

Строительные материалы

Лекции

Общие технические свойства строительных материалов

Выделяют 2 группы общих технических свойств:

1) **Физические свойства** – выражают способность материала реагировать на воздействие физических факторов – гравитационных, тепловых, водной среды, акустических, электрических. Характеризуют состояние материала, а так же отношение материала к действию физических факторов.

К физическим свойствам относятся:

- **Истинная плотность** – масса единицы объема в абсолютно плотном состоянии.

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$

- **Средняя плотность** – масса единицы объема (сухого) материала в естественном состоянии, учитывая поры.

$$\rho_o = \frac{m}{V_e}$$

- **Насыпная плотность** – масса единицы объема сухого рыхлого материала в свободном насыпном состоянии.

$$\rho_n = \frac{m}{V}$$

- **Относительная плотность** – характеризует содержание в материале твердого вещества.

$$d = \frac{\rho}{\rho} * 100\%$$

• **Пористость** – характеризует содержание пор в материале.

Общая:
$$P_{\text{общ}} = \frac{p - p_0}{p} 100\%;$$

Открытая:
$$P_{\text{откр}} = \frac{m_{\text{насыщ}} - m_{\text{сух}}}{V_e \cdot p} 100\%$$

Закрытая (замкнутая) – объем закрытых пор.

$$P_{\text{закр.}} = P_{\text{общ}} - P_{\text{откр}}$$

Пустотность: отличается от пор и характеризует только рыхлые материалы. Полости между зернами насыпного материала и образуют пустоты.

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_i}\right) 100\%$$

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать в порах воду.

а) по массе
$$W_M = \frac{m_H - m_C}{m_C} 100\%$$

б) по объему
$$W_{об} = \frac{m_H - m_C}{V} 100\%$$

Гигроскопичность- способность материала поглощать (пары) влаги из окружающей среды (из атмосферы).

Капиллярное всасывание – свойство капиллярно –пористых тел поглощать влагу при соприкосновении с ней.

Водостойкость – способность материала не снижать прочность сверх установленного предела при его насыщении водой.

$$K_p = \frac{R_{нас}}{R_{сух}}$$

Влажность – характеризует содержание воды в материале.

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

Водопроницаемость – способность материала пропускать воду под давлением. **Водонепроницаемость** – наоборот, характеризуется максимальным давлением при котором вода не просачивается, или временем выдержки под давлением (для гидроизоляционных материалов)

$$K_{\text{ф}} = \frac{V_{\text{в а}}}{S_{\text{пт}}}$$

Паро- (газо) – проницаемость – то же, что и водопроницаемость по отношению к газовой среде.

Морозостойкость – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать попеременное замораживание и оттаивание.

Температурное расширение – способность материала изменять размеры вследствие нагревания. Характеризуется КЛТР ($\text{м}\backslash\text{град}$) – на какую долю первоначальной длины расширился материал при повышении температуры.

Теплоемкость – способность материала поглощать и аккумулировать теплоту при нагревании. Характеризуется удельной теплоемкостью- количеством теплоты необходимым для нагрева 1 кг материала на 1 градус Цельсия.

Теплопроводность – способность материала проводить через свою толщину тепловой поток, возникающий под влиянием разности температур на поверхностях. Характеризуется коэффициентом теплопроводности

$$\lambda \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{С}} \right)$$

Огнеупорность – способность материала сопротивляться длительному воздействию высоких температур не деформируясь. Оценивается в °С, в зависимости от температуры.

Легкоплавкие – ниже 1350 °С

Тугоплавкие от 1350 до 1580 °С

Огнеупорные выше 1580 °С

Огнестойкость – способность материала выдерживать кратковременное действие высоких температур, сохраняя свое функциональное назначение. Оценивается в часах, т.е. в течении какого времени будет сопротивляться действию огня при пожаре.

2) *Механические свойства:*

Прочность – способность материала сопротивляться разрушению от внутренних напряжений, возникающих под действием внешних сил и др. факторов. Прочность оценивается чаще всего по пределу прочности – предельное внутреннее напряжение, вызвавшее разрушение.

$$\text{Прочность при сжатии: } R_{сж} = \frac{P \text{ кгс}}{S \text{ см}^2}$$

$$\text{Прочность при изгибе: } R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела.

Оценивается шкалой Мооса.

1. Тальк – легко чертится ногтем
2. Гипс – чертится ногтем
3. Кальцит – легко стальным ножом
4. Флюорит (плавиковый шпат) – стальным ножом под небольшим нажимом.
5. Апатит - стальным ножом под большим нажимом.
6. Ортоклаз – царапает стекло.
7. Кварц
8. Топаз легко царапают стекло
9. корунд

Истираемость – способность материала сопротивляться действующим на него нагрузкам, которые вызывают постепенное его разрушение с поверхности путем удаления мелких частиц или тонких слоев. Оценивается по потере массы с единицы поверхности.

$$I = \frac{\Delta m}{S} \text{ (г/см}^2\text{)}$$

Ударная стойкость или прочность при ударе – способность материала сопротивляться ударным нагрузкам. Оценивается количеством ударов или высотой сброса груза.

Сопротивление износу – способность материала сопротивляться одновременно истираемости и удару.

Природные каменные материалы

Минеральные массы земной коры, которые в своем естественном состоянии обладают необходимыми строительными свойствами, а для использования их в строительной отрасли необходима соответствующая обработка.

Горная порода – природный минеральный агрегат, конкретного состава и строения, образовавшийся в земной коре в результате геологических процессов.

Различают :

- Мономинеральные горные породы (мрамор)
- Полиминеральные, образованные двумя или несколькими минералами .

Минерал – это всякое однородное по составу, строению и свойствам тело, находящееся в земной коре и представляющее собой продукт природных физико-химических процессов.

Минерал удовлетворяет требованиям:

Однородности (гомогенности) – по химическому составу

Происхождению – в земной коре, а не искусственно в лаборатории.

Свойства минералов

- Блеск (матовый, перламутровый, стеклянный)
- Характер излома
- Твердость
- Химический состав
- сплошность

Классификация горных пород по происхождению.

Магматические – образовавшиеся в результате застывания магмы на разной глубине в земной коре.

Изверженные или первичные

А) массивные – глубинные (интрузивные), образованные в результате застывания магмы в полостях литосферы. Медленное остывание, медленный рост кристаллов, зернисто кристаллическая структура. Следовательно высокая плотность, прочность, низкое водопоглощение.

