

Вяжущие вещества

Порошкообразные
вещества



Вяжущие вещества



При затворении водой
образуют пластичное
тесто



Вяжущие вещества

С течением времени тесто самопроизвольно отвердевает, превращаясь в искусственный камень



Вяжущие вещества

Воздушные

Гипсовые в.в.

Низкообжиговые:

1. Строительный гипс
2. Формовочный гипс
3. Медицинский гипс
3. Технический гипс

Высокообжиговые:

1. Ангидритовый цемент
2. Эстрих-гипс

Магнезиальные

1. Каустический магнезит;
2. Каустический доломит.

Воздушная известь

Гидравлические

Гидравлическая известь

Роман-цемент

Портландцемент

Пуццолановый портландцемент

Шлакопортландцемент

Глиноземистый цемент

История вяжущих веществ



В массивных сооружениях египтян уже встречается прообраз соединения каменных блоков с помощью раствора, состоящего из смеси песка и вяжущего материала (обожженного гипса)

Великая китайская стена

Начало
строительства
III в. до н.э.

Сохранившиеся
участки
14-17 в. н.э.



Римский Пантеон

Начиная со II в. до н. э. при строительстве фундаментов, сводов, дорог, акведуков в Риме начали широко применять бетон. Римский Пантеон был перекрыт бетонным куполом диаметром 42,7 м.



Пантеон в Риме — это античный храм, посвященный древнеримским богам. Предполагается, что он был построен во 2 веке н.э. В 7 веке Пантеон был переосвящён в католический храм.

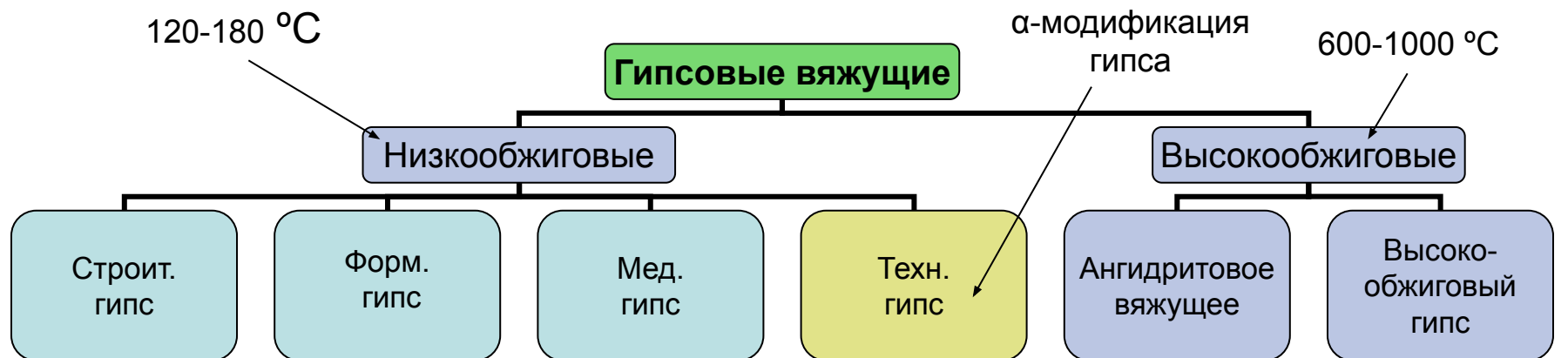
Древнеримский бетон 2000-летней давности



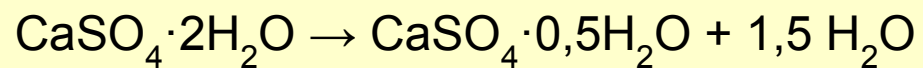
Группа исследователей изучила состав античного бетонного волнолома, который находился в бухте Путтеолы в Средиземном море.

На иллюстрации желтоватые включения - пемза, черные - лава, основной фон - кристаллические материалы, белые - известь.

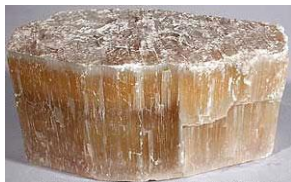
Классификация гипсовых вяжущих



120-180 °C



Минерал гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



волокнистый



пластинчатый

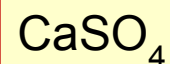


Зернистый (алебастр)



Строительный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$

600-700 °C

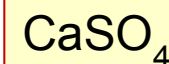


+

Катализаторы:

