

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА



ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА (ВВ)

Вяжущими веществами называются материалы, способные в определенных условиях (при смешивании с водой, нагревании и др.) образовывать пластично-вязкое тесто, которое самопроизвольно или под действием определенных факторов со временем затвердевает.

ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА



НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

(минеральные)

- известь
- гипс
- цемент

Для перевода в рабочее состояние затворяются водой или растворами солей

ОРГАНИЧЕСКИЕ

- битумы
- дегти
- полимеры

Для перевода в рабочее состояние нагревают, сами представляют вязко-пластичные жидкости.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА (МВВ)

Минеральными вяжущими веществами – называют искусственно получаемые порошкообразные материалы, которые при затворении с водой образуют пластичное тесто, способное в результате физико-химических процессов затвердевать т.е. переходить в камневидное состояние.

2 ГЛАВНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МВВ

- ПОМОЛ
- ОБЖИГ

Тонкость помола МВВ влияет на свойства получаемого искусственного каменного материала.

Чем выше тонкость помола, тем быстрее затвердевает материал и быстрее набирает прочность.

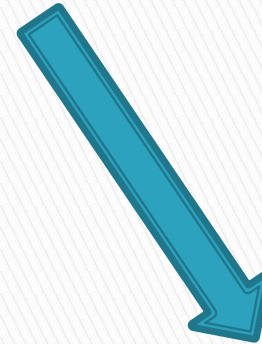
МВВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЕНИЯ



**ГИДРАВЛИЧЕСКИ
Е ВЯЖУЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



**ВОЗДУШНЫЕ
ВЯЖУЩИЕ
ВЕЩЕСТВА**



**ВЯЖУЩИЕ
ВЕЩЕСТВА
АВТОКЛАВНОГО
ТВЕРДЕНИЯ**

ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА (ВВВ)

ВВВ способны твердеть и длительное время сохранять и повышать свою прочность только на воздухе:

- Воздушная известь
- Гипсовые вяжущие
- Магнезиальные вяжущие
- Жидкое стекло и кислотоупорный цемент
- Глина

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА (ГВВ)

ГВВ способны твердеть и длительное время сохранять и повышать свою прочность не только на воздухе, но и в воде:

- Гидравлическая известь
- Романцемент
- Портландцемент(ПЦ) и его разновидности

ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ (АВ- ТВ)

АВ-ТВ эффективно твердеют лишь при автоклавной обработке водяным паром при $t=150-200$ °С и под высоким давлением:

- Известково-кремнеземистые вяжущие
- Известково-шлаковые вяжущие

ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

СТРОИТЕЛЬНАЯ ВОЗДУШНАЯ ИЗВЕСТЬ

Представляет собой вяжущее вещество, получаемое умеренным обжигом (не до спекания) известняков, содержащих не более 6% глинистых примесей.

В результате обжига получают продукт в виде кусков белого цвета, называемый негашеной комовой известью (кипелкой)

ПРОИЗВОДСТВО ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ

1. Сырьё: известняк, мел, доломит состоящие в основном из углекислого кальция (CaCO_3) и некоторого количества углекислого магния (MgCO_3) и примесей гипса, кварца, глины.

2. Засыпается в вертикальные шахтные печи для обжига при температуре $1200\text{ }^\circ\text{C}$.

При обжиге происходит разложение углекислых
кальция и магния



3. Получают комовую известь.

Негашеная известь комовая

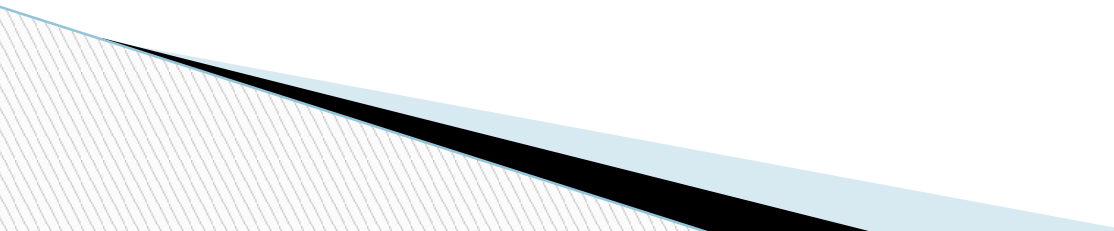


В зависимости от содержания СаО и MgO воздушная известь бывает:

- Кальциевая, где MgO менее 5%;
- Магнезиальная, где MgO от 5-20%;
- Доломитовая, где MgO от 20-40%.

