx 100 \text{ кг/см}^2$ );  $P$  — нагрузка, кН;  $F$  — площадь поперечного сечения образца до испытания,  $\text{см}^2$ .

Величина напряжения зависит от величины нагрузки. Максимального значения, при котором наступает разрушение материала, напряжения достигают при разрушающей нагрузке. Прочность характеризуется пределом прочности

$$R = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Предел прочности одного и того же материала может иметь различную величину в зависимости от размера образца, его формы, скорости нагружения, а также конструкции прибора, на котором проводятся испытания, поэтому для получения объективных результатов необходимо строго соблюдать все условия испытаний, которые установлены для данного материала соответствующими нормативными документами.

Предел прочности при сжатии определяется на образцах правильной геометрической формы: кубы, призмы, цилиндры. Разрушающая нагрузка, как правило, определяется на гидравлическом прессе:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Прочность различных материалов на сжатие варьируется от 0,5 до 1000 МПа и выше. У некоторых материалов прочность на сжатие характеризует их марки или классы, т.е. качество.

Предел прочности на растяжение определяется на образцах-стержнях, образцах-призмах или «восьмерках», которые имеют переменное сечение. Разрушающая нагрузка определяется на разрывных машинах:

$$R_{\text{раст}} = \frac{P_{\text{разр}}}{F}, \text{ МПа.}$$

Возможно также определение прочности на растяжение методом раскалывания на кубах или цилиндрах.

Предел прочности на изгиб определяется на образцах-призмах:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ МПа,}$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, кН;  $l$  — расстояние между опорами, см;  $b$  — ширина образца, см;  $h$  — высота образца, см.

В последнее время широкое распространение получили различные неразрушающие методы испытания строительных материалов на прочность.

**Ударная вязкость** — свойство материала сопротивляться ударным нагрузкам.

**Твердость** — свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого материала.

**Истираемость** — свойство материала сопротивляться истирающим воздействиям.

## 1.7. Физико-химические свойства

**Дисперсность** — характеристика размеров твердых частиц или капель жидкости. Величина, характеризующая степень размельчения материала и развитости его поверхности. Характеризуется удельной поверхностью  $S_{\text{уд}}$ , см<sup>2</sup>/г.

**Адгезия** — прочность сцепления (прилипания) одного материала с другим.

**Тиксотропия** — способность пластично-вязких смесей при приложении механических воздействий нарушать свою структуру и восстанавливать ее после прекращения действия механических воздействий.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как состав и структура связаны со свойствами материалов?
2. Перечислите физические свойства строительных материалов.
3. Как пористость связана со свойствами материалов?
4. Перечислите гидрофизические свойства строительных материалов и как они связаны со строением и структурой материалов?
5. Какие факторы влияют на теплопроводность?

## Глава 2

# СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА

### 2.1. Общие сведения

*Керамическими* называют каменные изделия, получаемые из минерального сырья путем его формования и обжига при высоких температурах, в результате которого сырье необратимо переходит в прочное, водостойкое состояние.

Термин «керамика» происходит от греческого слова «керамейя», которым в Древней Греции называли искусство изготовления изделий из глины. Керамика, пожалуй, является первым искусственным строительным материалом, полученным человеком. Возраст керамического кирпича как строительного материала превышает 5000 лет.

В современном строительстве керамические изделия применяют почти во всех конструктивных элементах зданий и сооружений.

По назначению керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

- стеновые изделия (кирпич, пустотелые камни и блоки);
- кровельные изделия (черепица);
- элементы перекрытий;
- изделия для облицовки фасадов (лицевой кирпич, малогабаритные и другие плитки, наборные панно, архитектурно-художественные детали);
  - изделия для внутренней облицовки стен (глазурованные плитки и фасонные детали к ним — карнизы, уголки, пояски);
  - заполнители для легких бетонов (керамзит, аглопорит);
  - теплоизоляционные изделия (перлитокерамика, ячеистая керамика, диатомитовые и др.);
- санитарно-технические изделия (умывальные столы, ванны, унитаза);
  - плитка для пола;
  - дорожный кирпич;
  - кислотоупорные изделия (кирпич, плитки, трубы и фасонные части к ним);
  - огнеупоры;

- изделия для подземных коммуникаций (канализационные и дренажные трубы).