сульфаты,
известь,
обоженный
доломит,
доменный шлак

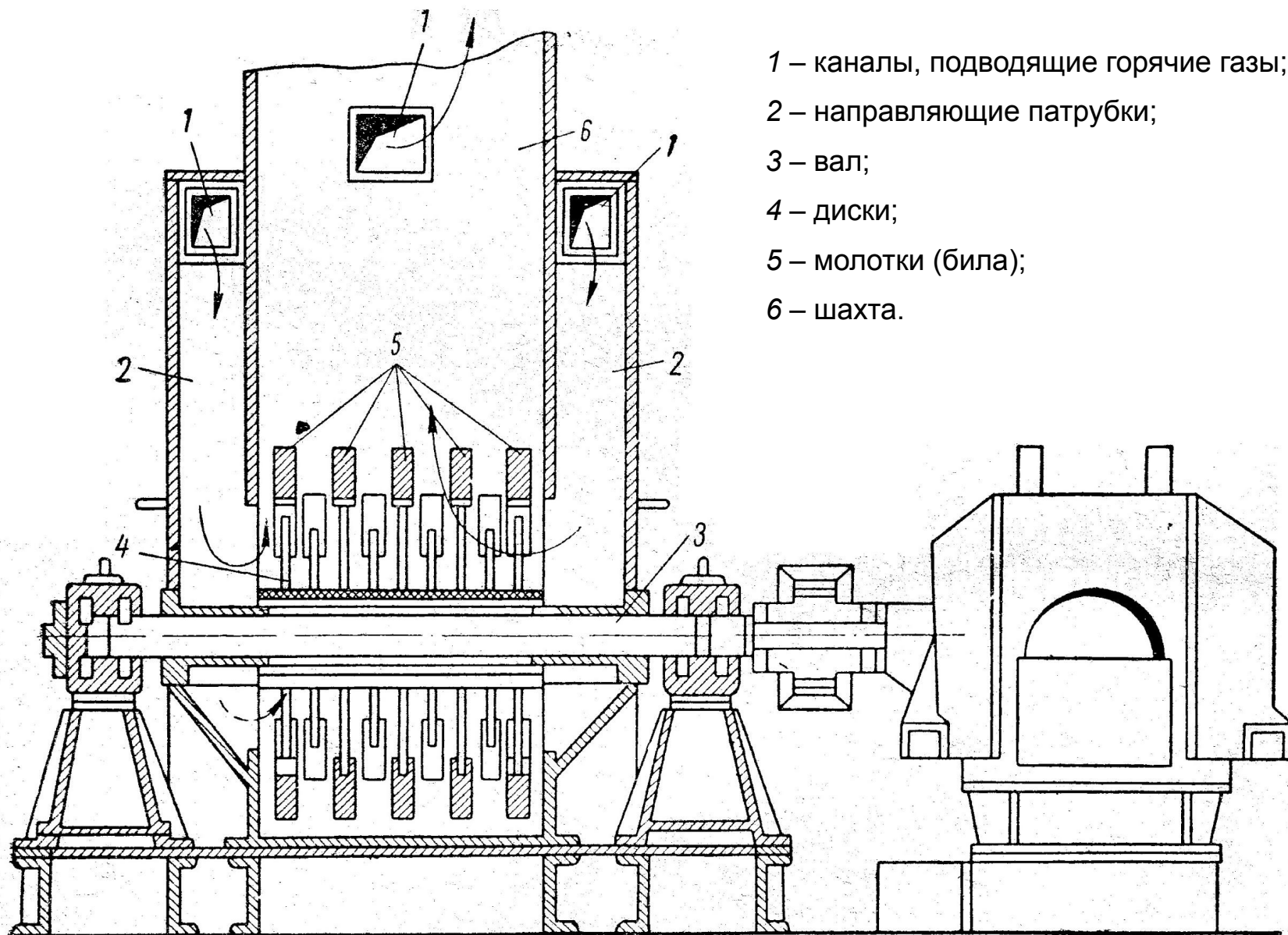
800-1000 °C



CaO

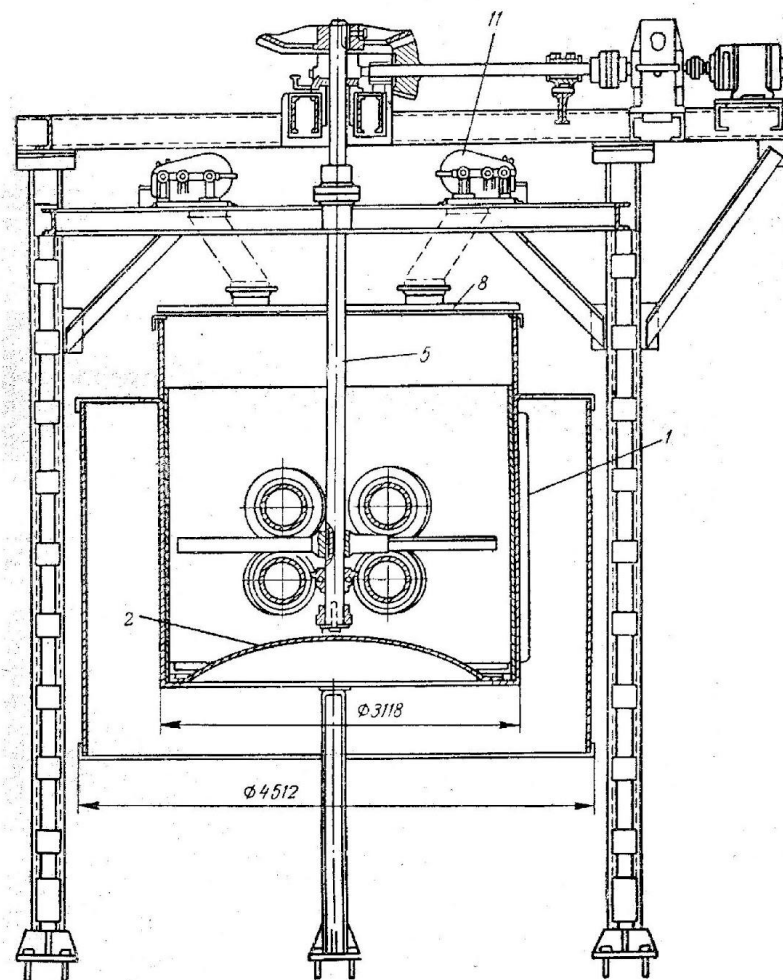
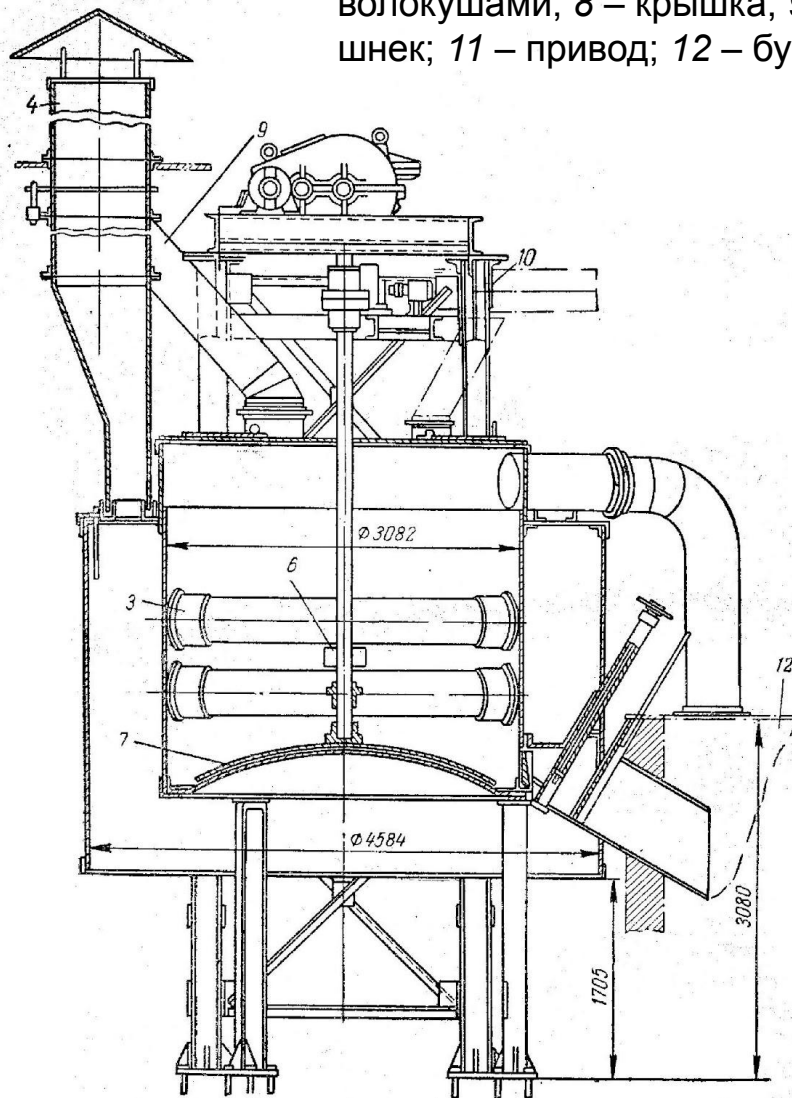
SO₃

Шахтная мельница



Гипсоварочный котел

1 – стальной барабан; 2 – сферическое днище; 3 – жаровые трубы; 4 – дымовая труба; 5 – вал; 6 – верхние лопасти; 7 – нижние лопасти с цепями-волокушами; 8 – крышка; 9 – патрубок для водяных паров; 10 – питательный шнек; 11 – привод; 12 – бункер остывания гипса.



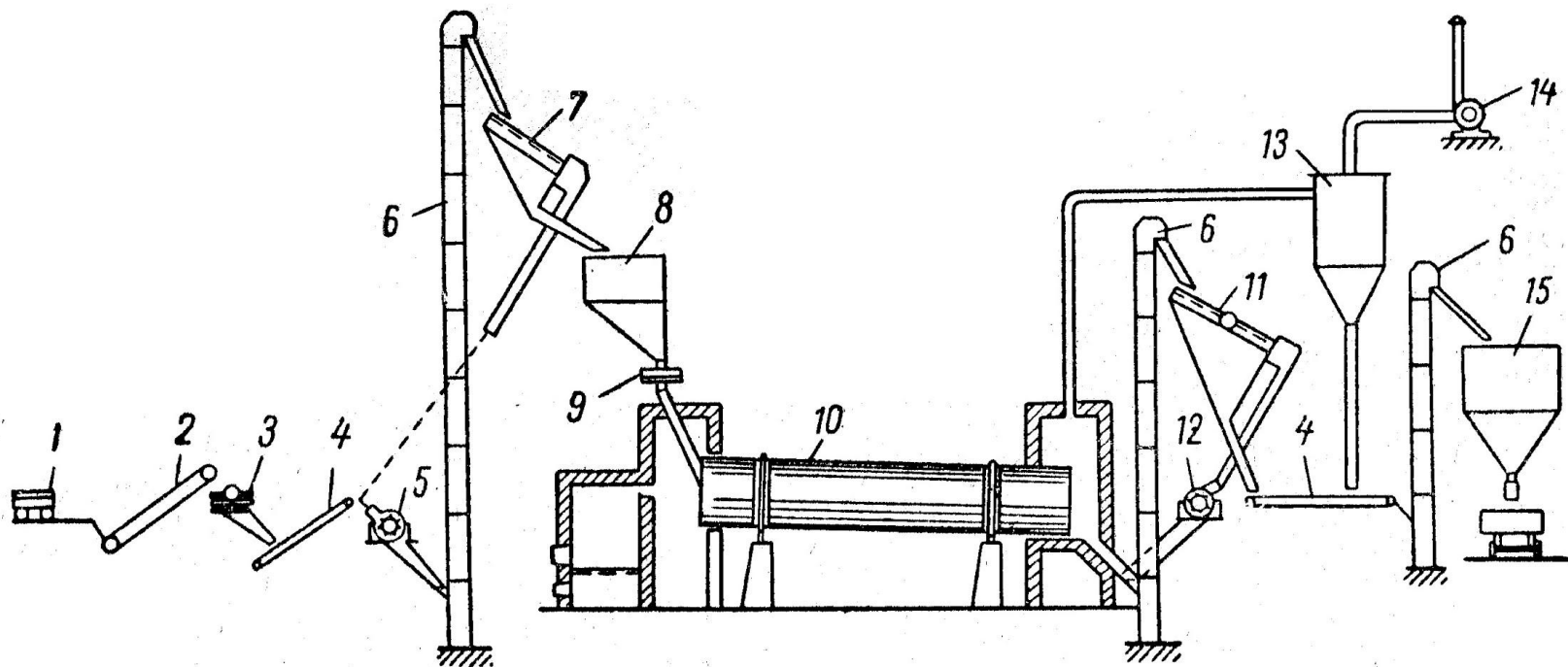
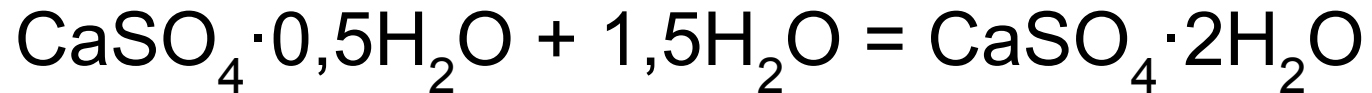