Неравномерность обжига может привести к образованию в извести **НЕДОЖОГА** или **ПЕРЕЖОГА**, что снижает качество извести.

В зависимости от характера последующей ее обработки могут быть получены следующие виды воздушной извести:

- **Негашеная молотая известь**
 - **Гашеная гидратная известь (пушонка)**
 - **Известковое тесто**
 - **Известковое молоко**
- 

▣ Негашеная молотая известь - мелкопористые куски размером 5-10 см. (3 сорта по скорости гашения).

▣ Гашеная гидратная известь – в виде тонкого порошка. Получают гашением извести небольшим количеством воды- увеличивается в объеме в 2-2,5 раза.

▣ Известковое тесто - воды в 3-4 раза больше чем извести. Увеличивается в объеме в 2-3,5 раза.

▣ Известковое молоко - получают гашением большим количеством воды в 7-8 раз больше чем извести.

ГАШЕНИЕ ИЗВЕСТИ

Комовую известь подвергают гашению водой



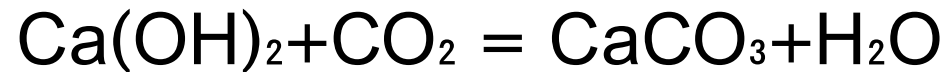
при этом процесс сопровождается выделением большим количеством теплоты и интенсивном парообразованием (именно поэтому известь называют «кипелкой»)

По скорости гашения комовая известь бывает:

- ▣ быстрогасящаяся ≤ 8 мин.
- ▣ среднегасящаяся 8 – 25 мин.
- ▣ медленногасящаяся ≥ 25 мин.

ТВЕРДЕНИЕ ИЗВЕСТИ

Твердение извести длительный процесс (десятилетия). На воздухе известь реагирует с углекислым газом, образуя нерастворимый в воде и довольно прочный карбонат кальция CaCO_3 т.е. как бы обратно переходит в известняк.



Виды и свойства извести ГОСТ 9179 - 77.

ПРИМЕНЕНИЕ

- ▣ Для растворов штукатурки и кладки,
- ▣ Производство силикатных изделий,
- ▣ Связующее вещество для малярных красочных составов.

Воздушная известь всех видов – довольно сильная щелочь.

При работе с ней соблюдать технику безопасности, так как известковая пыль раздражающе действует на органы дыхания и влажную кожу.

ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

- Транспортируют известь навалом в железнодорожных вагонах, автосамосвалах.
- Хранят – комовую известь в сараях с деревянным полом, поднятым на 30см. Молотую известь не больше месяца (гасится постепенно влагой воздуха)
Не допускать попадания на известь воды, т.к. это может вызвать ее разогрев и пожар.

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Магнезиальные ВВ- тонкомолотые порошки, содержащие оксид магния (MgO) и твердеющие при затворении водными растворами хлористого или сернокислого магния.

В зависимости от применяемого сырья делятся на:

- Каустический магнезит
- Каустический доломит



Каустический доломит

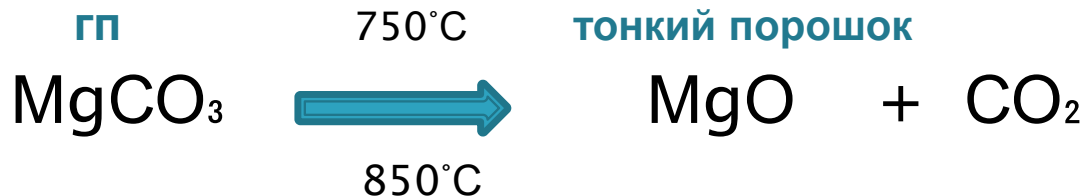


Каустический магнезит

КАУСТИЧЕСКИЙ МАГНЕЗИТ

Порошок состоящий из оксида магния (MgO)

Получение: обжиг магнезита (горная порода) и последующим помолом в тонкий порошок.