Массивные излившиеся (эффузивные) – образованные в результате застывания магмы на поверхности земли. Быстрое остывание, скрыто кристаллическая структура. Следовательно более хрупки и менее долговечны.

Магматические горные породы



Габбро



Гранит



Базальт



Магматические
породы

Б) обломочные (вулканические) – рыхлые пемза и пепел – образованные в результате выделения газов при быстром застывании лав или выброшенные при извержении вулкана.

Сцементированные – вулканический туф – образованные в результате срастания, цементирования, твердых продуктов извержения. Природным цементом являются глинистые или кремниевые соединения.

Осадочные горные породы – образованные в результате выветривания и разрушения различных горных пород.

Механического происхождения – рыхлые и обломочные горные породы (гравий, песок).

Сцементированные – рыхлые породы сцементированные природным веществом (песчаники).

Химического происхождения – карбонатные породы, доломитовые породы, гипс.

Органогенные – зоогенные (мел, известняк ракушечник).

Фитогенные - диатомиты, образованные из диатомитовых водорослей и опаловых скелетов. Трепел, опока – состоящие из опала или халцедона.

Метаморфические – образованные преобразованием горных пород, происходящих в недрах земной коры под влиянием высоких температур и давлений. В таких условиях происходит перекристаллизация минералов без плавления.

Гнейсы – в результате метаморфизма гранитов.

Кварциты – в результате перекристаллизации песчаников.

Мрамор- перекристаллизованный известняк.

Породообразующие минералы магматических горных пород.

Состоят в основном из четырех основных групп

1-я группа – кварца. SiO_2 (диоксид кварца, кристаллический кремнезем). Содержится в горных породах до 12%.

В горных породах кварц обычно не прозрачен

Самый распространенный минерал, обладающий

- Высокой прочностью на сжатие до 2000 Мпа;
- Высокой твердостью Тв-7
- Высокой кислотостойкостью
- Высокой температурой плавления
- Химически инертен

2-я группа – полевые шпаты – самые распространенные минералы магматических горных пород. Занимают до 60%.

Полевые шпаты по химическому составу — алюмосиликаты калия, натрия, кальция.

Ортоклаз- $K_2O Al_2O_3 6SiO_2$

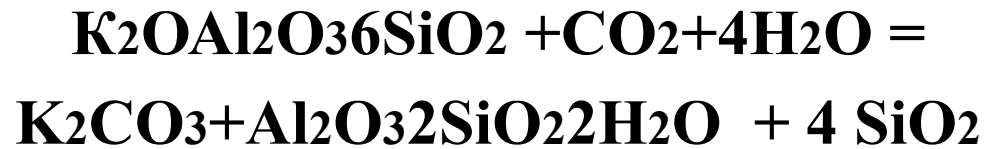
- между двумя плоскостями спайности у него образуется прямой угол, и его название означает прямораскалывающийся.
- Твердость Тв-6

Плагиоклазы в природе существуют в виде многочисленных разновидностей:

альбит — алюмосиликат натрия **$Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$**

анортит — алюмосиликат кальция **$CaO Al_2O_3 2SiO_2$**

- Имеют угол спайности 86 градусов
- Прочность при сжатии 120-170 Мпа
- Легко выветриваются преимущественно в каолины



3-я группа - слюды (алюмосиликаты) – встречаются в гранитах и некоторых других магматических горных породах.

Разновидности:

Биотит — черная или бурого цвета железисто-магнезиальная слюда. Преобладают окиси железа и магния.

- Имеет совершенную спайность в одном направлении, легко расщепляется на тончайшие упругие пластинки.

- Имеет небольшую твердость Тв (2—3)

Мусковит — белая слюда встречается в магматических и метаморфических породах. Преобладает окись калия.

- Имеет совершенную спайность в одном направлении, благодаря чему легко расщепляется на тонкие и прозрачные упругие листочки.
- Имеет низкую твердость
- относительно стоек химически и при выветривании обычно переходит в россыпи без заметного изменения.

Слюды значительно снижают свойства магматических горных пород.

4-я группа – темноокрашенные минералы (железисто – магнезиальные силикаты). Имеют окрас от темно – зеленого до черного цвета.

Разновидности:

Пироксены (авгит) и роговая обманка (амфиболы) – изоморфные смеси силикатов Ca, Mg, Fe. Обладают:

- Высокой твердостью Тв 5-6
- Высокой истинной плотностью 3-4 г\см³
- Высокой прочностью на сжатие 300-400 Мпа
- Повышенной вязкостью при ударах

Придают горным породам высокую прочность и темный цвет. В больших количествах содержатся в таких породах как *габбро, диабаз*.

Оливины – силикаты железа и магния. Имеют цвет от желтоватого до зеленого. Обладают

- Стеклянным блеском
- Слабо выветриваются

Пириты – серный железистый колчедан. Обладает

- Высокой твердостью Тв -6-7
- Высокой истинной плотностью 4,2-5,2 г\см³
- Легко разлагаются влагой и кислородом
- Отрицательно сказываются на свойствах магматических горных пород.

Строение горных пород

Особенности строения горных пород зависят от условий образования выражаются структурными и текстурными признаками.

Структура (строение) – особенность строения горных пород; форма, величина, способ связи и характер выделения отдельно взятых минералов. Эти признаки невооруженным взглядом не могут быть обнаружены, только под микроскопом.

По размеру зерен различают:

- Крупнозернистые – более 5 мм.
- Среднезернистые – 1-5 мм.
- Мелкозернистые - 0,5-1 мм.

Текстура (сложение) – характер расположения составных частей горной породы, зрительно – воспринимаемый характер поверхности. Различают:

- Массивную
- Слоистую
- Пористую.

Для изверженных горных пород характерны:

Зернисто - кристаллическая (гранитная) структура – когда отдельные минералы (зерна) приблизительно равны по величине. Магма медленно остывает, что способствует ее полной кристаллизации.

Текстура у таких горных пород массивная.

Преимущества зернисто – кристаллической структуры:

- Зернистость (мелкозернистая) – выше прочность
- Выше стойкость против распада
- Выше плотность.