Схема производства строительного гипса с применением вращающихся печей:

1 — вагонетка; 2 — пластинчатый питатель; 3 — щековая дробилка; 4 — ленточные транспортеры; 5 — молотковая дробилка; 6 — элеваторы; 7 — струнное сито; 8 — бункер гипсового щебня; 9 — тарельчатый питатель; 10 — сушильный барабан; 11 — трясковое сито; 12 — молотковая мельница; 13 — батарейный циклон; 14 — вентилятор; 15 — бункер готовой продукции

Твердение строительного гипса

Реакция гидратации



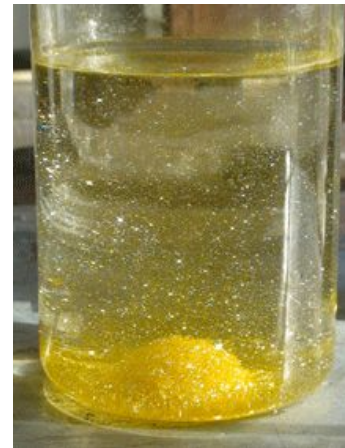
7,4 г CaO на 1 л воды

2,05 г CaO на 1 л воды



7,4 г CaO/л

$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$



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

2,05 г CaO/л

Требования к строительному гипсу по прочности (марки гипса)

Марка гипса	Предел прочности, МПа, не менее		Марка гипса	Предел прочности, МПа, не менее	
	при сжатии	при изгибе		при сжатии	при изгибе
Г – 2	2	1,2	Г – 10	10	4,5
Г – 3	3	1,8	Г – 13	13	5,5
Г – 4	4	2,0	Г – 16	16	6,0
Г – 5	5	2,5	Г – 19	19	6,5
Г – 6	6	3,0	Г – 22	22	7,0
Г – 7	7	3,5	Г – 25	25	8,0

Требования к строительному гипсу по срокам схватывания

Вид вяжущего по срокам схватывания	Индекс	Сроки схватывания, мин	
		начало	конец
Быстро-схватывающийся	А	От 2 до 6	Не позднее 15
Нормально-схватывающийся	Б	Св. 6 до 20	Св. 15 до 30 включительно
Медленно-схватывающийся	В	Св. 20	Не нормируется

Требования к строительному гипсу по тонкости помола

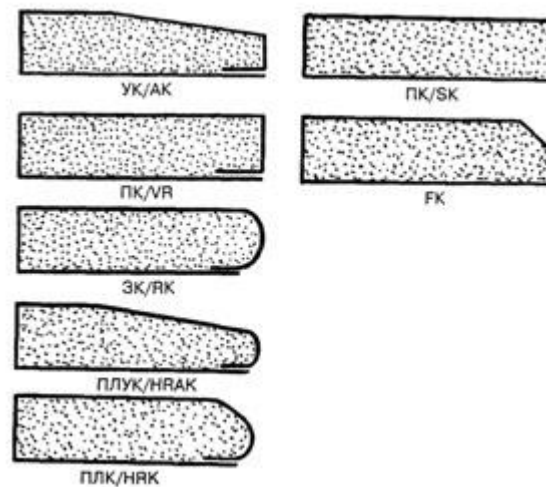
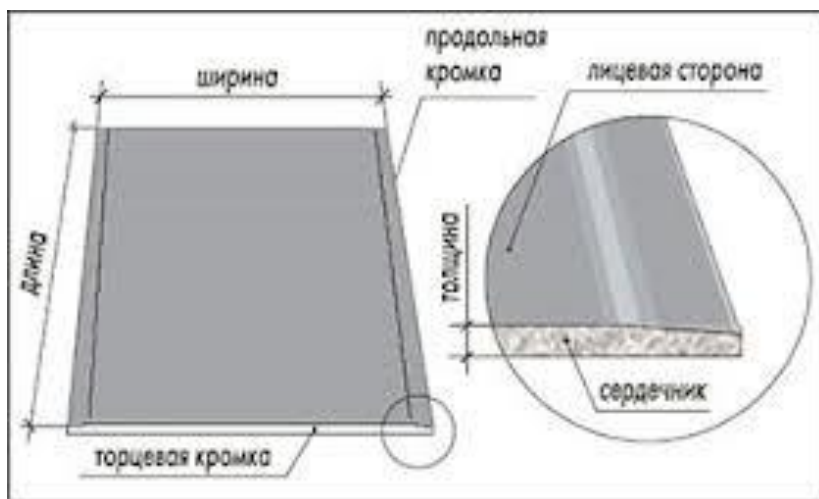
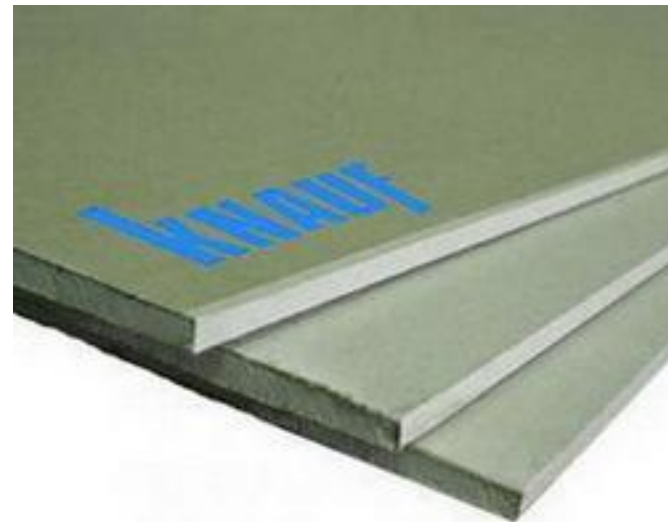
Вид вяжущего	Индекс	Остаток на сите № 02, %
Грубого помола	I	Св. 14 до 23
Среднего помола	II	Св. 2 до 14
Тонкого помола	III	До 2 включ.

