

## ЛЕКЦИЯ 2

# МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

---

Учебные вопросы:

1. Воздушные вяжущие вещества
2. Гидравлические вяжущие вещества

**Вяжущие вещества** - строительные материалы для изготовления бетонов и растворов.

Различают:

- - неорганические (минеральные) вяжущие вещества (цемент, гипс, известь и др.);
- - органические (битумы, дегти, пеки).

# Классификация минеральных вяжущих

**Воздушные** – условия твердения и эксплуатации воздушно-сухие

Известь  
воздушная

Гипс

Магнезиальные  
вяжущие

Жидкое  
стекло

**Гидравлические** – условия твердения и эксплуатации влажные

Смешанные и  
известковые и гипсовые

Известь  
гидравлические

Разновидности  
портландцемента

Специальные виды  
цемента

# Вопрос 1

## Воздушные вяжущие вещества

- Для вяжущих **воздушного** твердения характерна сравнительно высокая растворимость как веществ, из которых состоит вяжущее, так и соединений, которые образуются в результате реакции гидратации.
- Поэтому изделия из этих вяжущих при контакте с водой теряют свою прочность, а при действии проточной водой размываются – коэффициент размягчения менее 0,5.
- Следовательно, их можно использовать только для изготовления изделий, эксплуатируемых в воздушно-сухих условиях внутри помещения.

## 1.1 Гипсовые вяжущие. Сырье и условия получения

- **Гипсовыми вяжущими веществами** принято называть тонкомолотые материалы, состоящие из полуводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) или ангидрита ( $\text{CaSO}_4$ ).
- Получение гипсовых вяжущих основано на способности двухводного гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в процессе нагревания частично или полностью отдавать кристаллизационную воду (дегидратировать):



- и постепенно теряет часть химически связанной воды, а при температуре от 110 до 180°C становится полуводным гипсом. После тонкого измельчения этого продукта обжига получают гипсовое вяжущее вещество.

По условию тепловой обработки, от которой в дальнейшем зависят свойства полученных веществ, гипсовые вяжущие подразделяют на:

- - низкообжиговые гипсовые вяжущие;
- - высокообжиговые гипсовые вяжущие;
  
- Низкообжиговые гипсовые вяжущие вещества условно разделяют на:
  - 
  - - строительный;
  - - формовочный;
  - - высокопрочный гипсы.

**Отличительной особенностью гипсовых вяжущих веществ является их низкий срок схватывания, что вызывает определенное неудобство при производстве строительных работ.**

- *По срокам схватывания они разделяются на:*
  - *- быстротвердеющие;*
  - *- нормальнотвердеющие;*
  - *- медленнотвердеющие.*

# Твердение и свойства гипсовых вяжущих

- В процессе твердения гипсовых вяжущих можно выделить три этапа:
- **1) подготовительный** - образование раствора, насыщенного по отношению к продуктам гидратации;
- **2) период коллоидации (схватывание)** - переход новообразований в раствор в гелеобразном виде, минуя растворение;
- **3) период кристаллизации (твердение)** - перекристаллизация коллоидных частиц в большие кристаллы и образование сростка.
- При твердении строительного гипса происходит химическая реакция присоединения воды и образования **двуводного сульфата кальция**
  - **$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .**

## Основными характеристиками гипсовых вяжущих служат:

- *сроки схватывания,*
  - *тонкость помола,*
  - *прочность при сжатии и растяжении,*
- 
- *водопотребность и др.*

# Тонкость помола

- характеризуется массой гипсового вяжущего (% пробы, взятой для просеивания, но не менее **50 г**), оставшегося при просеивании на сите с ячейками размером в свету **0,2 мм**.
- Установлены три степени помола, обозначаемые соответственно **I, II, III**:
- **I (грубый помол)** - остаток на сите не более **30 %**;
- **II (средний помол)** - остаток на сите не более **15%**;
- **III (тонкий помол)** - остаток на сите не более **2 %**.

# Водопотребность

- **Водопотребность гипсового вяжущего** определяется количеством воды, % массы вяжущего, необходимым для получения гипсового теста стандартной консистенции (диаметр расплыва **180±5** мм).

По срокам схватывания ГОСТ **125-79** предусматривает выпуск следующих вяжущих;

- **быстротвердеющего (индекс А)** - с началом схватывания не ранее **2** мин, конец - не позднее **15** мин;
- **нормально твердеющего (индекс Б)** - с началом схватывания не ранее **6** мин, конец - не позднее **30** мин;
- **медленнотвердеющего (индекс В)** - с началом схватывания не ранее **20** мин (конец схватывания не нормируется) .