Порфировая – когда в общей основной массе наблюдаются отдельные кристаллы – зерна вкрапления. Такая структура присуща излившимся горным породам. Кристаллизация происходит в два этапа:

- 1) Кристаллизуются зерна – образовываясь в магме;
- 2) Застывание магмы после излияния на поверхность.

Основные виды глубинных горных пород

Граниты – кварц – 20-40%

ортоклаз – 40-60%

слюды (биотит) 5-20%

роговая обманка

Обладают следующими свойствами:

- Прочность при сжатии 120-200 Мпа (более зернистая структура, более высокая прочность).
- Низкое водопоглощение
- Высокая морозостойкость
- Высокое сопротивление истиранию
- Хорошо поддается механической обработке

Сиениты - не содержит кварца

ортоклаз до 75%

темноокрашенные минералы

Обладают следующими свойствами:

- Прочность ниже чем у гранитов из-за отсутствия кварца
- Меньше твердость
- Легче полируются

Диориты – плагиоклаз до 75%

роговая обманка

- Высокая прочность 180-280 Мпа
- Хорошо сопротивляется удару.

Габбро – плагиоклаз до 50%

пироксены 50%

оливины

- Высокая прочность 200-280 Мпа
- Трудно обрабатывается
- Легко полируется

Эффузивные (излившиеся)-

Каждой глубинной горной породе соответствует излившаяся, между ними нет различий в химическом составе, но есть различия в структуре.

Порфир (из гранита) – свойства близки к гранитам, но более хрупкие, так как в них содержится стекловидная масса.

Трахит (из сиенита) - более пористый, следовательно менее прочный, быстро истирается, не полируется.

Андезит (из диорита) – обладает высокой прочностью, пористостью, кислотостойкостью.

Диабаз и базальт (из габбро) - высокая прочность, плотность, более хрупкие, хорошо полируются.

Обломочные (вулканические горные породы) -

Пористые продукты остывания магмы.

Пемза (вулканическое стекло) – в результате быстрого остывания магмы.

Вулканический песок и пепел - лава в раздробленном виде.

Вулканический туф – в результате цементации пемзы и вулканического песка.

Минералы осадочных горных пород

1-я группа – кварца.

Кварц присутствует в осадочных породах не только в кристаллическом состоянии, но и в аморфном виде, часто в соединении с водой. **SiO₂n H₂O**. Разновидности:

Халцедон – небольшое количество химически связанной воды 1-5%, иногда с примесями железа и алюминия.

- Цвет темный, бурый, зеленый
- Твердость Тв -6

Опал – 2-14% химически связанной воды, с примесями железа и алюминия.

- Цвет молочно – белый
- Твердость Тв -6

2-я группа – глинистые минералы- гидроалюмосиликаты.

Разновидности:

Каолинит – разновидность глины $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – результат выветривания полевых шпатов.

- Цвет белый
- Твердость Тв -1
- Кристаллы имеют форму пластинок, при затворении водой образуют пластичное тесто.

Монтмориллонит – разновидность глин – бентонитовые глины (жирные глины).

3-я группа – соли угольной кислоты

Кальцит – CaCO_3

- цвет белый, в зависимости от примесей, сероватый, бурый

- Твердость Тв-3

Имеет разнообразное сложение – зернистый или плотный.

Определить легко – при взаимодействии с соляной кислотой «вскипает»

Магнезит ($MgCO_3$) и доломит ($CaMgCO_3$)

- Твердость Тв -3,5-4

С соляной кислотой реагирует плохо.

4-я группа – Сульфаты – соли серной кислоты

Гипс – $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – двуводный сульфат кальция

- Твердость Тв -2

Ангидрит $CaSO_4$ – безводный сульфат кальция

в природе встречается редко, так как присоединяя воду переходит в гипс.

3-я группа – карбонаты – соли угольной кислоты.

Разновидности:

Кальцит – CaCO_3 - по сложению – зернистый или плотный

- Цвет белый, в зависимости от содержания примесей – сероватый, голубой, бурый.

- Твердость Тв-3.

Магнезит и доломит MgCO_3 , CaMgCO_3

- Твердость Тв-4

4-я группа – сульфаты – соли серной кислоты.

Разновидности:

Гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Ангидрит CaSO_4

Структура осадочных горных пород

- **Зернисто** – **кристаллическая** (мраморовидная) – в зависимости от среднего размера зерна, различимого невооруженным взглядом или под микроскопом различают:
 - Мелкозернистую
 - Среднезернистую
 - Крупнозернистую
 - Грубозернистую
- **Плотная** – зерна трудно различимы под микроскопом.
- **Обломочная** – (кластическая) – когда явно выступает сложение горных пород из обломков отдельных минералов или других горных пород, связанных тем или иным естественным цементом.

Песчаники – сцементированные зерна песка.

Конгломераты – сцементированный крупные округлые куски.

Брекчии – сцементированный остроугольные куски.

- *Туфообразная и пенистая.*

Разновидности осадочных горных пород.

1. Рыхлые и обломочные горные породы – образованные преимущественно из изверженных горных в результате выветривания. По размеру зерна делятся на:

- Глины
- Пыль
- Песок
- Гравий
- валуны

По минеральному составу пески в природе делятся на:

- Кварцевые
- Полевошпатные
- Известняковые и доломитовые
- Вулканические

По условиям образования и месту нахождения пески делятся на:

- Речные
- Морские и озерные
- Горные и овражные
- дюнные

Гравий и щебень по месту образования и нахождения делится на:

- Речной
- Озерный
- Морской
- Ледниковых отложений

2. Цементированные обломочные горные породы – песчаники и кварциты – в зависимости от вида цементирующего вещества делятся на:

- Кремнистые
- Глинистые
- Известковые
- гипсовые

3. Осадочные горные породы химического и органического происхождения.

Химические – образовались в результате осаждения растворенного в воде вещества (гипс, карбонаты).

Органогенные – в образовании играли роль растительные и животные микроорганизмы. *Зоогенные* горные породы – известняк – ракушечник, сложены раковинами различных морских беспозвоночных. *Фитогенные* – диатомит, скопление скелетов диатомитовых водорослей.

Разновидности известняков CaCO_3

Состав: кальцит

глина

кремнезем

железо

Мраморовидный известняк – состоит из кристаллов зерен кальцита и цементирующего вещества в малых количествах.

Цвет: в зависимости от примесей

хорошо полируется

Плотный (обыкновенный известняк) – мелкие зерна кальцита, связанные с природным цементным веществом.

