Конспект лекций по предмету «Строительные материалы» специальности «Мосты и транспортные тоннели»

# Основные свойства строительных материалов

Все свойства строительных материалов можно разделить на 4 группы:

1. Физические свойства
2. Механические свойства
3. Химические свойства
4. Технологические свойства

**Физические свойства:**

1. *Истинная плотность материала* (ρ)- это масса единицы объема в абсолютно плотном состоянии без пор и пустот

ρ =

Измеряется в г/см3 , кг/м3

Для твердых материалов ρ определяется пикнометрическим способом.

 Для жидких материалов ρ определяется при помощи ареометра

1. *Средняя плотность* (γ)- это масса единицы объема в естественном состоянии, с порами и пустотами

γ =

 Измеряется в г/см3 , кг/м3

 γ < ρ

1. *Пористость* (П)- это степень заполнения материала порами.

П=

1. *Водопоглощение*- это способность материала впитывать и удерживать в себе влагу.
	* Водопоглощение по массе:

 mнас-mсух

Вм=---------------------\*100%

 mсух

* Водопоглощение по объему:

 mнас-mсух

Во=---------------------\*100%

 V

1. *Морозостойкость*- это способность материала **в насыщенном водой состоянии** выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без значительной потери прочности и массы.

Измеряется в циклах.

Потеря прочности при испытании на морозостойкость не должна превышать 15-20%, потеря массы- 5%

1. *Теплопроводность*- это способность материала передавать тепло через свою толщу.

λ- коэффициент теплопроводности, зависит от пористости.

Измеряется в Вт/м \* оС

λвоздуха=0,002 Вт/м \* оС

λбетона=0,6-0,8 Вт/м \* оС

1. *Теплоемкость*- это способность материала поглощать и удерживать в себе тепло.

С- коэффициент теплоемкости

Измеряется в кДж/кг \* оС

1. *Огнеупорность*- это способность материала не разрушаться под действием высоких температур.

Делятся на 3 группы:

* Огнеупорные материалы, выдерживают температуру свыше 1580 оС
* Тугоплавкие материалы, выдерживают температуру от 1350 оС до 1580 оС
* Легкоплавкие материалы, выдерживают температуру до 1350 оС
1. *Огнестойкость*- это способность материала не возгораться.

Делятся на 3 группы:

* Сгораемые материалы (дерево, битум)
* Трудносгораемые материалы (минеральная вата)
* Несгораемые материалы (бетон)

**Механические свойства:**

1. *Прочность*- это способность материала не разрушаться под воздействие внутренних напряжений, возникающих при наложении нагрузки или изменении температуры.

Характеризуется пределами прочности (R)

Измеряются в Мпа, кгс/см2

 P

Rсж=-------

 F

, где P- разрушающая нагрузка, F- площадь

Изгиб:

P

h

b

l

 3Pl

Rизг=---------

 2bh2

1. *Упругость*- это способность материала восстанавливать свою форму и размеры после снятия нагрузки.
2. *Пластичность*- это способность материала изменять свою форму после снятия нагрузки
3. *Твердость*- это способность материала сопротивляться проникновению в него другого материала.

Для каменных материалов твердость определяется по **шкале Мосса** (определение производится путем нанесения царапины любым каменным материалом на определяемом материале, при отсутствии царапины испытуемый материал тверже). Шкала состоит из 10 наименований твердых каменных материалов. Самый твердый материал в шкале- алмаз, самых мягкий- тальк.

Для металлов твердость определяется путем вдавливания стального шарика в металл (**твердость по Брюнелю**)

1. *Истираемость*

Измеряется в г/см2

1. *Хрупкость*- определяется с помощью хопров.

Коэффициенты:

1. *ККК*- коэффициент конструктивного качества

Rсух сж

ККК=-------------

 γ

1. *Км*- коэффициент морозостойкости

Во

Км=-----------

 П

 Если Км>0.85, значит, материал морозостойкий

1. *Кразм*- коэффициент размягчения

Rнас

Кразм=----------

 Rсух

**Химические свойства:**

Характеризуют способность материала не разрушаться под воздействием кислот, щелочей, растворов солей, агрессивных газов.