Затворение РАСТВОРАМИ:

- хлористого магния $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$
- сернокислого магния MgSO_4

Быстрое твердение (начало-20 минут, конец-6 часов)

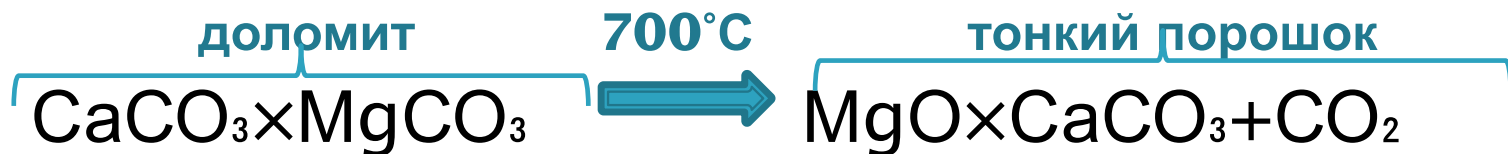
$R_{сж.} = 30-50 \text{ МПа}$ (через 28 суток)

М 400, 500, 600.

КАУСТИЧЕСКИЙ ДОЛОМИТ

Порошок состоит из оксида магния (MgO) и углекислого кальция (CaCO₃).

Получение: обжиг доломита, его помол.



CaCO₃ - является пустой (инертной) породой, которая снижает вяжущие свойства каустического доломита.

Медленное твердение. Сроки схватывания больше. Качество ниже.

Rсж.=10-30 МПа (через 28 суток).

M 100, 150, 200, 300.

ПРИМЕНЕНИЕ

Магнезиальные ВВ обладают способностью прочно сцепляться с древесными опилками, стружками и др. органическими наполнителями, которые не разлагаются и не гниют.

- ▣ Для изготовления теплоизоляционных материалов
- ▣ Устройства теплых и износостойких ксилолитовых полов
- ▣ Кислотостойкой, огнестойкой штукатурки

ЖИДКОЕ СТЕКЛО

Жидкое стекло (силикатный клей)- силикат желтого цвета (SiO_2).

2 вида

Натриевый силикат

Калиевый силикат

Получают сплавлением при $t=1300-1400^\circ\text{C}$ измельченного чистого кварцевого песка с содой (Na_2CO_3) или поташем (K_2CO_3).

- $\rho = 1,5 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$
- Высокая огнестойкость и кислотостойкость
- Твердеет только на воздухе

ПРИМЕНЕНИЕ

- ▣ Как связующее силикатных красок
- ▣ Для предохранения ПКМ от выветривания
- ▣ Для изготовления кислотоупорных бетонов
- ▣ Для получения кислотоупорного цемента.

При длительном воздействии воды, пара и растворов щелочей бетоны и растворы на жидком стекле теряют прочность.



КИСЛОТОУПОРНЫЙ ЦЕМЕНТ

Смесь кварцевого песка и кремнефтористого натрия Na_2SiF_6 -затворяемый жидким стеклом.

- Низкая водостойкость
- Высокая кислотостойкость (за исключением плавиковой и фосфорной кислоты)
- $R_p=2,0$ МПа, $R_{сж}=20-60$ МПа (для бетонов на кислотоупорном цементе)

ПРИМЕНЕНИЕ: для возведения сооружений химической промышленности.

ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Представляют собой ВВВ, получаемые путем тепловой обработки и тонкого измельчения исходного сырья.