Известковый туф- пористый известняк, образованный в результате осаждения углекислой кальциевой соли из горячих растворов.

Известняк – ракушечник, пористая порода из раковин и моллюсков.

Мергель и доломит

Разновидности метаморфических горных пород

Гнейс – по минералогическому составу из гранита. (кварц, полевой шпат, слюда, роговая обманка)

Структура – полнокристаллическая крупно и средне – зернистая.

Текстура – сланцеватая

Технические свойства – ниже чем у гранита.

Кварцит – перекристаллизовавшийся песчаник. Обладает высокой прочностью, морозостойкостью, огнеупорностью, но низкой истираемостью.

Мрамор – образуется из плотного известняка. Хорошо полируется.

Сланцы – из глинистых пород, раскалываются по плоскостям.

Добыча и обработка каменных материалов

Добыча каменных материалов производится в карьерах. Подготовка карьера к разработке производится в следующей последовательности:

- Планирование местности, отвод грунтовых вод
- Вскрышные работы
- Удаление выветрившихся горных пород
- Отделение монолитов от массива
- Разделка монолита на глыбы нужных размеров

По виду обработки природные каменные материалы можно разделить на:

1. Грубообработанные (бутовый камень, щебень, гравий и песок)

2. Штучный камень и блоки правильной формы (стеновые)
3. Плиты с различной обработанной поверхностью
4. Профилированные детали (ступени, декоративные изделия)
5. Изделия для дорожного строительства.

Используя ударную или абразивную обработку природному камню придают различную фактуру.

Ударная обработка – заключается в окалывании поверхности камня при помощи камнетесного инструмента. Получают следующую фактуру:

Скальную – наличие бугров и впадин – естественная при расколе горных пород.

Рифленую – с правильным чередованием гребней и впадин.

Бороздчатую – с параллельными прерывистыми бороздками

Точечно – шероховатую – с точечными углублениями.

Абразивная обработка – распиливание, фрезерование, шлифование, полирование. Основные виды фактур, получаемые при абразивной обработке.

Пиленая – с тонкими штрихами и бороздками.

Шлифованная - равномерно шероховатую.

Лощеная – гладкая, матовая с выявленным рисунком камня.

Зеркальная – гладкая с зеркальным блеском.

Строительная керамика

Керамическими – называют искусственные изделия, которые получают в результате обработки преимущественно глинистого сырья, путем приготовления формовочной массы, ее формованием и последующей термической обработкой.

Классификация керамических изделий

1) По структуре и свойствам черепка:

Грубая керамика – характеризуется неровностями, шероховатостью, в изломе поверхность с видимыми включениями.

а) Плотная – водопоглощение $V < 5\%$, по массе - глазурованная (кислотоупорные изделия);

Не глазурованная (плитка для пола)

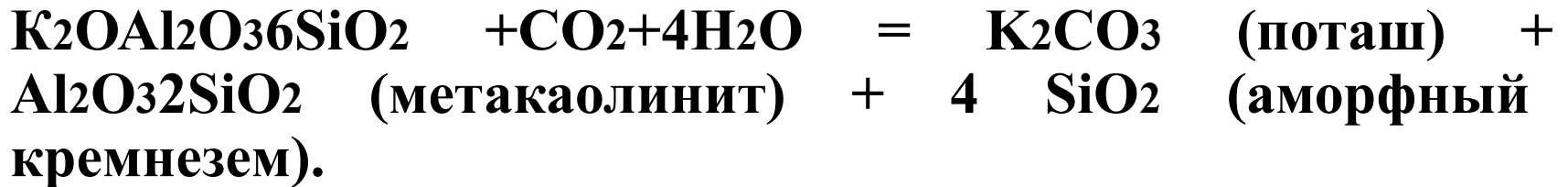
б) Пористая- водопоглощение $V > 5\%$: глазурованная, не глазурованная

2) По назначению

- а) стеновые изделия (кирпич и камни)
- б) кровельная керамика (черепица)
- в) для облицовки поверхностей (стен, пола)
- г) санитарно – техническая керамика
- д) дорожная керамика (клинкерный кирпич)
- е) кислотоупорная керамика (кирпич, плитка, трубы)
- ж) огнеупоры (канализационные и дренажные трубы)
- з) заполнители для легких бетонов (керамзит, аглопорит)

Сырье для производства изделий строительной керамики

Глина – продукт разложения и выветривания полевых шпатов и некоторых других горных пород.



Глина – тонкообломочные, землистые мягкие горные породы, способные при затворении водой образовывать, пластичное легко формуемое тесто, которое после высыхания сохраняет приданную ему форму, а после обжига образует твердое камневидное тело.

В состав глины входят: глинистая часть, не глинистая часть (кварц, слюды, карбонаты)

Отощающие добавки – вводятся для снижения усадки (воздушной и огневой). Кварц, шамот, трепел, диатомит.

Уплотняющие добавки – вводятся для снижения пористости в процессе обжига – плавни (полевоы шпат, железистая руда). Снижают температуру спекания.

Порообразующие добавки – вводят для получения легких керамических изделий с повышенной пористостью и пониженной теплопроводностью.

Выгорающие вещества – (древесные опилки, уголь, золы)

Вещества выделяющие газ при высоких температурах (доломиты, мел, карбонаты)

Пластифицирующие добавки – высокопластичные глины, бентониты и ПАВ.

Классификация глин

1) По минеральному составу:

- Полиминеральные
- Мономинеральные

2) По гранулометрическому составу

- Глинистые частицы $< 0,005$ мм
- Пыль $0,15$ мм..... $0,005$ мм
- Песок $0,15$ мм..... $2,0$ мм

3) По содержанию глин

- Тяжелые ($>60\%$), глины ($30-60\%$), тяжелые суглинки ($20-30\%$), средние суглинки ($15-20\%$), легкие суглинки ($10-15\%$), песок ($<5\%$)

4) По химическому составу, определяющему содержание глинистых оксидов **SiO₂** (40...80%), **Al₂O₃** (10-35%), **Fe₂O₃** (5-8%), **CaO +MgO** (до 25%), **K₂O +Na₂O** (4-7%)

5) По вещественному составу, в зависимости от содержания примесей:

соединения железа, карбонаты, сульфаты, органические соединения, растворимые соли.