В зависимости от степени помола различают вяжущие:

- - *грубого*;
- 
- - *среднего*;
- - *тонкого помола* с максимальным остатком на сите с размером ячеек **0,2** мм не более соответственно **23%** **14%** и **2%**, обозначаемые индексами **I**, **II** и **III**.

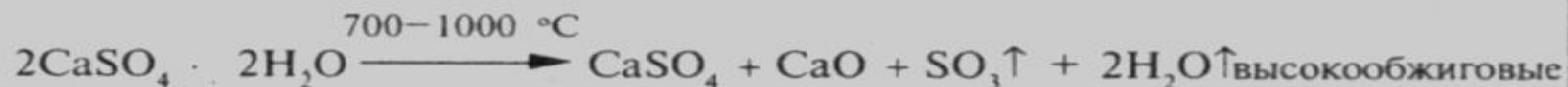
# Воздушная известь.

## Сырье и условия получения

- Сырьем для производства воздушной извести служат *плотные известняки, ракушечники, мел, доломитизированные известняки* при условии, что содержание глинистых примесей в них не превышает **6%**. Сырье обжигают при температуре **1000 ... 1200°С** до полного удаления углекислого газа. Обжиг известняка производится в печах различных конструкций: шахтных, вращающихся, с «кипящим» слоем, в циклонно-вихревых печах во взвешенном состоянии, а также на движущихся агломерационных решетках. Распространен обжиг в шахтных печах, которые надежны в эксплуатации, позволяют использовать местные виды топлива и требуют меньшего его расхода.
- После обжига получают комовую известь или известь - кипелку (так ее называют из-за бурной химической реакции с водой). Это вещество обладает сильно развитой внутренней микропористостью и большим запасом свободной внутренней энергии, что проявляется при гашении комовой извести, т. е. присоединении воды с выделением большого количества теплоты.

# Технология получения, твердения и показатели качества гипсовых вяжущих

## Технология получения



## Твердение



# Технология получения, твердения и показатели качества воздушной извести

## Технология получения



**Состав:** CaO или CaO + MgO (50–90%)  
 MgO — активная примесь (5–40%)  
 до 5% — известь кальцевая  
 5–20% — магнезиальная  
 20–40% — доломитовая

## Показатели качества

Время (мин),  
температура (°C)  
гашения

Содержание активных:  
CaO + MgO, %

Содержание  
непогасившихся  
зерен, %

Тонкость  
помола, %

## Режимы твердения

Воздушно-сухой (гидратно-карбонатный)



Автоклавный (гидросиликатный)



$P = 0,9-1,6 \text{ МПа}, t = 175-203 \text{ }^\circ\text{C (пар)}$

По содержанию оксида магния в извести она подразделяется на:

- кальциевую ( $\text{MgO} < 5\%$ ),
- магнезиальную ( $\text{MgO} = 5 \dots 20\%$ );
- доломитовую ( $\text{MgO} = 20 \dots 40\%$ );

По времени гашения различают известь:

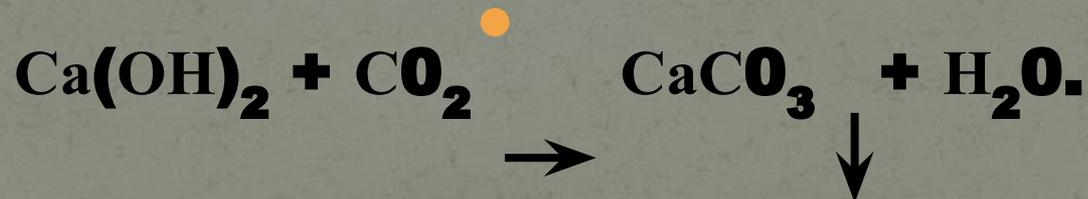
- - быстрогасящуюся (время гашения  $< 8$  мин),
- - среднегасящуюся (время гашения  $8 \dots 25$  мин);
- - медленногасящуюся (время гашения не менее  $25$  мин).

# Твердение и свойства воздушной извести

- Известь применяют в виде строительных растворов, т.е. в смеси с песком и другими заполнителями.

На воздухе известковый раствор постепенно отвердевает под влиянием двух одновременно протекающих процессов:

- а) высыхания раствора, сближения кристаллов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и их срастания;
- б) карбонизации извести под действием углекислого газа, который в небольшом количестве содержится в воздухе:



## Наиболее важные показатели качества извести:

- - *активность* - процентное содержание оксидов, способных гаситься;
- - *количество непогасившихся зерен* (недожог и пережог);
- - *время гашения*.