Пример условного обозначения гипсового вяжущего:

Г–25 В III

Применение строительного гипса

Гипсокартонные листы



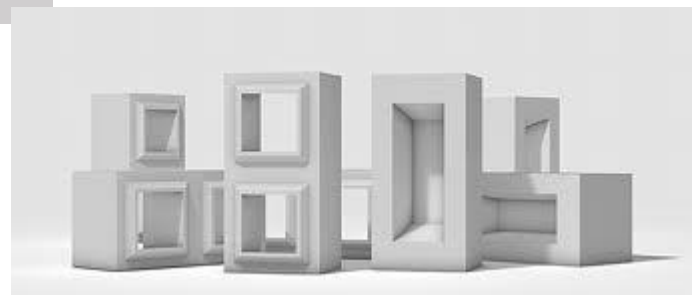
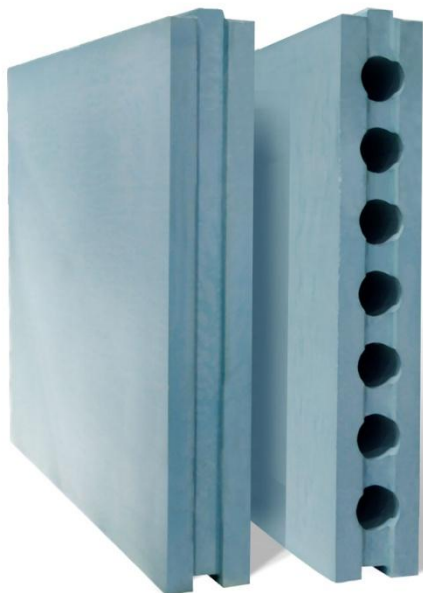
Применение строительного гипса

Гипсокартонные листы. Монтаж конструкций



Применение строительного гипса

Пазогребневые блоки и плиты



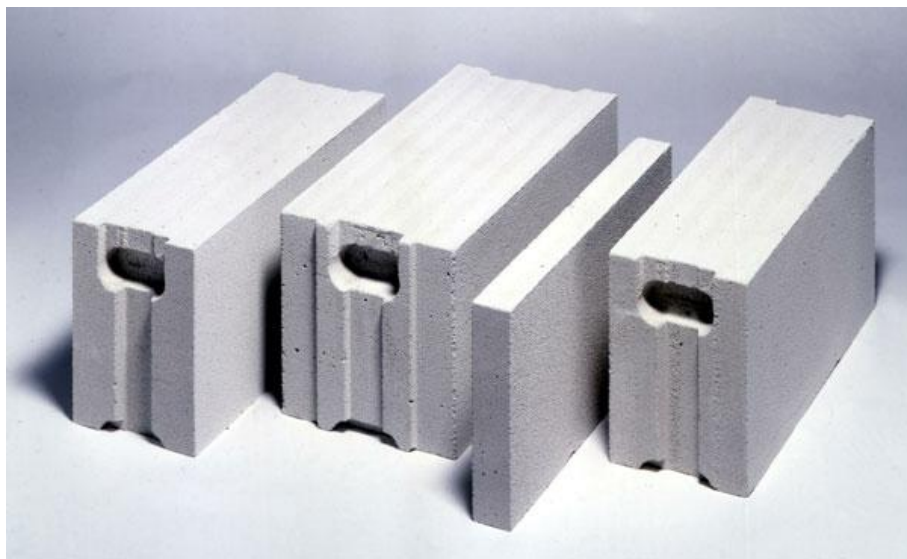
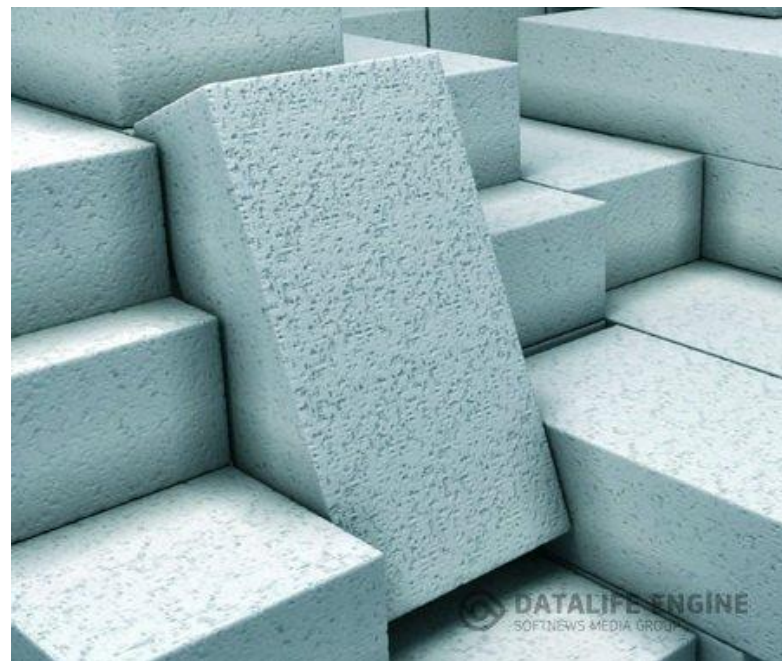
Применение строительного гипса

Изделия из гипса



Применение строительного гипса

Пеногипсовые блоки



Применение строительного гипса

Гипсовая штукатурка



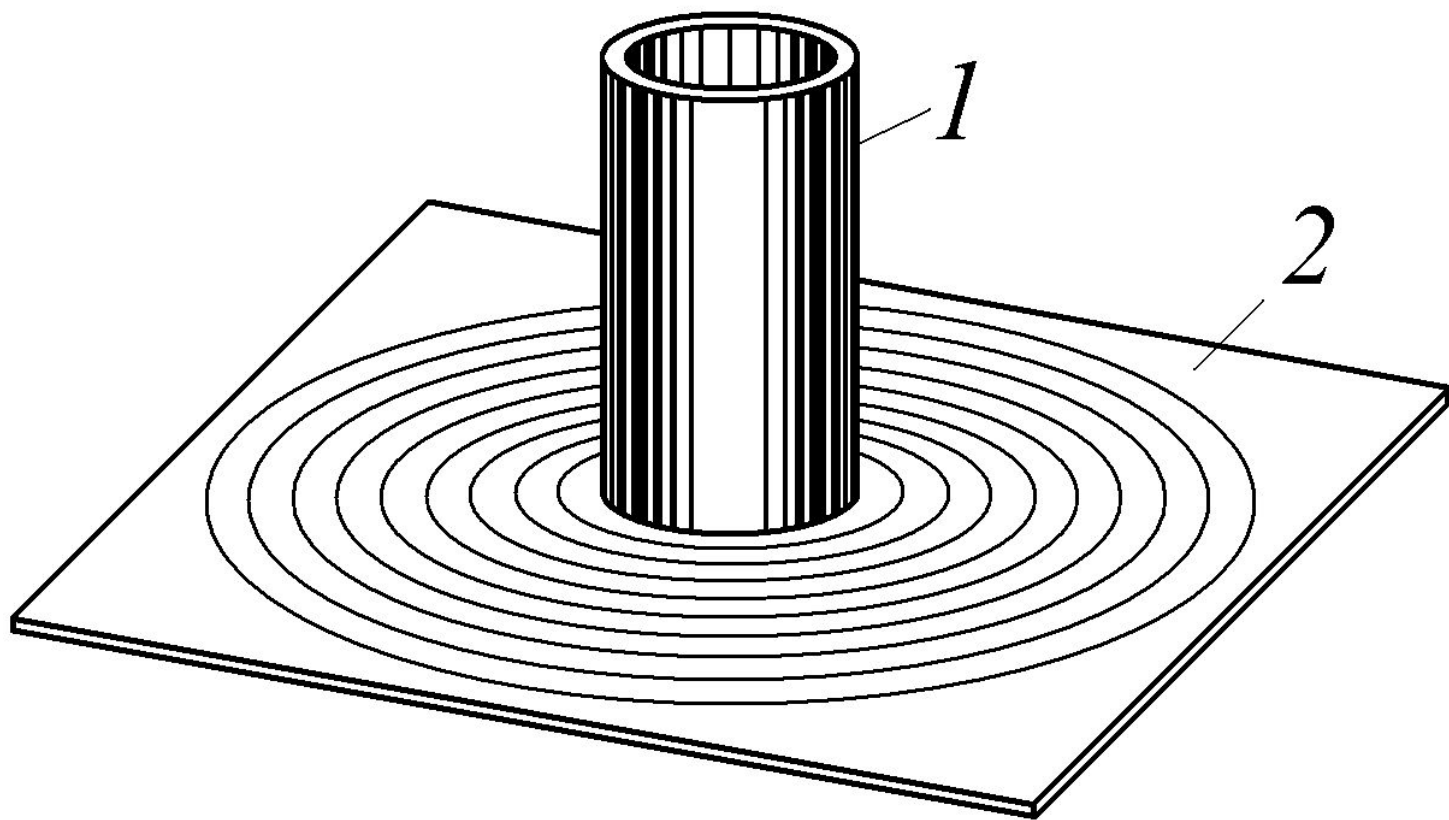


Рис. VII.1. Вискозиметр Суттарда: 1 – полый металлический цилиндр; 2 – стеклянная подставка с окружностями для измерения диаметра образца