Технические свойства глин

Пластичность – способность глиняного теста принимать под влиянием внешнего воздействия, придаваемую ему форму без нарушения сплошности с сохранением приданной формы после снятия нагрузки, сушки и обжига.

Высокопластичные, умеренопластичные, малопластичные.

Водопоглощаемость – количество воды, необходимое для получения пластичного теста. Часто по водопоглощаемости определяют пластичность глин.

Высокопластичные – воды $>28\%$

Умереннопластичные – 20-28%

Малопластичные $< 20\%$

Связывающая способность – способность связывать зерна не пластичных материалов, по высыхании образуя сырец (относительно прочное изделие).

Усадка – изменение линейных размеров изделий по мере удаления воды из них.

Воздушная усадка – (усушка) – изменение размеров в процессе сушки. Чем пластичнее глины, тем выше воздушная усадка. Составляет 10-15%

Огневая усадка – изменение (уменьшение) линейных размеров в процессе обжига, составляет 2-6%.

Спекаемость – плавление – способность уплотняться при обжиге и образовывать камнеподобный черепок. Зависит от содержания примесей – полевой шпат, карбонаты снижают температуру плавления. Железная руда, доломиты снижают температуру спекания.

Огнеупорность- характеристика плавкости в интервале температуры плавления.

Цвет после обжига – зависит от содержания примесей, которые придают черепку окраску.

Термическая обработка глин (сушка, обжиг)-

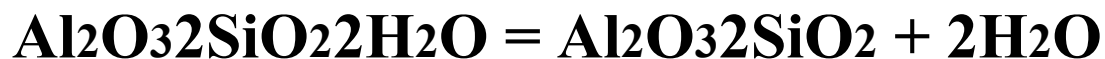
осуществляется с целью создания в изделии свойств, необходимых для функционального назначения изделия, либо для дальнейшей обработки.

1) Сушка – удаление физически связанной воды при температуре 100-150 °С. Сушка производится с целью предотвращения усадки и растрескивания при обжиге.

2) Обжиг:

а) удаление органических веществ (выгорание) – 300-500 °С.

б) дегидратация – удаление связанной воды из глинистых минералов, декарбонизация – разложение карбонатов и других соединений под воздействием температуры:

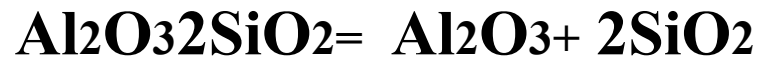


Температура 450-650 °С

в) Рекристаллизация оксидов – при температуре 600-850 °С

При температуре 700-800 °С наблюдается аномальное расширение, появляется стекловидная фаза в обожженной глине.

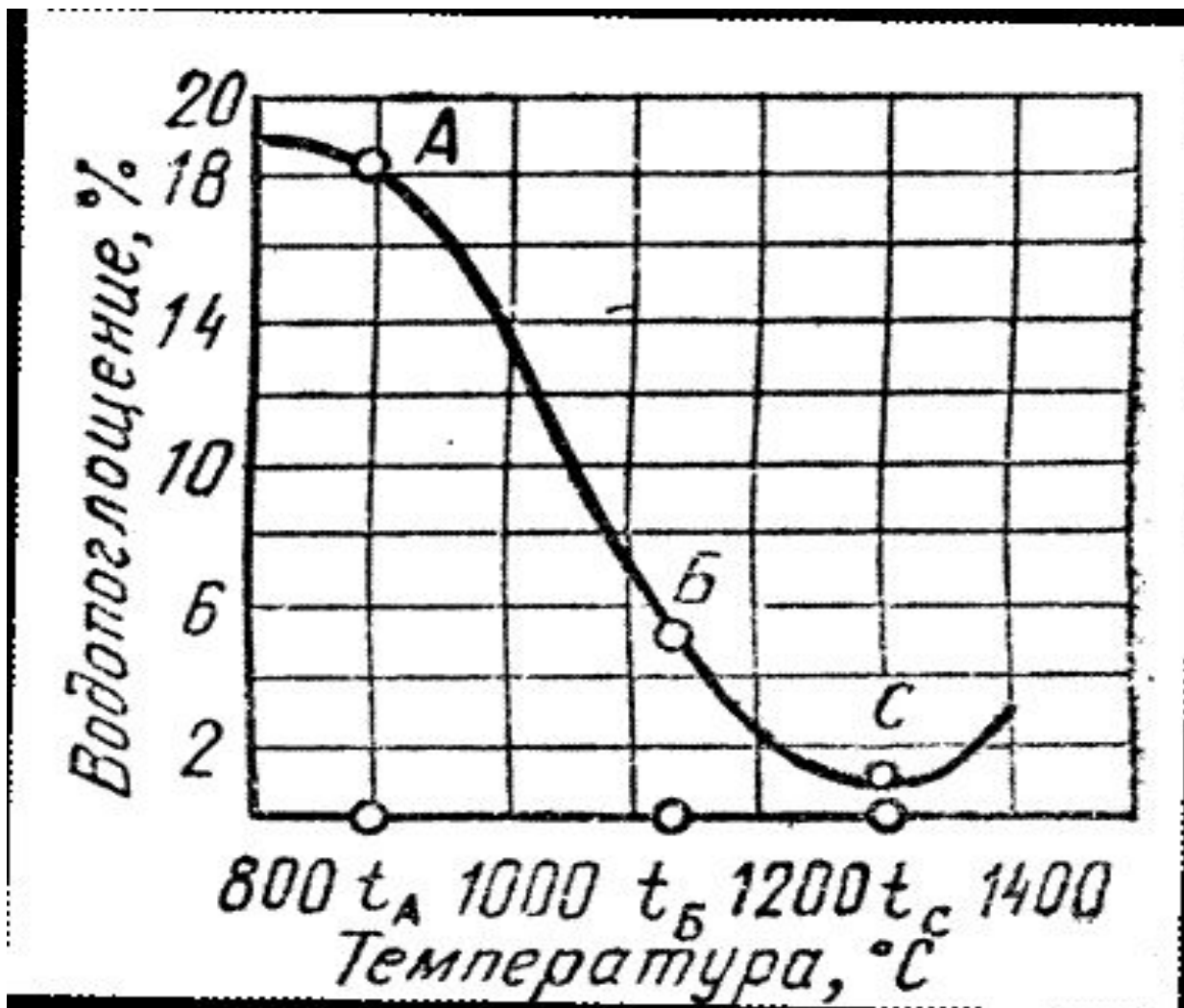
г) Декарбонизация карбонатов и разложение метаксаолина.