В зависимости от времени гашения извести всех сортов различают:

- - *быстрогасящуюся известь* с временем гашения до **8** мин,
- - *среднегасящуюся* - время гашения не превышает **25** мин;
- - *медленно гасящуюся* с временем гашения более **25** мин.

**Сорт воздушной извести** устанавливают не по прочности, а по характеристикам ее состава. Чем меньше глинистых и других примесей в исходном известняке, тем выше активность извести, быстрее происходит ее гашение и больше выход известкового теста.

- Марки гипса от **Г-2** до **Г-7** (группы А, Б, В и **I, II, III**) применяют для изготовления разнообразных гипсовых строительных изделий.
- Марки **Г-2** до **Г-7** (группы А, Б и **II, III**) применяют для изготовления тонкостенных строительных изделий и декоративных деталей.
- Марки от **Г-2** до **Г-25** (Б, В и **II, III**) применяют в штукатурных работах, для заделки швов и в специальных целях.

## Растворимое (жидкое) стекло.

Для производства растворимого стекла сырьем служат в основном *чистый кварцевый песок* и *кальцинированная сода* или *сернокислый натрий*, значительно реже вторым компонентом является *поташ*.

Тщательно перемешанную сырьевую смесь расплавляют в стекловаренных печах при температуре **1300...1400°C**, а затем стекломассу выгружают в вагонетки.

При быстром охлаждении она твердеет и раскалывается на куски, именуемые *силикат - глыбой*.

Лучше всего растворять *силикат-глыбу* в автоклавах при давлении **0,6 ... 0,7** МПа и температуре **150°C**, превращая ее в сиропообразную жидкость.

*Жидкое (растворимое) стекло* применяют для производства:

- кислотоупорных цементов,
- жароупорных бетонов,
- силикатных красок и обмазок,
- для пропитки (силикатизации) грунтовых оснований.

# Вопрос 2

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

### 2.1 Классификация гидравлических вяжущих веществ

- **Гидравлические вяжущие** представляют собой тонкомолотые порошки, состоящие из силикатов, алюминатов и ферритов кальция, гидратирующихся в водной среде с образованием прочного водостойкого искусственного камня.
- К гидравлическим вяжущим относятся **гидравлическая известь**, которая занимает промежуточное положение между воздушными и гидравлическими вяжущими, **романцемент**, разновидности **портландцемента** и **специальные виды цементов**.

## Гидравлическая известь и «романцемент»

- Гидравлической известью называют тонкомолотый продукт обжига при температуре **900-1100 °C** мергелистых известняков, содержащих до **20%** глинистых примесей.
- При этой температуре известняк и глина разлагаются с образованием свободных оксидов, которые при такой высокой температуре, обладая химической активностью, вступают в реакции между собой с образованием ряда минералов: силикатов, алюминатов и ферритов кальция — обеспечивающих в дальнейшем гидравлическое твердение этого вяжущего, а продукты гидратации — прочность и водостойкость изделий.
- Так как глинистый компонент составляет в сырье только 20% , то часть CaO остается в несвязанном, свободном состоянии. Наличие в гидравлической извести CaO обуславливает необходимость обеспечения вначале воздушно-сухих условий твердения (около 7 суток) для гидратации оксида кальция в гидроксид, а затем влажных — для гидратации силикатов, алюминатов и ферритов кальция (оставшиеся 21 сутки).

Активность извести характеризует также **гидравлический** или **основной модуль (ОМ)**, равный отношению процентного содержания по массе оксида кальция к сумме процентного содержания оксидов, входящих в состав минералов:

Для гидравлической извести численное значение основного модуля колеблется в пределах **1,7 — 9**.