**Технологические свойства:**

Характеризуют способность материала обрабатываться.

**Горные породы.**

Горная порода- это минеральная масса, состоящая из одного или нескольких минералов.

Минерал- это природное тело с определенными химическими и физическими свойствами.

**Классификация горных пород:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Магматические | Осадочные | Метаморфические |
| Глубинные | Изверженные | Обломочные | Химическиеосадки | Органогенные | Механическиеосадки |  |
| ГранитГабброДиорит(щелоче- и кислотостойкие) | ПорфирДиабазБазальт | ВулканическийпепелПемза | ГипсАнгидритКальцитМагнезитДоломит | МелРакушечник | ЩебеньГравийГлинаПесок | СланцыМраморГнейсы |

*Изверженные магматические породы* образуются в результате быстрого охлаждения магмы и имеют полукристаллическое строение. Отличаются высокой прочностью, плотностью. Применяются для облицовочных работ, при каменном литье.

*Обломочные магматические породы* образуются при извержении вулканов и быстрого охлаждения. Имеют пористую структуру. Небольшая плотность и прочность.

*Глубинные горные породы* образуются на большой глубине с постепенным остыванием магмы. Имеют кристаллическое строение.

*Химические осадочные горные породы* образуются в результате наслаивания друг на друга отживших микроорганизмов.

*Механические осадочные горные породы* образуются в результате выветривания.

*Метаморфические горные породы* образуются из магматических и осадочных горных пород в процессе их перекристаллизации без плавления.

**Минеральные вяжущие вещества (неорганические).**

*Минеральные вяжущие вещества*- это тонко измельченные порошки, которые при затворении с водой образуют пластичное тесто, а со временем переходят в камневидное состояние.

**Классификация минеральных вяжущих веществ.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Воздушные | Применение | Гидравлические | Применение | Автоклавного твердения | Применение |
| Гипсовые вяжущие веществаВоздушная известьМагнезиальные вяжущие веществаКислотоупорный цемент | Строительство домов | Силикатный цементАлюминатный цементГидравлическая известьРоман-цемент | Строительство мостов, тоннелей | Известково-кремнеземистые вяжущие веществаИзвестково-шлаковые вяжущие веществаНефелиновый цемент | Производство кирпичей |

**Воздушные вяжущие вещества.**

Способны твердеть, набирать и сохранять свою прочность только на воздухе.

**Гидравлические вяжущие вещества.**

Способны твердеть, набирать и сохранять свою прочность как на воздухе, та и в воде.

**Автоклавного твердения вяжущие вещества.**

Это вяжущие вещества, которые переходят в твердое состояние и сохраняют свою прочность в условиях повышенных температуры и давления.

**Воздушные вяжущие вещества.**

**Гипсовые вяжущие вещества.**

Бывают низкообжиговые и высокообжиговые.

**Низкообжиговые.**

Обыкновенный строительный гипс (алебастр), формовочный гипс, медицинский гипс, высокопрочный гипс.

Сырье- гипсовый камень.

 130-180 oC

CaSO4\*2H2O-----------------> CaSO4\*0.5H2O + 1.5H2O

 Вяжущее вещество

**Высокообжиговые.**

Ангидритовое вяжущее вещество, экстрих-гипс.

 800 oC

CaSO4\*2H2O-----------------> CaSO4 + 2H2O

**Ангидритовое вяжущее вещество.**

Начало схватывания не ранее 30 минут, конец схватывания не позднее 24 часов.

Марки: М-50, М-100, М-150, М-200.

Ангидритовое вяжущее вещество затворяют не водой, а растворами сульфатных солей, в частности раствором MgSO4.