д) Образование муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ - главная кристаллическая фаза керамической системы. Муллит придает керамическим изделиям прочность, водостойкость, термостойкость (температура от 850 °С).

е) При температуре >1050 °С происходит жидкофазовое спекание, т. е. образуется расплав, который цементирует кристаллы муллита и упрочняет структуру.

Жидкофазовое спекание



Бетоны. Классификация бетонов.

Бетон – искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из минерального или органического вяжущего вещества с водой, мелкого и крупного заполнителя, химических добавок в определенных пропорциях.

Классификация бетонов по плотности

- Особо тяжелые – плотность более 2500 кг/м³
- Тяжелые – плотность 1800-2500 кг/м³
- Легкие – плотность 600-1800 кг/м³
- Особо легкие – плотность менее 600 кг/м³

По виду вяжущего:

- Цементные бетоны – с применением различных видов портландцемента.
- Силикатные бетоны – автоклавного твердения с применением известкового вяжущего и тонкомолотого кремнеземистого компонента.
- Гипсовые бетоны – с применением гипсовых и гипсоцементнопуццолановых вяжущих.
- Шлакощелочные – с применением шлакощелочных вяжущих.
- Полимербетоны – с применением различных видов полимерных связующих (эпоксидные, полиэфирные, акриловые смолы)
- Полимерцементные – с применением вяжущего и полимерного вещества.

Состав тяжелого бетона. Роль и свойства основных компонентов бетона.

Заполнители — занимают в бетоне до 80% объема и оказывают влияние на его основные свойства:

- увеличивают прочность — за счет жесткого скелета;
- снижают деформации ползучести при длительном действии нагрузки;
- снижают усадку бетона;
- повышают долговечность;
- снижают себестоимость бетона;
- Снижают плотность (пористые заполнители).

Крупный заполнитель - зернистый материал, полученный путем дробления различных горных пород (гранит, известняк, доломит) или гравий с размером зерен более 5 мм.

Мелкий заполнитель – зернистый материал природный или искусственный (различные виды песков).

Требования к заполнителям

- Зерновой состав – содержание в заполнителе зерен разной крупности, определяемый путем просеивания пробы через набор стандартных сит. Различают *рядовой* - содержащий зерна различных размеров, и *фракционированный* – зерна разделены на отдельные фракции.

Зерновой состав заполнителей может быть непрерывным и прерывистым.

Должен обладать наименьшей пустотностью.

Прочность – определяется не только прочностью горной породы, но крупностью зерен заполнителя. Оценивается по показателю дробимости.

$$R_3 > 1,5 - 2R_6.$$

Содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы – ограничивают в стандартах в зависимости от вида бетона и требований к нему. Отрицательно влияют на структуру бетона и следовательно снижают его свойства (прочность, долговечность)

Содержание пылевидных и глинистых частиц – ограничивают в стандартах до 3%. Снижают прочность бетона, долговечность, увеличивают расход цемента, ухудшают сцепление цементного камня с заполнителем.

Содержание органических примесей - не допустимо в природных заполнителях.

Вяжущие вещества – тонкомолотые порошкообразные материалы, которые при взаимодействии с водой образуют цементное тесто обволакивающее зерна заполнителя и заполняющее пустоты, впоследствии твердеющее с образованием цементного камня.

Химические добавки – вводятся для регулирования свойствами бетонной смеси и бетона и управлением технологией бетона.

Классификация химических добавок по основному эффекту действия:

1) Регулирующие свойства бетонных смесей;

- пластифицирующие – увеличивающие подвижность бетонной смеси;

- стабилизирующие - предупреждающие расслоение бетонной смеси;

- водоудерживающие – уменьшающие водоотделение бетонной смеси.

2) Регулирующие схватывание бетонной смеси и твердение бетона:

- Ускоряющие или замедляющие схватывание и твердение:

- Обеспечивающие твердение бетона при отрицательных температурах (противоморозные).

3) Регулирующие плотность и пористость бетона.

- воздухововлекающие;

- уплотняющие;

4) Регулирующие деформации бетона (расширяющие)

5) Повышающие защитные свойства бетона к стали (ингибиторы коррозии)

6) Стабилизаторы – повышающие стойкость бетонных смесей против расслоения

7) Придающие бетону специальные свойства (повышающие стойкость агрессивных средах и т.д)

Минеральные добавки – порошки различной минеральной природы, получаемые из природного или техногенного сырья (золы, молотые шлаки или горные породы, микрокремнезем и т.д.). Выполняют следующие функции:

- Заполняют пустоты между зернами заполнителя (уплотняют структуру)
- Снижают расход цемента
- Увеличивают прочность (микрокремнезем)
- Снижают водоотделение и расслоение бетонной смеси в литых и самоуплотняющихся смесях.

Вода – применяется водопроводная и питьевая вода. При использовании другой воды необходимо проводить исследования по содержанию в ней сульфатов и солей.

Бетонная смесь

Сложная многокомпонентная смесь, полученная в результате тщательного перемешивания точно отдозированных компонентов (заполнителей, вяжущего вещества, воды, различных видов химических и минеральных добавок).

Структура бетонной смеси – создается за счет действия сил молекулярного сцепления между частицами, окаймленными тонкими пленками воды. Пленки придают смеси свойство пластичности.

Реологические свойства бетонной смеси:

Вязкость (текучесть) – поведение структурированных систем при приложении внешних сил.

Для бетонных смесей характерно свойство *тиксотропии* – способность смеси под действием внешних сил изменять свои реологические свойства, а после прекращения воздействий восстанавливать.

Седиментация – перераспределение твердых частиц по объему бетонной смеси. (расслоение).

Технологические свойства бетонной смеси:

- Удобоукладываемость - характеристика смеси, при которой ее консистенция соответствует условиям укладки.