Различают:

- **сильногидравлическую известь;**
- **слабогидравлическую известь.**

У первой гидравлический модуль равен - **1,7 — 4,5;**  
у второй **- 4,5 - 9.**

При гидравлическом модуле больше **9** получают **воздушную известь**, а если он меньше **1,7 — романцемент.**

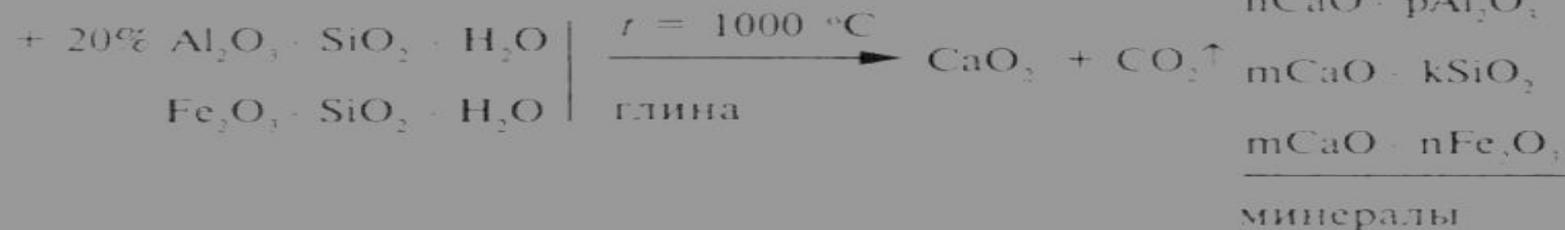
**Гидравлическая известь** — медленно схватывающееся вяжущее.

# Технология получения и показатели качества гидравлической извести и романцемент

**Гидравлическая известь (ГИ)** — медленносхватывающееся вяжущее, предел прочности на сжатие при твердении 28 суток в естественных условиях ( $t = 16-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $W = 95-98\%$ ) состава ГИ : П (песок) = 1 : 3 (по массе) равен 1,5–5 МПа.

## Технология получения

80%  $\text{CaCO}_3$  — известняк



**Показатели качества:** основной модуль, тонкость помола, активность (прочность)

$$\text{Основной модуль (ОМ)} = \frac{\text{CaO, \%}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3, \%}$$

ГИ сильногидравлическая 1,7–4,5 = ОМ + 4,5–9; слабогидравлическая ГИ

При ОМ > 9 — воздушная известь, при ОМ < 1,7 — романцемент.

При получении романцементов содержание в сырье глины не < 25%

# Портландцемент

- **Портландцементом** называют порошкообразный материал, полученный в результате совместного помола клинкера, продукта спекания известково-глинистой смеси при температуре **1400 – 1500°C**, гипса и минеральных добавок
- **Портландцементом** называют гидравлическое вяжущее вещество, в составе которого преобладают силикаты кальция (**70-80%**).
- **Портландцемент** - продукт тонкого измельчения клинкера с добавкой (**3-5 %**) гипса.
- **Клинкер** представляет собой зернистый материал (в виде порошка или гранул), полученный обжигом до спекания (при **1450°C**) сырьевой смеси, состоящей в основном из карбоната кальция (различных видов известняков) и алюмосиликатов (глин, мергеля, доменного шлака и др.).

## СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

В качестве сырья при производстве портландцемента **смешивают карбонатно-глинистую горную породу - чистые известняки и глину в соотношении  $3 : 1$ , а также карбонатно-глинистую горную породу - мергели, с корректировкой состава до заданного.**

В этом случае **в качестве карбонатных пород** используются:

- *известняки,*
- *мел,*
- *известковые ракушечники;*

**в качестве глинистых**

- *глины,*
- *глинистые сланцы,*
- *лёссы,*
- *доменные шлаки;*

кроме того, в состав сырьевой смеси вводятся различные корректирующие добавки, например *гипс*.

# Производство портландцемента

Производство портландцемента состоит из следующих процессов:

- добычи сырья (известняк, глина или мергель) и доставки его на завод;
- подготовки сырья и смеси (измельчение сырьевых материалов и приготовление из них однородной смеси заданного состава);
- обжига смеси (подготовленной массы при температуре **1400 – 1500**°C до спекания) - получения клинкера;
- измельчения клинкера (охлаждение и помола) с добавками (небольшим количеством гипса и добавок) - получения цемента.

По характеру подготовки сырья и приготовления смеси различают **мокрый и сухой способы изготовления цемента.**

- При **мокроем способе** (помол и смешивание сырья проводят в присутствии воды до получения однородного **60% шлама**) сырье дробят и размалывают без дополнительной подсушки.
- Весьма часто помол осуществляют с добавлением воды, глину размешивают в специальных емкостях - болтушках. Смесь готовят тщательным перемешиванием жидких молотых смесей в шламбассейнах.
- При **сухом способе** (материалы измельчают, подсушивают и смешивают в сухом виде) тонкое измельчение исходного сырья - помол - осуществляют в сухом состоянии. Тщательное смешивание производят в специальных смесителях.