**Экстрих-гипс**.

 >1000 oC

CaSO4-----------------> CaO + SO3

Экстрих-гипс можно затворить водой, т.к. CaO- катализатор твердения.

Гипсовые вяжущие вещества применяют для приготовления растворов и бетонов, сухих шпаклевочных смесей, гипсокартонных и гипсоволоконных листов, акустических плиток и т.д.

**Воздушная известь.**

*Воздушная известь*- это продукт, получаемый обжигом ниже температуры спекания известково-карбонатной пород, мела, кальцита, известняка-ракушечника и т.д.

**Классификация воздушной извести:**

1. По внешнему виду:
	* Комовая негашеная
	* Молотая негашеная
	* Известь-пушенка
	* Известковое тесто (известь-пушенка с водой)
	* Известковое молоко
2. В зависимости от содержания CaO известь делится на сорта:

1 сорт- >90%

2 сорт-> 80%

3 сорт- >70%

1. В зависимости от температуры гашения различают высокоэкзотермическую (температура гашения более 70 оС) и низкоэкзотермическую (температура гашения менее 70 оС) воздушные извести.
2. В зависимости от скорости гашения различают извести:
	* Быстрогасящуюся (время гашения менее 6 минут)
	* Среднегасящуюся (время гашения от 6 минут до 20 минут)
	* Медленногасящуюся (время гашения более 20 минут)

**Процесс гашения извести:**

* + 1. CaO + H2O ------> Ca(OH)2 + Q↑
		2. Ca(OH)2 + CO2 -----> CaCO3 + H2O

**Производство извести.**

Состоит из стадий:

1. Добыча сырья

2. Подготовка сырья (дробление, рассев по фракциям)

3. Обжиг

**Применение извести.**

1. Изготовление известковых растворов и бетонов

2. Изготовление силикатного кирпича и силикатных бетонов

3. Окрасочный материал (побелка стен, потолков)

**Магнезиальные вяжущие вещества.**

Сырье- MgCO3 (магнезит), MgCO3\*CaCO3

 800 oC

* 1. MgCO3 ----------> MgO + CO2
	2. MgCO3\*CaCO3 -------> MgO + CO2 + CaCO3

 в виде балласта

Магнезиальные вяжущие вещества затворяют *не водой*, а *растворами магнезиальных соле*й.

**Применение:**

1. Наливные полы

2. Стеновые каменные блоки

**Кислотоупорный цемент.**

Состоит из трех компонентов:

1. кислотоупорный наполнитель (тонкоизмолотый кварц, гранит)
2. жидкое стекло (натриевое Na2O\*nSiO2 или калиевое K2O\*mSiO2, где n=2-3, m=1.5-2)
3. интенсификатор твердения (кремнефтористый натрий, 6-8% от массы жидкого стекла)

**Гидравлические вяжущие вещества.**

**Портланд-цемент.**

Изобретен в 1824 году английским каменщиком.

*Портланд-цемент*- это гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким помолом портланд-цементного клинкера с небольшим количеством гипса.

*Портланд-цементный клинкер-* это зерна серого или зеленого цвета, диаметром от 5 до 30 мм, получаемые обжигом сырьевой смеси, состоящей из известняков и глины (75% CaCO3, 25% глины)

Гипс в количестве до 5% добавляют к клинкеру для регулирования сроков схватывания.

Химический и минералогический состав портланд-цемента:

CaO – 57-63% известняк

SiO2 – 25-30% составная глины

Al2O3 – 4-10% составная глины

Fe2O3 – 4-8% составная глины

Минералы:

3CaO\*SiO2 или C3S – алит (45-60%)

2CaO\*SiO2 или C2S – двукальциевый силикат (белит, 20-30%)

3CaO\*Al2O3 или C3A – трехкальциевый силикат (4-10%)

4CaO\*Al2O3\*Fe2O3 или C4AF – 10-20%

R



t

C3S

C2S

C3A

C4AF

,где R- прочность, t- время.