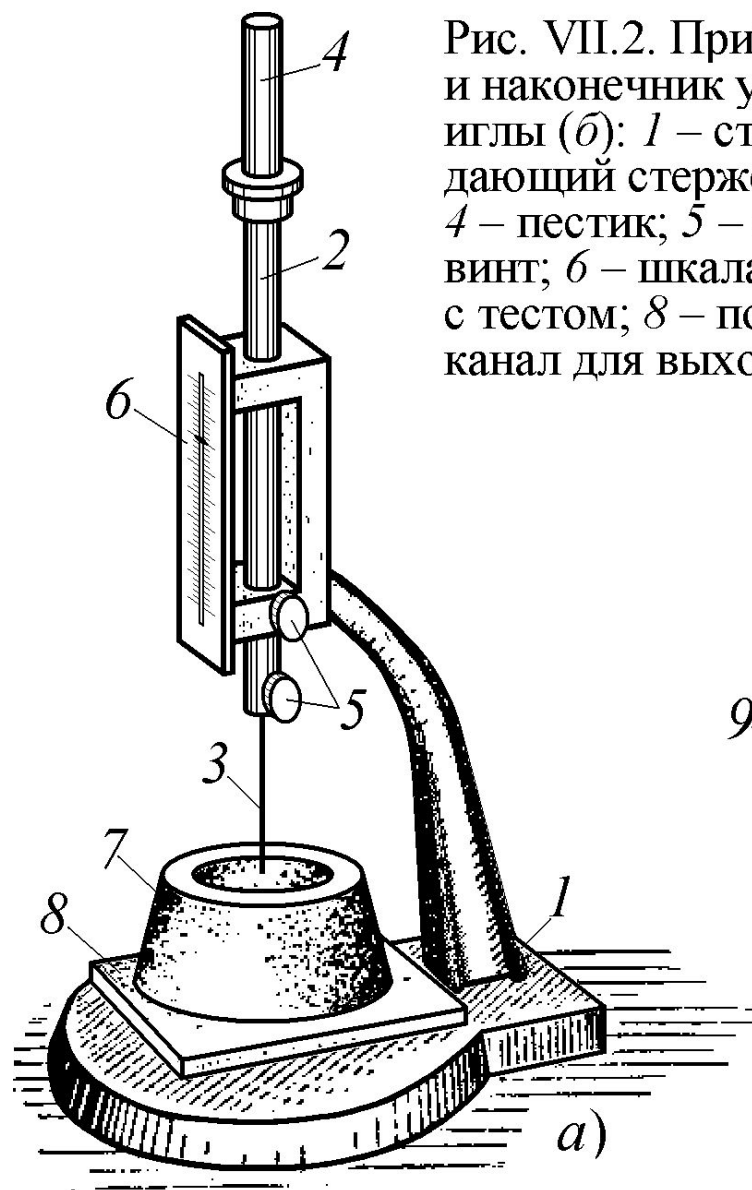
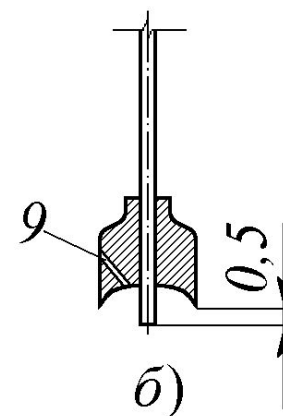


Рис. VII.2. Прибор Вика (*а*) и наконечник укороченной иглы (*б*): 1 – станина; 2 – падающий стержень; 3 – игла; 4 – пестик; 5 – стопорный винт; 6 – шкала; 7 – кольцо с тестом; 8 – подставка; 9 – канал для выхода воздуха