В зависимости от удобоукладываемости смеси делятся на:

- **Жесткие** – удобоукладываемость определяется в секундах

- По методу Вебе

- По методу Красного

- По методу Скрамтаева

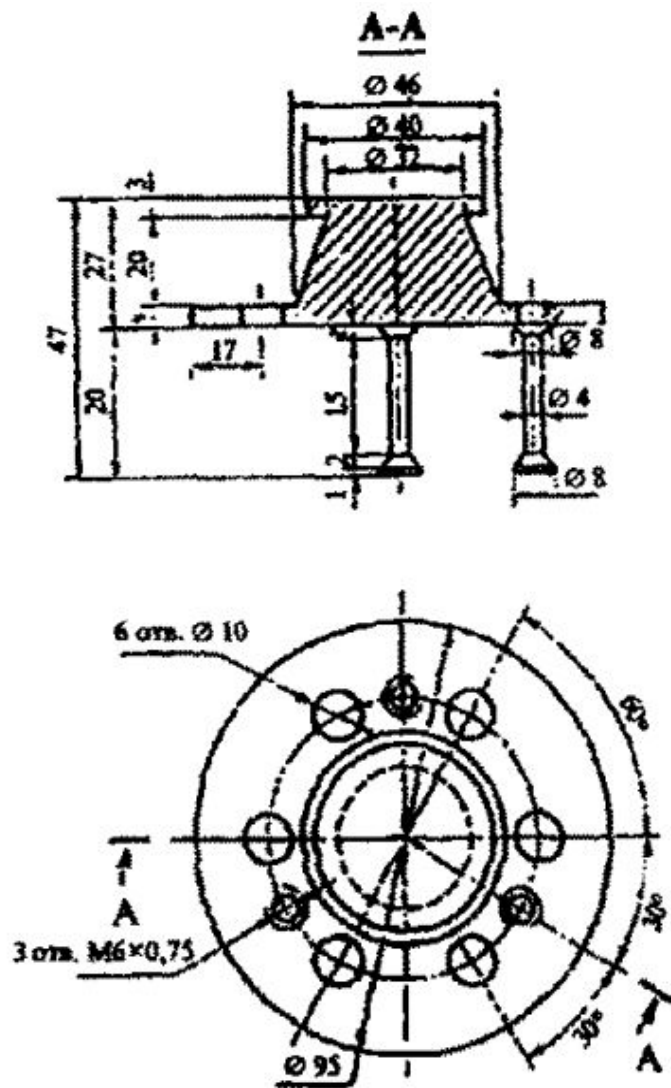
- **Подвижные** – удобоукладываемость определяется в сантиметрах

- По осадке конуса

Метод Вебе

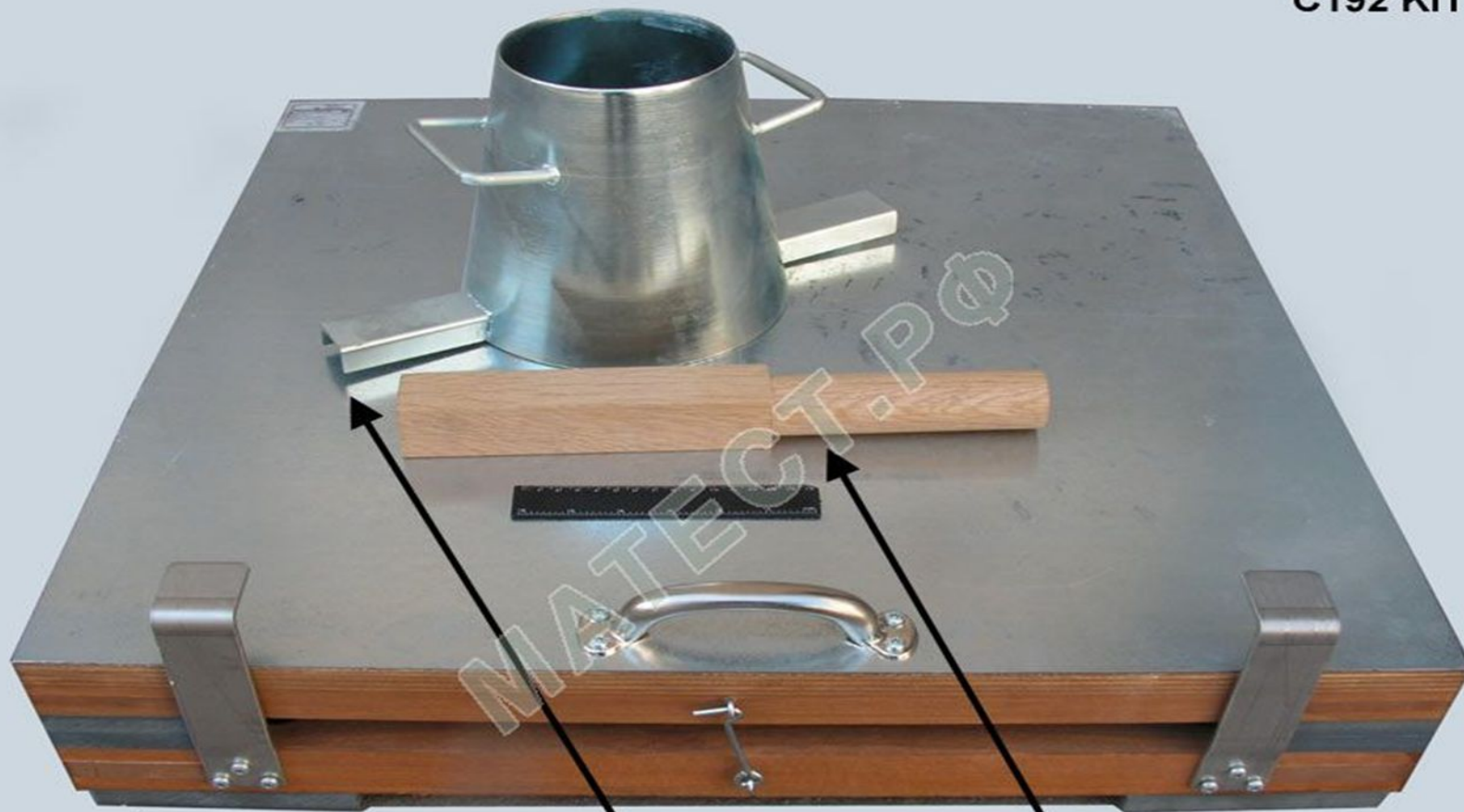


Метод Красного



По расплыву конуса.