**Процесс производства портланд-цемента:**

1. Добыча известняка и глины
2. Приготовление сырьевой смеси (дробление, помол, корректировка состава сырья)
3. Обжиг
4. Помол клинкера совместно с гипсом
5. Магазинирование

В зависимости от способа подготовки сырья существует три способа производства цемента:

1. Сухой
2. Мокрый
3. Комбинированный

**Сухой способ производства портланд-цемента.**

Известняк и глина измельчаются при влажности 2-4%. Измельчение проводится в шаровых дробилках (шаровых мельницах).



**Мокрый способ.**

Известняк и глину измельчают в мокром состоянии при влажности 50-60%

**Комбинированный способ.**

Сырьевые компоненты измельчаются в мокром состоянии, а перед обжигом высушиваются.

**Обжиг сырьевой смеси.**

Осуществляется во вращающихся печах длиной 70-240 метров и диаметром 3-4 метра.



**Стадии твердения.**

1. Растворение компонентов цемента в воде
2. Образование пересыщенного раствора или геля
3. Кристаллизация

**При твердении цемента образуются:**

* + Гидросиликаты
	+ Гидроаллюминаты
	+ Гидроферриты кальция
	+ Гидроксид кальция

**Разновидности портланд-цемента.**

1. Быстротвердеющий пртланд-цемент (БТЦ, ОБТЦ)

Отличия от обыкновенного цемента:

* + Повышенное содержание C3S (>60%)
	+ Повышенная тонкость помола
	+ Повышенная удельная поверхность S=3500 см2/г (у обыкновенного S=2500 см2/г)

Имеет нормированную прочность на третьи сутки.

1. Пластифицированный портланд-цемент.

Обладает пониженной водопотребностью за счет введения небольшого количества (до 3%) пластифицирующих добавок.

Добавки:

* ССБ- сульфитно-спиртовая барда
* АДБ- сульфитно-дрожжевая бражка
* ЛСТ- лигно-сульфанат технический
* Продукты переработки древесины на ЦБК
1. Гидрофобный портланд-цемент

Гидрофобные добавки:

* Асидол
* Мылонавт
* Олеиновые кислоты
1. Томпонажный портланд-цемент

Для гидроизоляции нефтяных и газовых скважин.

1. Белый и цветные портланд-цементы.

Белый цемент получают путем обжига беложгущихся глин.

Делится на три сорта по белизне:

* Белый
* Менее белый
* Еще менее белый

На основе белых цементов можно получить цветные путем введения щелочестойких пигментов.

Цветные цементы используются для изготовления полов.

1. Пуццолановый портланд-цемент.

Содержит до 60% активных минеральных добавок (АМД).

Активные минеральные добавки связывают гидрат окиси кальция в нерастворимые соединения.

Такой цемент лучше работает под водой, нежели на воздухе.

1. Шлако-портланд-цемент.

Содержит до 40% тонкомолотого доменного гранулированного шлака.

1. Расширяющийся портланд-цемент.
2. Напрягаемый портланд-цемент.
3. Безусадочный портланд-цемент

**Коррозия цемента.**

В процессе эксплуатации цементный камень может достаточно быстро разрушаться под воздействием растворов кислот, солей, агрессивных газов и других активно-влияющих химичесих соединений.

**Виды коррозии:**

1. Разрушение происходит за счет вымывания составляющих цемента, в основном гидроксида кальция, мягкими водами.
2. Разрушение цемента под воздействием растворов кислот и солей с образованием легко растворимых соединений.
3. Образуются соединения, конечный объем которых в несколько раз превышает суммарный объем исходных компонентов.

При коррозии третьего вида надо использовать сульфатостойкий портланд-цемент.

**Органические вяжущие вещества.**

*Органические вяжущие вещества*- это смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных.

К органическим вяжущим веществам относятся битумы и дегти.

Битумы бывают природные и искусственные.

Дегти- только искусственные.