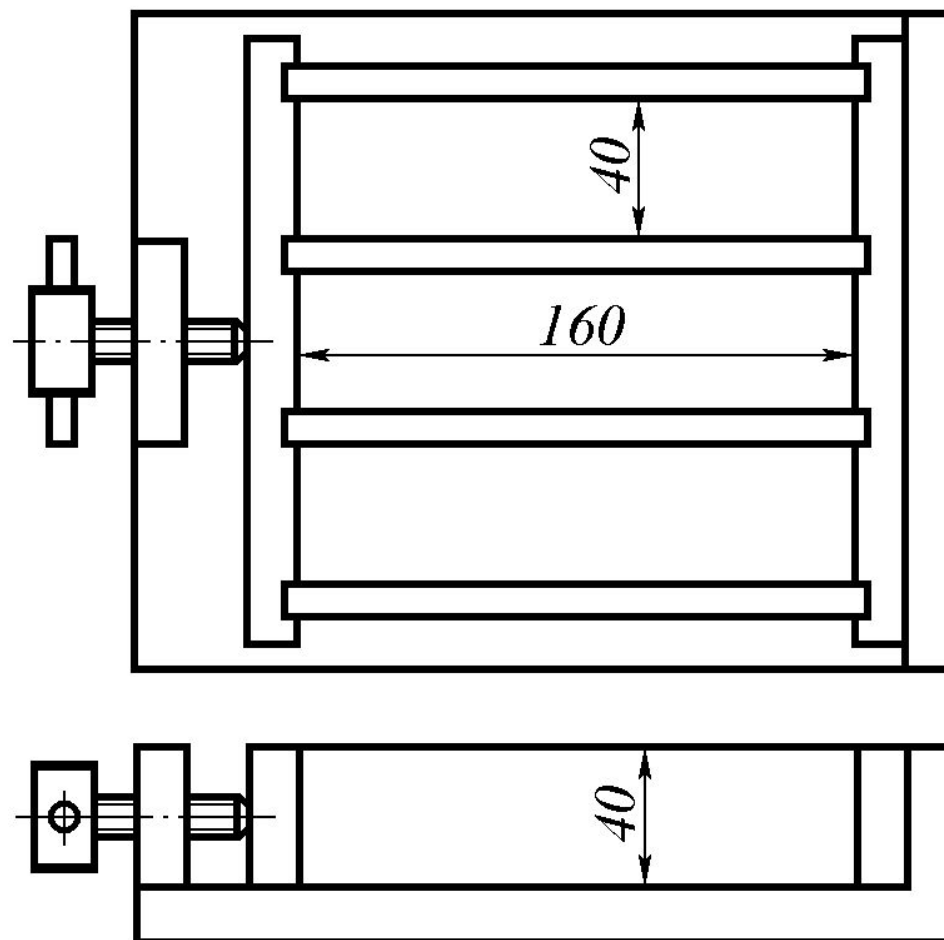


Рис. VII.3. Форма для образцов

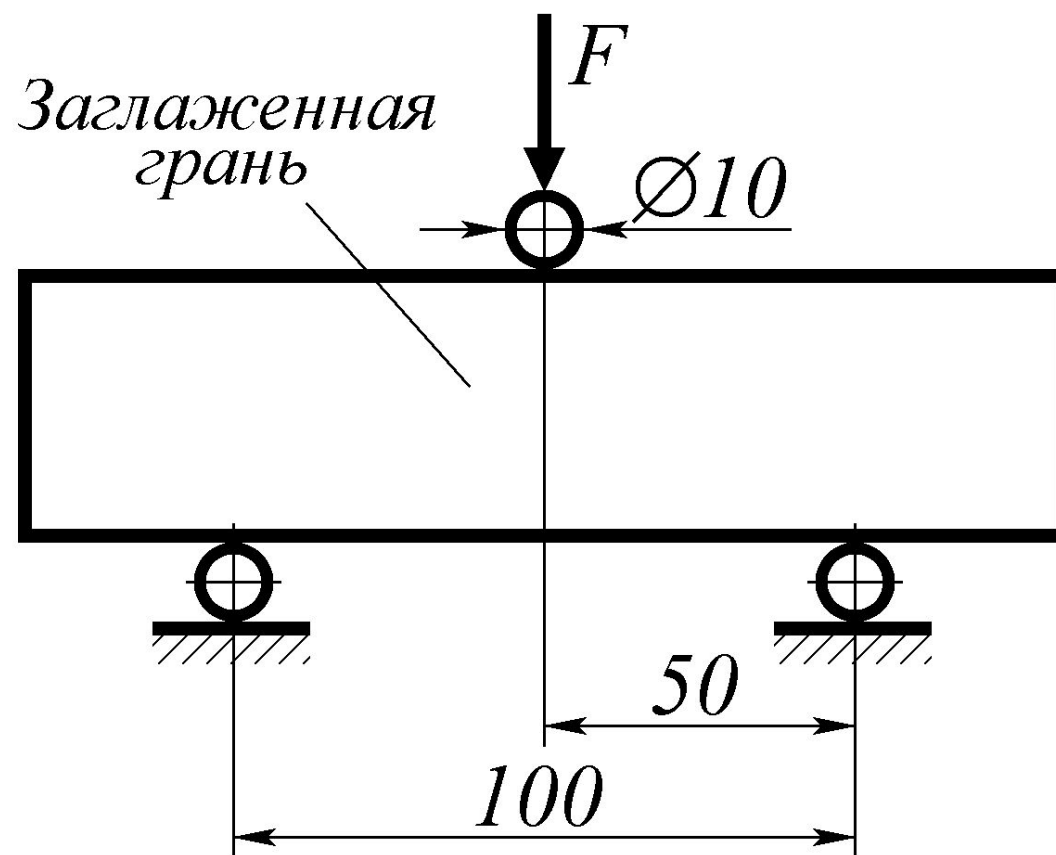


Рис. VII.4. Схема
испытания на изгиб

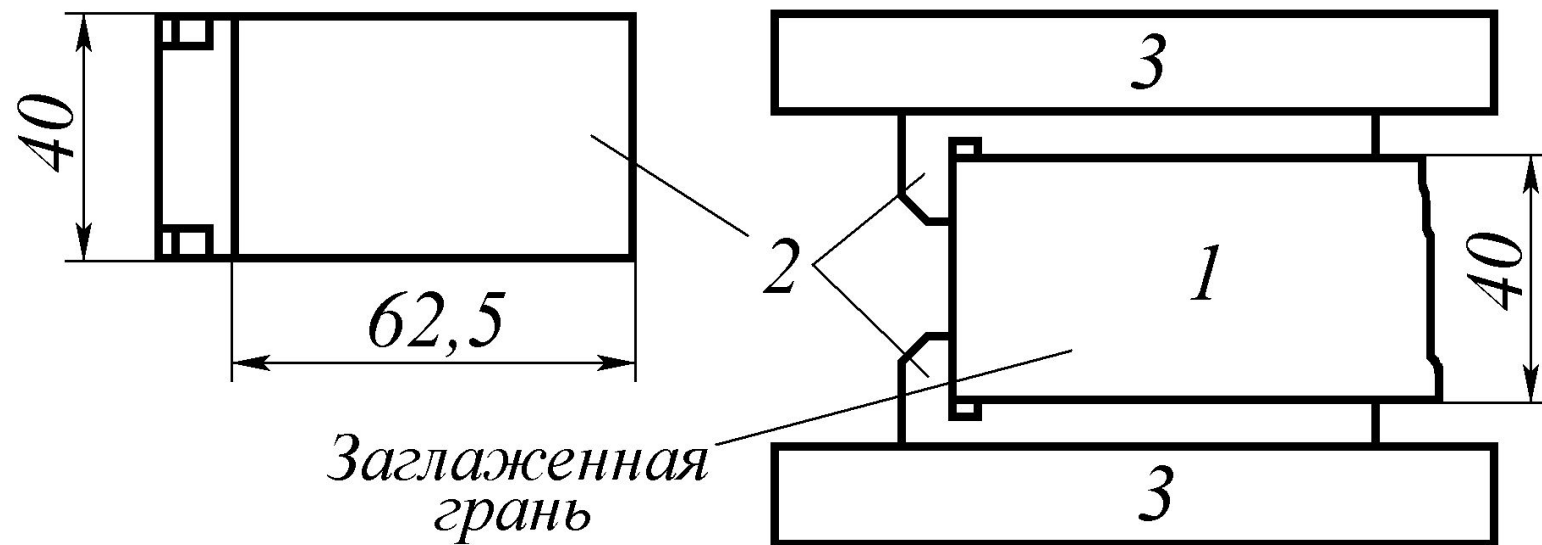


Рис. VII.5. Схема испытания половинок балочек на сжатие

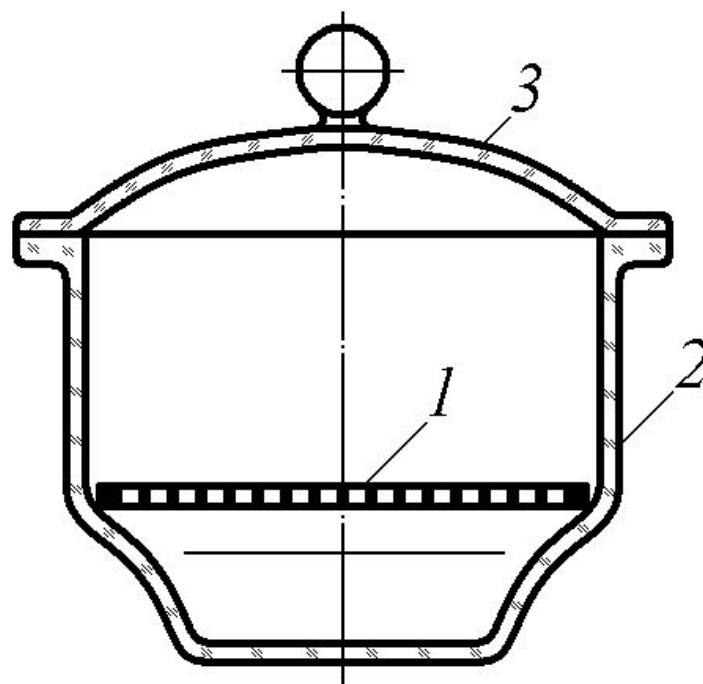


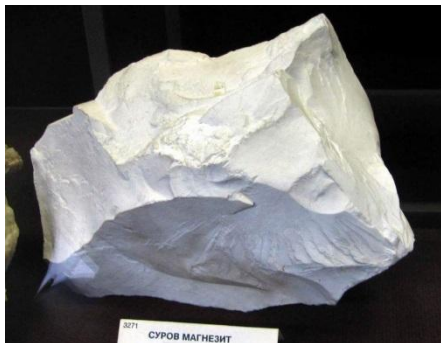
Рис. 1. Эксикатор: 1 – фарфоровая вставка; 2 – корпус; 3 – крышка

Магнезиальные вяжущие

1. Каустический магнезит
2. Каустический доломит

Каустический магнезит

Минерал Магнезит



→ обжиг → помол →
при 750-850 °C

Вяжущее
Каустический магнезит



Выше 1300 °C, продукт обжига может достигнуть мертвообожженного состояния, которому по кристаллическому строению соответствует природный минерал *периклаз* (MgO)

Каустический доломит

Минерал Доломит



Вяжущее
Каустический доломит



→ обжиг → помол →
не выше 720-750 °C



Не менее 19 % MgO

Твердение магниальных вяжущих

Затворяются не водой, а растворами MgCl_2 , MgSO_4 , FeSO_4 и др.