По структуре керамические материалы подразделяются на *пористые*, имеющие водопоглощение по массе более 5 %, в среднем 8...20 % (стеновые, кровельные и облицовочные материалы и др.), и *плотные*, имеющие водопоглощение по массе менее 5 % (плитки для пола, дорожный кирпич, некоторые виды труб и др.).

## 2.2. Сырьевые материалы

Сырьевые компоненты для производства керамических материалов подразделяются на *пластичные* и *непластичные*. В качестве пластичных компонентов используются глины, в качестве непластичных — добавки, которые вводятся для регулирования различных свойств как формовочной массы, так и готовых изделий.

### 2.2.1. Глинистые материалы

**Глина** — это осадочная горная порода тонкоземлистого строения, способная при смешивании с водой образовывать пластичное тесто, которое после обжига необратимо переходит в камневидное состояние.

Важным свойством глин является их гранулометрический (зерновой) состав. В зависимости от размера частиц в глину входят различные фракции. Глинистые вещества — это частицы чешуйчатой формы, которые имеют размер менее 0,005 мм. Частицы пыли имеют размер от 0,005 до 0,16 мм, песка — от 0,16 до 2 мм, более крупные частицы называются каменистыми включениями. Соотношение между входящими в состав глин фракциями влияет на основные свойства глин (будут рассмотрены ниже) как сырья для производства керамических материалов.

Другая важная характеристика глин — химический состав, куда входят различные глинистые минералы, основным из которых является каолинит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Помимо этого в глины могут входить родственные ему минералы: галлуазит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , монтмориллонит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и др. В качестве примесей в глине могут находиться: кристаллический кремнезем  $\text{SiO}_2$ , карбонаты кальция  $\text{CaCO}_3$ , соединения железа  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , оксиды щелочных металлов ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) и др.

## 2.2.2. Свойства глинистого сырья

Глина, замешанная с определенным количеством воды, образует глиняное тесто, обладающее рядом физических, физико-химических и химических свойств, в совокупности называемых *керамическими*.

**Пластичность** — свойство глиняного теста деформироваться под нагрузкой без образования трещин и разрывов и сохранять приданную форму после снятия нагрузки.

При смачивании сухой глины молекулы воды втягиваются между чешуйчатыми частицами глинистого вещества, расклинивают их, образуют на поверхности частиц гидратную оболочку и вызывают набухание глин. Гидратные оболочки выполняют роль смазки, облегчающей скольжение частиц глины.

Пластичность зависит от содержания в глине глинистого вещества и от размеров частиц. Чем выше содержание глинистого вещества и мельче частицы, тем более пластична глина. По степени пластичности глины делятся: на высокопластичные, водопотребность которых более 28 %; среднепластичные, имеющие водопотребность 20...28 %, и малопластичные с водопотребностью менее 20 %.

**Связанность** — усилие, необходимое для разъединения частиц глины. Высокой связанностью обладают глины, содержащие повышенное количество глинистых фракций.

**Связующая способность** — способность глин в увлажненном состоянии легко перемешиваться с непластичными материалами и при высыхании связывать их в достаточно прочное изделие — сырец.

**Воздушная усадка** — уменьшение линейных размеров и объема глины при высыхании. В процессе сушки вода испаряется, толщина водных оболочек вокруг глинистых частиц сокращается и отдельные частицы глины сближаются между собой. Воздушная усадка связана с пластичностью глин: чем выше пластичность, тем больше воздушная усадка. Высокопластичные глины имеют воздушную усадку 10...15 %; среднепластичные — 7...10 % и малопластичные — 5...7 %.