Органические вяжущие вещества при нагревании размягчаются, при охлаждении затвердевают.

Для них характерны следующие свойства:

* Нерастворимость в воде и водонепроницаемость
* Атмосферная стойкость.
* Хорошее сцепление с поверхностью каменных материалов
* Кислото- и щелочестойкость
* Растворимость в бензоле, хлорофилле, четырехфтористом углероде.

**Химический состав органических вяжущих веществ:**

* Углерод 80%
* Водород 10%
* Кислород 5%
* Азот 3%
* Сера 2%

Битумы состоят из следующих групп углеводородов:

* 1. Масла- это жидкости с высокомолекулярной массой (300-500)
	2. Смолы- это вязкие вещества с молекулярной массой 500-1000
	3. Асфальтены- это твердые вещества с молекулярной массой 1000-5000

**Структурный состав битумов:**



Масла придают битумам текучесть, смолы- вязкость, а асфальтены- твердость и температурную стойкость.

Дегти содержат кроме вышеперечисленных веществ еще фенолы и свободный углерод.

Искусственные битумы получают путем переработки нефти. В зависимости от способа получения искуссвенные битумы бывают:

* Остаточные
* Окисленные
* Крекинговые
* Компаундированные

Дегти получают путем деструктивной переработки твердого топлива, напр., каменного угля, торфа, древесины.

Битумы и дегти подразделяются на марки, которые определяются по следующим свойствам:

* Пенетрация
* Дуктильность
* Температура размягчения
* Температура хрупкости (определяется по прибору Фрааса)

**Применение битумов:**

* Примерно 80% органических вяжущих веществ используется в дорожном строительстве (асфальтовые бетоны, асфальтовые раствор)
* Кровельные материалы (в виде рулонных, листовых материалов и в виде мастик)
* Стеклорубероид (основой рубероида является стеклоткань, а не картон)
* Фольгаизол (на фольгу с одной стороны наносят слой битума)
* Изол, бризол (наполнитель автопокрышки)

**Гидроизоляционные материалы.**

Служат для изоляции стен, фундаментов, труб.

Выделяют:

* Лакокрасочные материалы (черные лаки, краски)
* Гидроизоляционные материалы для наклейки линолеума, плиток ПВХ.

**Бетоны.**

Бетон- это искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения рационально подобранной смеси вяжущего вещества, крупного (щебня или гравия), мелкого (песка) наполнителей и воды.

Классификация бетонов.

1. По средней плотности (γ):
	* Особо тяжелые γ>2500 кг/м3
	* Тяжелые γ=2200-2500 кг/м3
	* Облегченные γ=1800-2200 кг/м3
	* Легкие γ=500-1800 кг/м3
	* Особо легкие γ<500 кг/м3
2. По виду вяжущего вещества:
* Известковые
* Гипсовые
* Полимерцементные
* Полимербетоны (на основе полимерных вяжущих веществ)
* На основе шлако-щелочных вяжущих веществ
* Асфальтобетоны (на основе органических вяжущих веществ)
1. По назначению:
	* Конструкционные (изготовление колонн, балок)
	* Гидротехнические (плотины, мосты, дамбы, набережные)
	* Теплоизоляционные
	* Дорожные (бетоны для полов)
	* Специальные (жаростойкие, кислотостойкие и др.)
2. По виду наполнителя:
	* На плотных наполнителях
	* На пористых наполнителях

Материалы для бетона и требования к ним.

1. Цемент.

Для бетонов разрешается применять портланд-цемент и все его разновидности с учетом того, что марка цемента должна быть выше марки бетона

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rб | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| Rц | 300 | 300 | 300-400 | 400 | 400-500 | 500 | 550 | 600 |

1. Вода.

Для бетонов разрешается применять питьевую воду (pH>4). Нельзя применять для бетона: болотные и сточные воды, воды горных рек (содержание солей в воде должно быть не более 2500 мг/л, содержание сульфатных солей не более 2200 мг/л).