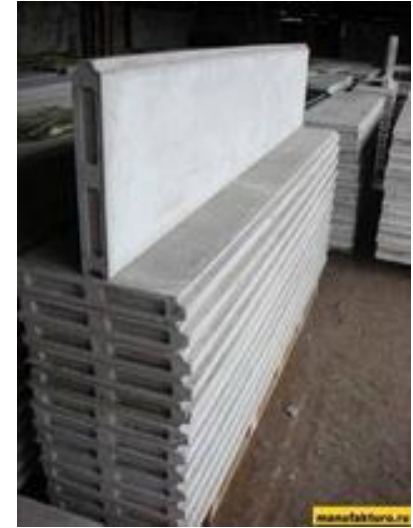
Магнезиальные вяжущие. Применение



Прессованный брус



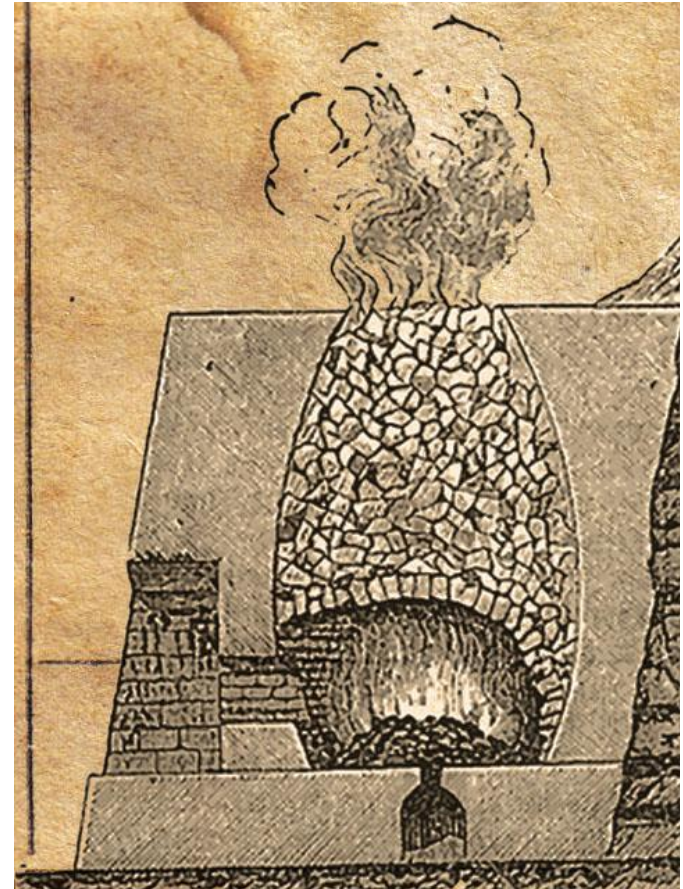
Фибролит



Стеновые панели
из ксилолита

Магнезиальные вяжущие вещества применяются для изготовления штукатурок, искусственного мрамора, лестничных ступеней, а также *фибrolита* – стенового материала, на основе магнезиальных вяжущих и древесных волокон или стружек, и *ксилолита*, включающего мелкий древесный наполнитель (опилки и др.) и магнезиальный цемент

Воздушная известь

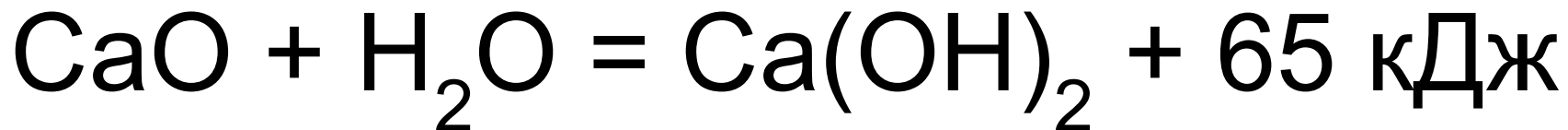


Известь была известна очень давно в Греции или еще раньше на Крите. Римляне заимствовали ее у греков.

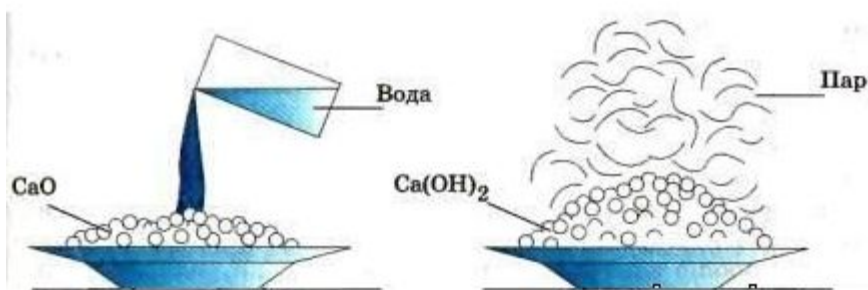
Воздушная известь



Гашение воздушной извести



Гашение извести

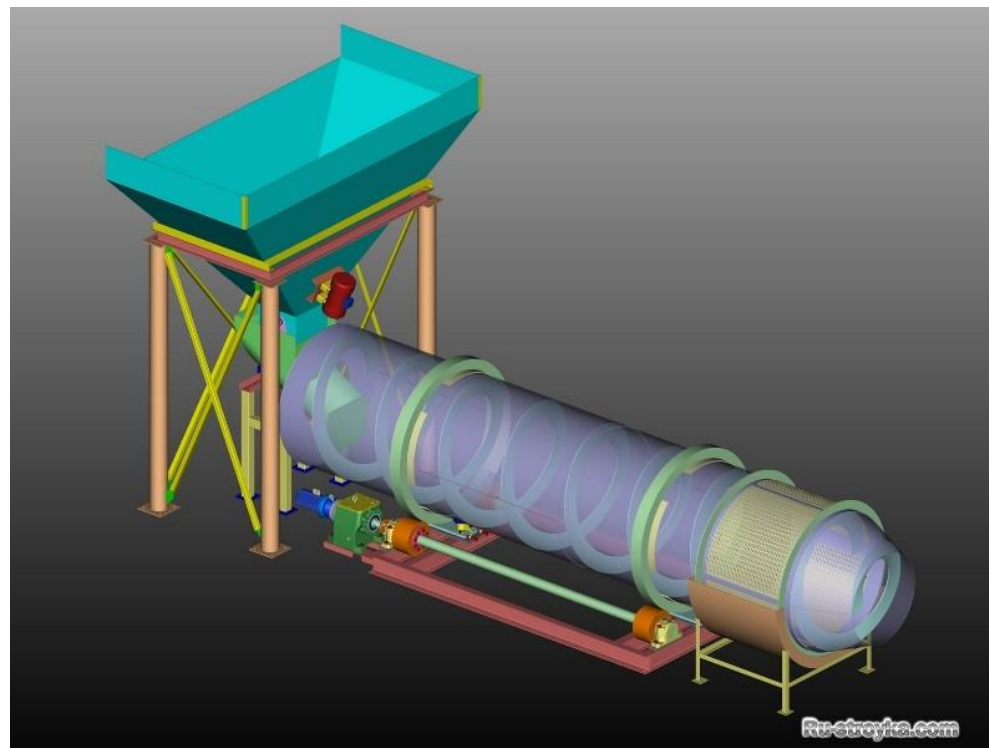
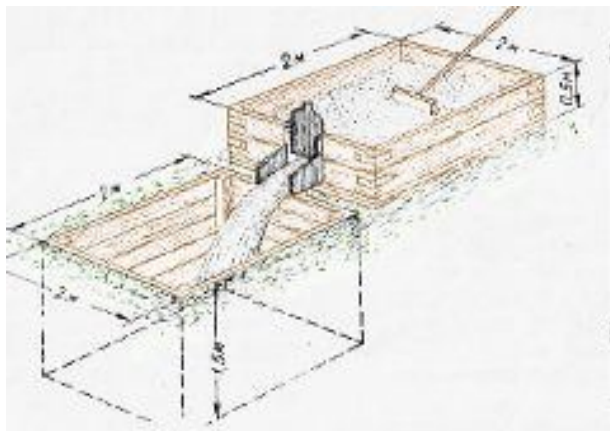


Примеси глинистых минералов и кварца, с одной стороны, уменьшают способность извести к гашению, а с другой стороны, сообщают извести способность к гидравлическому твердению. Если содержание этих примесей в известняке превышает 6 %, продукт обжига называется *гидравлической известью*. Примесь MgCO_3 , дающая в результате обжига магнезию MgO , также снижает скорость гашения.