СЫРЬЕ:

- ▣ природный двухводный гипс (гипсовый камень)
 $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$,
- ▣ природный ангидрит CaSO_4 ,
- ▣ гипсосодержащие промышленные отходы-
фосфогипс, сульфат кальция и др.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ ГИПС

Строительный гипс – ВВВ, получаемое путем тепловой обработки (обжигом) гипсового камня при $t=110-180^{\circ}\text{C}$, с последующим или предшествующим его измельчением в тонкий порошок.

110-180°C



гипсовый камень
(двуводный гипс)

строительный гипс
(полуводный гипс)



СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

- Твердость по шкале Мооса - 2, очень легко размалывается.
- $\rho = 2,6 - 2,75 \text{ г/см}^3$,
- $\rho_n = 800 - 1100 \text{ кг/м}^3$
- $\rho_{\text{ср}} = 1250 - 1450 \text{ кг/м}^3$
- $P_0 = 60 - 30\%$

ТОНКОСТЬ ПОМОЛА

Определяется максимальным остатком пробы гипса при просеивании на сите с отверстиями 0,2мм (ситовой анализ).

Группа	I	II	III
Помол	грубый	средний	тонкий
Остаток на сите (0,2мм)	23%	14%	2%

С повышением тонкости помола гипса увеличиваются его прочностные показатели.

ВОДОПОТРЕБНОСТЬ

Водопотребность высокая.

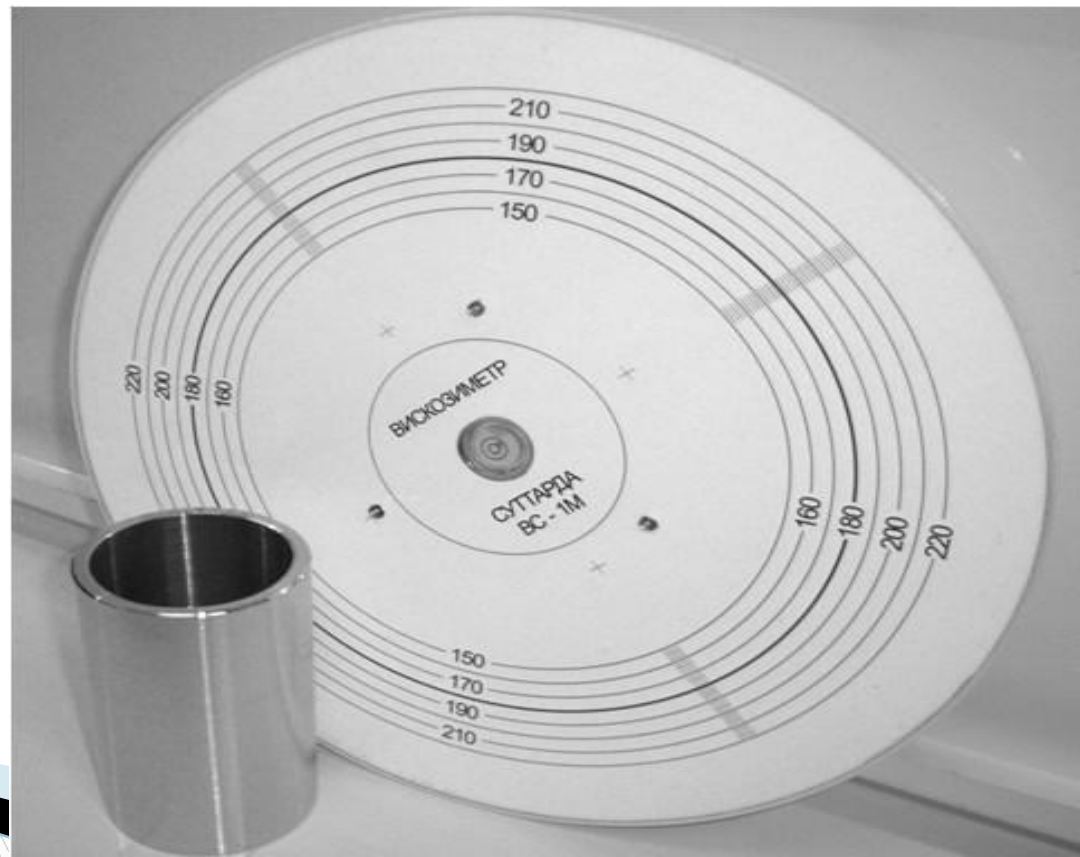
Для получения гипсового теста нормальной густоты необходимо значительное количество воды: 60% – 80% от веса гипса, избыточная вода со временем испаряется, появляется P_0 , которая снижает прочность.