# Химический и минералогический состав клинкера

- Обжиг подготовленного сырья сопровождается сложными физическими и физико-химическими процессами, в результате которых из исходным компонентов образуется спекшийся материал **КЛИНКЕР**, состоящий в основном из минералов:

## *Минеральный состав клинкера.*

- - алит,
  - - белит,
  - - трехкальциевый алюминат;
  - - алюмоферрит кальция.
- 
- -  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ( $\text{C}_3\text{S}$ ) – трехкальциевый силикат – алит (45 – 60%);
  - -  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$ ) – двухкальциевый силикат – белит (10 – 30%);
  - -  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_3\text{A}$ ) – трехкальциевый алюминат – целит (5 – 12%);
  - -  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{F}_2\text{O}_3$  ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) – четырехкальциевый алюмоферрит (10 – 20%) – стекловидная застывшая масса.

# Свойства портландцемента

К основным техническим свойствам портландцемента относятся:

- - истинная плотность,
- - средняя плотность,
- - тонкость помола,
- - сроки схватывания,
- - нормальная густота (водопотребность цемента),
- - равномерность изменения объема цементного теста,
- - прочность затвердевшего цементного раствора.

# Виды цементов

- **Портландцемент**, или силикатный цемент, пользуется высоким спросом.
- **Исходный вид портландцемента** – порошок серо-зеленого оттенка.
- **Его особенность** – тонкий помол клинкера с гипсом и возможность примешивания специальных добавок.

Виды:

- **Быстротвердеющий портландцемент**
- **Гидрофобный портландцемент**
- **Белый портландцемент**
- **Пластифицированный портландцемент**
- **Шлаковый цемент**
- **Пуццолановый цемент**
- **Водонепроницаемый расширяющийся цемент (ВРЦ)**
- **Глинозёмистый цемент**
- **Сульфатостойкий цемент**
- **Романцемент**

# Коррозия цементного камня

Коррозия цементного камня в водных условиях по ряду ведущих признаков может быть разделена на три вида:

- *Первый вид коррозии* - разрушение цементного камня в результате растворения и вымывания некоторых его составных частей.
- *Второй вид коррозии* - разрушение цементного камня водой, содержащей соли, способные вступать в обменные реакции с составляющими цементного камня.
- К *третьему виду коррозии* относятся процессы, возникающие под действием сульфатов.

## Контрольные вопросы:

- Классификация минеральных вяжущих веществ
- Классификация воздушных вяжущих веществ
- Сырье для получения воздушных вяжущих веществ
- Химическая реакция получения воздушной извести
- Химическая реакция получения строительного гипса
- Химическая реакция получения магнезиальных вяжущих
- Основы получения жидкого стекла и вяжущих на его основе
- Физико-химические процессы твердения воздушной извести
- Физико-химические процессы твердения строительного гипса
- Физико-химические процессы твердения магнезиальных вяжущих
- Физико-химические процессы твердения кислотоупорных вяжущих
- Активность вяжущих веществ
- Свойства вяжущих веществ
- Маркировка воздушных вяжущих веществ
- Транспортировка, складирование и хранение воздушных вяжущих веществ

## Контрольные вопросы:

- Классификация минеральных вяжущих веществ
- Классификация гидравлических вяжущих веществ
- Гидравлическая известь
- Сырье для получения портландцемента
- Минералогический состав клинкера портландцемента
- Состав портландцемента
- Роль гипсового камня и активной минеральной добавки
- Физико-химические процессы твердения портландцемента
- Активность, марка и класс цемента
- Добавки к минеральным вяжущим веществам
- Коррозия портландцементного камня и меры защиты от нее
- Разновидности портландцемента и их применение
- Особенности и применение глиноземистого цемента
- Цементы на основе глиноземистого
- Смешанные цементы и сухие смеси
- Маркировка, складирование, хранение и транспортировка цементов

# Литература:

- Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: Учебник. 4-е изд., стер. - СПб.: Изд-во «Лань», 2011. - 752 стр. [<http://e.lanbook.com/view/book/2032/>]
- Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. - М.: Высшая школа, 2002.- 704 с.
- Киреева Ю. И., Лазаренко О. В. Строительное материаловедение для заочного обучения. - Мн.: Новое знание, 2008.- 368с.
- Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учеб. пособие / Под ред. О.С. Комарова. - Мн.: Новое знание, 2009. - 671с.
- Строительное материаловедение. Учебное пособие для строительных специальностей ВУЗов России / Под ред. В.А. Невского.- М.: Феникс, 2009.- 589 с.