Вода для бетона не должна содержать в себе масел, сахара, органических примесей, ила и т.д. все это снижает прочность бетона.

1. Песок- рыхлая смесь зерен размерами от 0,14 до 5 мм.

Для бетона допускается применение речных, морских, овражных, дюнных, барханных песков. Содержание пылевидных и глинистых примесей в песке должно быть не более 1%.

Важное значение для бетона имеет зерновой состав песка.

Зерновой состав песка определяется путем просеивания через набор сит.

|  |  |
| --- | --- |
| 5 | 100 |
| 2,5 | 100 |
| 1,25 | 100 |
| 0,63 | 100 |
| 0,316 | 100 |
| 0,16 | 50 |

Просеивают вначале определенный частный остаток на сите А.

 mi

A=----------------\*100%

 mобщ

 100

А2,5=------------\*100%=10%

 1000

 Полный остаток на сите А=Аi+ΣА(вышестоящие сита)

 А0,63=10%+40%=50%

 Модуль крупности песка Мк

 А2,5+А1,25+А0,63+А0,316+А0,16

Мк=-------------------------------------------

 100

|  |  |
| --- | --- |
| Мк |  |
| Мк>2.5 | Крупный песок |
| 2<Мк<2.5 | Песок средней крупности |
| 1.5<Мк<2 | Мелкий песок |
| Мк<1.5 | Очень мелкий песок |

Для бетона высокой прочности допускается применение только крупных и средних песков.

Кривая просеивания песка



1. Крупный заполнительный элемент- это рыхлая смесь зерен размерами от 5 до 70 мм (гравий, щебень)

Гравий имеет окатанную форму зерна, щебень же- угловатую.

Определение зернового состава для щебня.

|  |
| --- |
| 70 |
| 40 |
| 20 |
| 10 |
| 5 |



Содержание пыли и глины в щебне или гравии должно быть не более 2%. Содержание пластинчатых и игольчатых зерен в крупном заполнителе не должно превышать 30%.

Прочность щебня должна быть в 2-4 раза выше прочности бетона.

Прочность щебня оценивают по показателям дробления. Через сито определяют, сколько раздробилось и определяют плотность по показателям дробления.

Свойства бетонной смеси.

* Смесь компонентов до начала процесса твердения и схватывания

Бетонная смесь- вязко-упруго-пластичное тело.

* Бетонная смесь обладает тиксотропией- это способность материала разжижаться при приложении нагрузки и отвердевать при ее снятии.
* Бетонная смесь должна обладать удобоукладываемостью и водоудерживающей способностью. Удобоукладываемость характеризуется подвижностью и жесткостью. Подвижность определяется с помощью стандартного конуса.

Если осадка конуса более 10-12 см, то смесь литая, от 7 до 10 см- подвижная смесь, от до 6 см- малоподвижная смесь, 0 см- жесткая смесь.

В строительства применяют жесткие смеси.

* Водоудерживающая способность- это способность бетонной смеси не расслаиваться.

Свойства бетона.

* Прочность- характеризуется маркой бетона или классом.

Марка бетона- это прочность стандартных образцов размерами 15Х15Х15 см, хранящихся при нормальной температуре (20о) и влажности (90-100%). Определение в возрасте 28 суток.

Класс бетона- определяется на тех же образцах по пределу прочности.

Прочность бетона зависит от 5 факторов.

Факторы, влияющие на прочность бетона.

1. Качество применяемых материалов
2. Активность цемента Rц
3. Водоцементное отношение В/Ц
4. Степень уплотнения (прессование, вибрирование)
5. Условия твердения (температура и влажность), при понижении температуры в минус твердение не происходит.

Формула Паламея-Семортаева.

Rб28=ARц(Ц/В0,5)

Rб28- марочная прочность бетона

А- коэффициент качества заполнения

Rц- активность, марка цемента

Ц/В- цементно-водное отношение

0,5-эмпирический коэффициент