НОРМАЛЬНАЯ ГУСТОТА

Характеризуется количеством воды (в %) при котором гипсовое тесто получается заданной подвижности.

Определяется с помощью **вискозиметра Суттарда**.



СХВАТЫВАНИЕ

Сроки схватывания гипсового теста определяют на приборе Вика по глубине погружения иглы в гипсовое тесто.

Вид гипса	Группа	Начало схватывания	Конец схватывания
Быстро-твердеющий	А	Не ранее - 2 мин.	Не позднее – 15 мин.
Нормально-твердеющий	Б	Не ранее – 6 мин.	Не позднее – 30 мин.
Медленно-твердеющий	В	Не ранее – 20 мин.	Не нормируется.

Иногда в необходимых случаях добавляют добавки:

- ▣ для замедленного схватывания (столярный, животный клей, ПАВ и др.).
- ▣ для ускорения схватывания (поваренную соль).

▣ Прибор Вика



ПРОЧНОСТЬ ГИПСА

Прочность (марку) гипса определяют испытанием на сжатие и изгиб стандартных образцов-балочек размером 40х40х160мм спустя 2 часа после изготовления.

Установлено 12 марок гипса по прочности от Г-2 до Г-25.

В строительстве используют в основном гипс марок от Г-4 до Г-7.

МАРКИ ГИПСА

Марка	Г-2	Г-3	Г-4	Г-5	Г-6	Г-7	Г-10	Г-13	Г-16	Г-19	Г-22	Г-25
Рсж	2	3	4	5	6	7	10	13	16	19	22	25
Ризг	1,2	1,8	2	2,5	3	3,5	4,5	5,5	6	6,5	7	8

МАРКИРОВКА ГИПСА

Маркируют гипсовые вяжущие по трем показателям:

- скорости схватывания,
- тонкости помола,
- прочности.

Г-7АII

- Гипс быстротвердеющий группы **А**
- Среднего помола группы **II**
- Прочность на сжатие не менее **7** МПа.

- Гипс – негорючий материал.
- Гипс - хорошо сцепляется с древесиной и поэтому его целесообразно армировать деревянными рейками, картоном, опилками, стружками.
- Стальная арматура в гипсе корродирует.
- При увлажнении затвердевший гипс снижает прочность в 2-3 раза и проявляет **ползучесть** - медленное необратимое изменение размеров и формы под нагрузкой.

ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

Виды гипсовых вяжущих:

- строительный гипс
- формовочный гипс
- медицинский гипс
- ангидритовый цемент
- высокопрочный гипс

Применение:

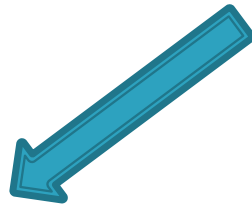
- сухая штукатурка
- гипсокартонные листы (ГКЛ)
- гипсоволокнистые листы (ГВЛ)
- акустические плиты
- теплоизоляционные материалы
- декоративные, архитектурные детали

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

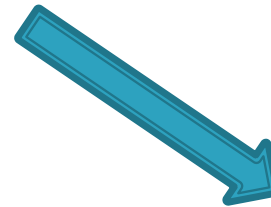
СТРОИТЕЛЬНАЯ ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ИЗВЕСТЬ

Продукт умеренного обжига (t 900-1100 °С) мергелистых известняков, содержащих 6-20% глинистых и песчаных примесей.