**Огневая усадка** — уменьшение линейных размеров и объема глины при обжиге. В процессе обжига наиболее легкоплавкие соединения глины переходят в расплав, который обволакивает нерасплавившиеся частицы, заполняет промежутки между ними и за счет

действия сил поверхностного натяжения жидкой фазы вызывает сближение частиц. Огневая усадка составляет 2...6 %.

**Полная усадка** — сумма воздушной и огневой усадок.

### 2.2.3. НЕПЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Как уже отмечалось выше, эти материалы вводятся в качестве добавок для регулирования свойств как глинистого сырья, так и готовых изделий.

**Отощающие добавки** — вводятся для снижения пластичности глин и, как следствие, для уменьшения воздушной усадки. В качестве отощающих добавок используют шамот, дегидратированную глину, золу ТЭС, измельченные гранулированные шлаки, природный песок.

Шамот — предварительно обожженная и измельченная до требуемых размеров (менее 2 мм) глина. Дегидратированная глина — это глина, обожженная при температуре 500...600 °С. При этой температуре из глинистых минералов удаляется химически связанная вода и глина необратимо теряет свойства пластичности.

**Пластифицирующие добавки** — вводятся для улучшения пластичности глин. Для этих целей используют высокопластичные глины, поверхностноактивные вещества, электролиты.

**Выгорающие добавки** — вводятся в формовочную массу с целью получения высокопористых изделий: древесные опилки, молотый уголь, торф, лузга и др. Эти добавки одновременно являются и отощающими.

**Плавни** — вводятся с целью снижения температуры спекания и, как следствие, экономии топливно-энергетических ресурсов. Под спеканием подразумевается появление частичного расплава сырьевой смеси в процессе обжига. В качестве плавней используются полевые шпаты, доломит, магнезит и др.

Для придания повышенной стойкости к внешним воздействиям, водонепроницаемости и определенного декоративного вида поверхность некоторых керамических изделий покрывают глазурью или ангобом.

Стекловидный слой глазури, нанесенный на поверхность керамического материала, закрепляют обжигом. Глазури могут быть прозрачными и непрозрачными различного цвета. Главными сырьевыми компонентами глазури являются кварцевый песок, као-



лин, полевой шпат, соли щелочных и щелочноземельных металлов, различные оксиды и др.

Ангоб изготавливают из белой или цветной глины и наносят тонким слоем на поверхность еще не обожженного изделия. В отличие от глазури ангоб при обжиге не плавится, поэтому поверхность получается матовой. По своим свойствам ангоб должен быть близок к основному черепку.

## **2.3. Общая схема производства керамических изделий**

Керамические материалы и изделия, которые выпускает промышленность, имеют разнообразные размеры, форму, физико-механические свойства и различное назначение, но основные этапы технологического процесса их производства примерно одинаковы и складываются из добычи сырьевых материалов, их транспортировки на завод, подготовки сырьевой массы, формования изделия (сырца), сушки и обжига.

### **2.3.1. Добыча и доставка глины**

Глину для производства керамических материалов и изделий добывают в карьерах, обычно расположенных в непосредственной близости от завода. Для добычи используют одно- или многоковшовые экскаваторы, возможно также применение средств гидромеханизации. На завод глину доставляют по рельсовым путям в вагонетках с опрокидывающимся кузовом, автосамосвалами, ленточными транспортерами, вагонетками канатной дороги и другими видами транспорта.

### **2.3.2. Подготовка сырьевой массы**

Добытая в карьере и доставленная на завод глина в естественном состоянии обычно непригодна для формования изделий. Необходимо разрушить природную структуру глины, удалить из нее вредные примеси, измельчить или убрать крупные включения, смешать глину с добавками, а также увлажнить ее, чтобы получить удобоформуемую массу. Для этой цели используют различные механизмы: вальцы, дезинтеграторы, бегуны, глинорезки, глиномялки, мешалки и др. Эти механизмы будут рассмотрены ниже.

Глину обрабатывают полусухим, пластическим и мокрым способами. Выбор того или иного способа зависит от свойств сырьевых

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)