C192 KIT



C192 - стол расплива

C192-01 - форма-конус

C192-02 - штыковка

Конус Абрамса



- Плотность – бетонной смеси
- Расслаиваемость бетонной смеси (водоотделение)
- Сохраняемость свойств бетонной смеси во времени
- Температура бетонной смеси.

Свойства бетонной смеси зависят от:

- Свойств применяемого вяжущего вещества
- Дисперсности составляющих бетона
- Ведения различных ПАВ и минеральных добавок
- Водоцементного соотношения
- Соотношения твердой и пластичной фаз
- Соотношения крупного и мелкого заполнителя

Алгоритм подбора состава бетона

Включает в себя несколько этапов:

- 1) Назначение требований к бетону исходя из вида и особенностей службы и изготовления конструкций.
- 2) Выбор материалов для бетона и получение необходимых данных характеризующих их свойства.
- 3) Определение и расчет предварительного состава бетона
- 4) Экспериментальная проверка состава в пробных замесах
- 5) Корректировка состава при несоответствии полученных характеристик
- 6) Контроль за бетонированием
- 7) Корректировка состава в процессе производства при колебаниях свойств основных компонентов.

Основы технологии тяжелого бетона.

Основные этапы производства тяжелого бетона:

1). Дозирование основных компонентов бетонной смеси – необходимо соблюдение следующих требований.

- Точность дозирования
- Влажность заполнителей

2) Перемешивание бетонной смеси – необходимо соблюдение следующих требований

- Получение однородной смеси
- Правильный выбор смесителя
- Время перемешивания
- Контроль технологических характеристик бетонной смеси

3) Формование изделий и конструкций из бетонной смеси – необходимо соблюдение следующих требований.

- Выбор способа формования в зависимости от удобоукладываемости смеси. Способы формования:

- литье

- вибрирование

- прессование

- вибропрессование

- центрифугирование

- Соблюдение геометрических размеров форм или опалубки.

- Соблюдение защитного слоя арматуры

- Соблюдение правильности установки арматурного каркаса.

4) Твердение бетона – необходимо соблюдение следующих требований.

- Обеспечение влажностного ухода за бетоном
- Обеспечение положительных температур
- Обеспечение режимов ухода за бетоном при тепловлажностной обработке.

Свойства тяжелого бетона

Плотность – важнейшее свойство тяжелого бетона, которая определяет его прочность, непроницаемость, долговечность.

Плотность зависит от:

- водоцементного соотношения
- содержания заполнителя в бетоне
- вида и свойств применяемого цемента
- Содержания минеральных добавок
- Содержания ПАВ
- Качества уплотнения смеси

Проницаемость – водонепроницаемость – способность бетона сопротивляться воздействию увлажнения, и агрессивных сред. Характеризуется маркой по водонепроницаемости W 2,4,6,8,10,12,14,16,20

Водонепроницаемость зависит от;

- Пористости – характера пор.
- Однородности бетона
- Соблюдения влажностного режима при твердении
- Соблюдения режимов уплотнения
- Водоцементного отношения
- Наличия ПАВ
- Гидроизоляции конструкции

Морозостойкость – способность бетона в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание. Характеризуется маркой по морозостойкости ***F***.

Морозостойкость зависит от:

- Плотности бетона
- Водоцементного отношения
- Вида и свойств цемента
- Наличия в структуре специально созданных замкнутых резервных пор диаметром не более 0,025см.

Прочность — способность бетона сопротивляться разрушению от действия внутренних напряжений, возникающих в результате нагрузки или других факторов.

Материалы в сооружениях могут испытывать различные внутренние напряжения: сжатие, растяжение, изгиб.

Характеризуются классом бетона по прочности на сжатие **B**, на растяжение при изгибе **B_{тб}**, по прочности на осевое растяжение **B_т**, в проектном возрасте.

Прочность зависит от:

- Водоцементного отношения
- Составы бетонной смеси
- Способа уплотнения бетонной смеси
- Ухода за твердеющим бетоном
- Однородности бетонной смеси

Деформативные свойства бетона.

Условно можно разделить на:

Деформации бетонной смеси (первоначальная усадка), возникающие в результате седиментации, которые зависят от:

- Объема бетонной конструкции
- Реологических свойств бетонной смеси
- Водоцементного отношения
- Процента армирования

Деформации бетона – деформации возникающие:

- 1) Под действием физико – химических процессов, протекающих в цементном камне, при твердении - усадка.
- 2) Под действием механических нагрузок: кратковременного и длительного действия – ползучесть.
- 3) Температурные деформации.

Усадка – изменение объема цементного камня, возникающего в процессе твердения.

Виды усадки цементного камня:

1) **Контракционная** – усадка вызванная, тем, что объем новообразований цементного камня всегда меньше объема, занимаемого веществами вступающими в химическую реакцию.

Контракционная усадка развивается в период интенсивного протекания реакций между цементом и водой.

При контракционной усадке:

- Не изменяются размеры образца
- Происходит изменение в поровой структуре
- Не происходит растрескивание материала.

2) **Влажностная** – усадка вызванная изменением распределения, перемещением и испарением влаги в образовавшейся в скелете цементного камня. Занимает ведущую роль в суммарной усадке цементного камня.

Зависит :

От состава и свойств используемых материалов

От содержания и вида заполнителей

От соблюдения режима твердения

3) **Карбонизационная** – вызывается карбонизацией гидроксида кальция и развивается с поверхности бетона в глубину.

Так как влажностная и карбонизационная усадки происходят в затвердевшем материале, то неизбежно возникновение трещин в бетоне или вдоль напрягаемой арматуры.

Способы борьбы с усадкой

- Применение цементов с меньшим содержанием алюминатов
- Уменьшение водоцементного отношения
- Снижение расхода цемента в бетоне
- Применение заполнителей с прерывистым гранулометрическим составом
- Дополнительное армирование конструкций
- Применение дисперсной арматуры
- В некоторых случаях использование безусадочных, расширяющихся и напрягающих цементов.

Деформации ползучести – способность бетона деформироваться во времени при длительном действии постоянной нагрузки. Наиболее заметно развиваются в первые сроки приложения нагрузки и постепенно затухают.

Деформации ползучести зависят от:

- вид цемента и его расход
- Вид и крупность заполнителя, соотношение между крупным и мелким заполнителем
- Степень гидратации цемента к моменту проложения нагрузки
- Водоцементное отношение
- Температура и влажность окружающей среды и самого бетона