2 ВИДА



Негашеная



Гашеная

3 вида извести:

- Сильногидравлическая
- Гидравлическая
- Слабогидравлическая

Свойства:

↑ водостойкость

↑ морозостойкость

↓ $R_{сж} = 2-5 \text{ МПа}$

Применение:

- для строительных растворов,
- для получения бетонов низких марок.

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ (ПЦ)

ПЦ - продукт тонкого помола клинкера с гипсом (1,5-3%), либо специальными добавками.

Клинкер – продукт обжига однородной сырьевой смеси из известняка и глины.

Исходное сырье:

- известняки (мергели)
- глина
- добавки

ПЦ получают равномерным обжигом до спекания тщательно дозированной смеси материалов.

ПРОИЗВОДСТВО ПЦ

СУХОЙ

Добыча ГП. → отсортировка ненужной породы → дробление → обжиг → помол клинкера.

МОКРЫЙ

Если сырье мягкое и влажное.

дробление → шлам → обжиг → помол

КОМБИНИРОВАННЫЙ

Сырьевая масса → шлам → обжиг

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА

Минерал	Формула	Сокращенное обозначение	Содержание минералов %
Трехкальциевый силикат (алит)	$3\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_3S	42-65
Двухкальциевый силикат (белит)	$2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_2S	12-35
Трехкальциевый алюминат	$3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4-14
Четырехкальциевый алюмоферрит (целит)	$4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10-18

Алит- ↑ химически активен, быстро твердеет, дает прочность, Q (тепловыделение), от него зависит марка цемента (основной минерал клинкера).

Белит- медленно твердеет, ↓ Q, прочность медленно нарастает, (со временем растет).

Алюминат- ↑ химическая активность, ↑ Q, быстрое твердение, но не долговечен и не стоек против сульфата.

Целит- умеренное Q, прочность ↓ чем у алита, твердеет медленнее чем алит, но быстрее чем белит.

СВОЙСТВА ПЦ

- $\rho_{\text{ср}} = 1000 - 1100 \text{ кг/м}^3$
- $\rho_{\text{н}} = \text{до } 1700 \text{ кг/м}^3$
- $\rho = 2900 - 3200 \text{ кг/м}^3$
- Тепловыделение.
- Прочность.

ТОНКОСТЬ ПОМОЛА

Устанавливают ситовым анализом, остатком на сите №008 (размер ячейки 0,08мм.) не более 15% (должно проходить 85%).

Чем выше тонкость помола, тем выше прочность цементного камня.



НОРМАЛЬНАЯ ГУСТОТА

Нормальная густота- заданная подвижность (консистенция), характеризуется водоцементным отношением в %.

Нормальная густота цементного теста определяется на приборе ВИКА. Нормальной считается тесто если пестик прибора, погружаясь, не доходит до дна на 5-7мм.

СРОКИ СХВАТЫВАНИЯ ПЦ

Так же определяют с помощью прибора Вика, по глубине погружения иглы:

- начало схватывания - когда игла не доходит до дна на 1 - 1,5мм.
- конец схватывания – когда игла входит в цементное тесто на 1 – 1,5мм.

Начало схватывания должно наступить не ранее, чем через 45 минут, а конец схватывания – не позднее 10 часов от начала затворения.

ТВЕРДЕНИЕ ПЦ

Твердение ПЦ – это процесс превращения пластичного цементного теста в камневидное состояние.

В процессе твердения цемент должен равномерно изменять объем.

Твердение ПЦ сопровождается выделением большого количества теплоты Q .

ПРОЧНОСТЬ ПЦ

Прочность ПЦ характеризуется его маркой. Марку ПЦ определяют по пределу прочности на $R_{изг.}$ и $R_{сж.}$ испытанием образцов балочек размером 40x40x160мм. в возрасте 28 суток, изготовленных из растворной смеси состава 1:3(цемент: песок)

**Промышленность выпускает ПЦ марок:
М300, М400, М500, М550, М600 кгс/см²**

КЛАССЫ ЦЕМЕНТОВ

Согласно ГОСТ 31108 – 2003, по прочности цементы подразделяются на классы:

22,5; 32,5; 42,5; 52,5 (МПа)
М400; М500; М550; М600 кгс/см²

По скорости твердения:

Н – нормально твердеющий;

Б – быстро твердеющий.

Например: 22,5Н; 32,5Б.

КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

ПЦ будучи ГВВ, при нахождении в воде твердеет, набирая все большую прочность.

НО, если вода (хуже- водные растворы солей и кислот) просачиваться сквозь цементный камень, то начинается его разрушение- этот процесс называется коррозией цементного камня.

Развитие коррозии приводит к разрушению цементных растворов и бетонов.

Разрушение начинается с цементного камня, как наиболее подверженного воздействию коррозионных процессов.

ВИДЫ КОРРОЗИИ

(по агрессивности воды)

- Коррозия мягкими водами (проточные пресные воды)
- Солевая коррозия (минерализованные воды, вступающие в реакцию с составляющими цемента)
- Сульфатная коррозия (грунтовые и сточные воды)

Действие всех видов коррозии идет активно если:

- Бетон не плотный
- Идет фильтрация воды под напором
- При недостаточном затвердевании

ЗАЩИТА ПЦ ОТ КОРРОЗИИ

- ▣ Правильный выбор вида цемента
- ▣ Введение активных минеральных добавок
- ▣ Создание плотного бетона
- ▣ Надежная гидроизоляция, не допускающая фильтрации воды сквозь материал (битумная изоляция, полимерные пленки, облицовка из стекла и керамики)

ПРИМЕНЕНИЕ ПЦ

- ПЦ не высоких марок используют для строительных растворов.
- При изготовлении монолитного, сборного бетона и ЖБК.
- В подземных, надземных, подводных конструкциях.

НЕ СЛЕДУЕТ ПРИМЕНЯТЬ:

В конструкциях , подвергающихся воздействию морской, минерализованной или даже пресной воды - проточной или под сильным напором. В данных случаях применяют специальные виды цементов.

ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

Цементы транспортируют:

- автомобильным и железнодорожным транспортом.
- в специальных цистернах, контейнерах, навалом либо в бумажных мешках.

Хранят в складах отдельно по видам и маркам.

Необходимо оберегать цементы от воздействия влаги и посторонних примесей.

РАЗНОВИДНОСТИ ПЦ

ПЦ и его разновидности являются основными вяжущими в современном строительстве. В России его производство составляет 70% выпуска всех цементов.

В нашей стране разработана технология производства более 30 видов цемента на основе ПЦ клинкера. Всего в мире известно более 50 видов этого эффективного вяжущего.

Домашнее задание: рассмотреть разновидности ПЦ в табличной форме

- ▣ Быстротвердеющий ПЦ.
- ▣ Пластифицированный ПЦ.
- ▣ Гидрофобный ПЦ.
- ▣ Сульфатостойкий ПЦ.
- ▣ Белый ПЦ и цветные цементы.
- ▣ Шлакопортландцемент.
- ▣ Пуццолановый ПЦ.
- ▣ Кладочные цементы.
- ▣ Глиноземистый цемент.
- ▣ Расширяющийся ПЦ.
- ▣ Безусадочный цемент.
- ▣ Напрягающий цемент

**Название.
Состав.
Получение.**

Свойства.

**Марка.
Применение**

**Быстротвердеющий ПЦ
(БТЦ)**

Состав:

**Трехкальциевый
силикат**

$C_3S = 50- 55\%$

**Трехкальциевый
алюминат**

$C_3A = 5 -10\%$

**Допускаются активные
минеральные добавки
не более 15%**

Характеризуется:

- быстрым ростом прочности в первые дни твердения.**
 - **$R_{сж}=25-28$ МПа - в трех суточном возрасте.**
- Высокая тонкость помола.
Поэтому при хранении он,
впитывает пары воды из
воздуха, комкуется и быстро
теряет активность.**

М400 М500

- Для изготовления ЖБИ, ЖБК.**
- При ремонтных и восстановительных работах.**