Гашение воздушной извести

Известегасильный барабан
(гашение в пушонку)

Творильная яма
(гашение в тесто)



Классификация воздушной извести

Воздушную известь в зависимости от содержания MgO делят на:

- 1) кальциевую ($\leq 5\%$),
- 2) магнезиальную (5-20 %),
- 3) доломитовую (свыше 20 до 40 %).

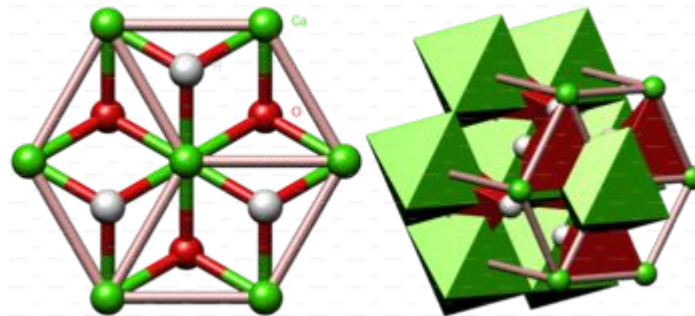
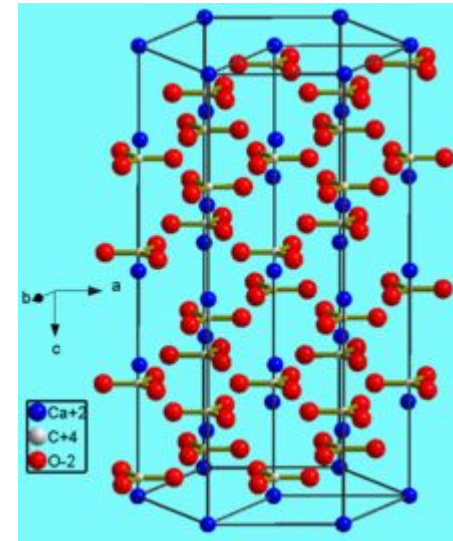
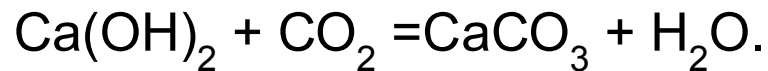
Сорт извести	Активность извести (содержание $CaO+MgO$), %, не менее	
	Кальциевая известь	Магнезиальная и доломитовая извести
I	90	85
II	80	75
III	70	65

Твердение воздушной извести

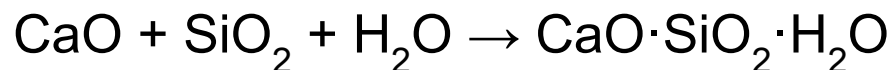
Гидрокарбонатное твердение складывается из двух процессов:

1) Испарение воды и кристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из насыщенного раствора

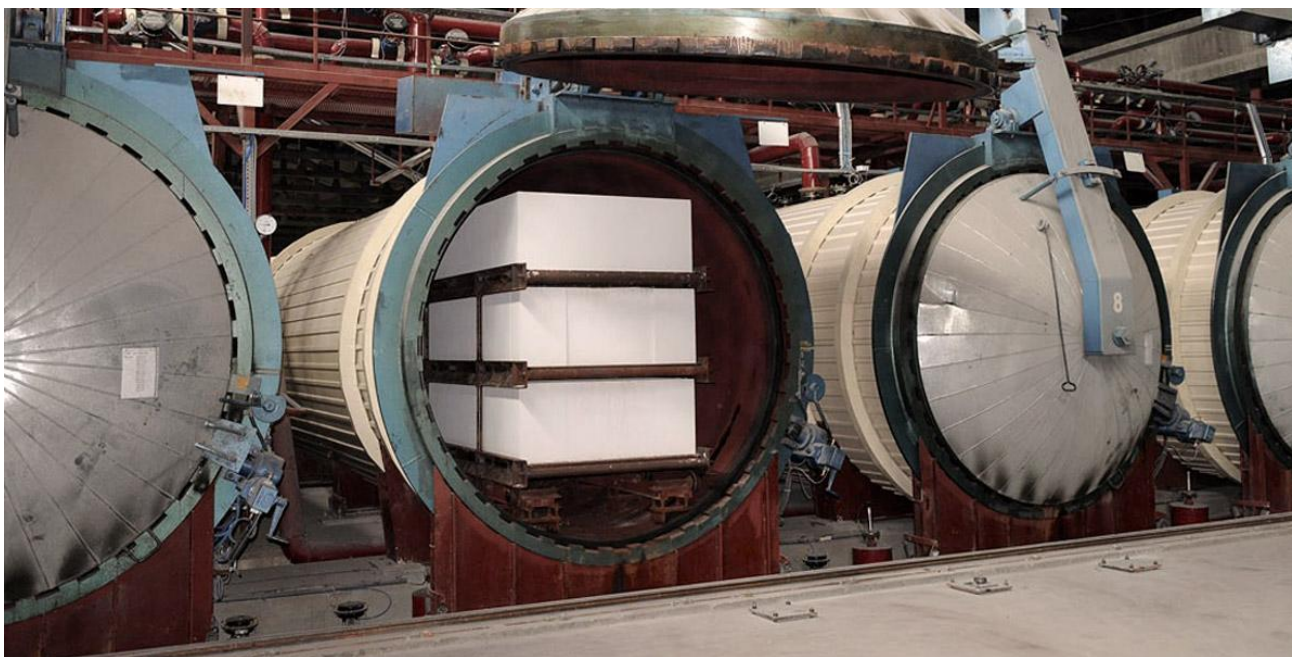
2) карбонизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ углекислотой воздуха



Гидросиликатное твердение под воздействием пара повышенного давления 0,8-1,6 МПа и температуры 170-200 °С:



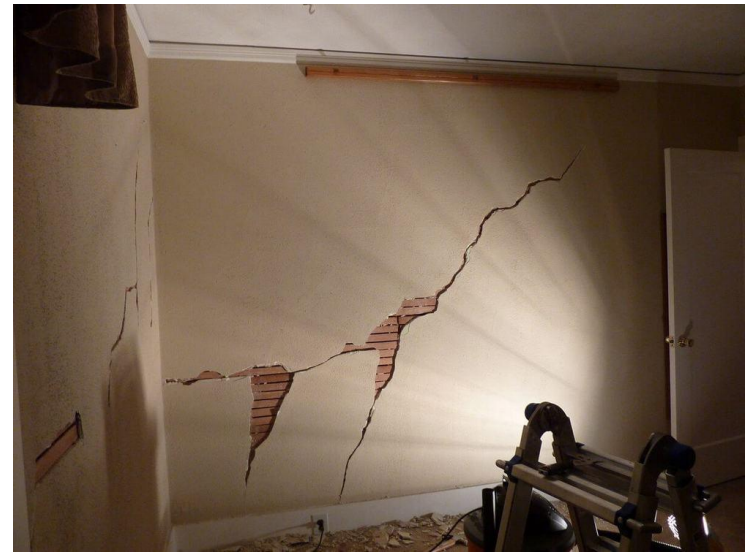
Соотношение молотого кварца и извести в силикальците составляет обычно 1:1. Содержание извести в силикатном бетоне равно 8-12 % (мас.).



Автоклав

Свойства воздушной извести

1. Прочность гашеной извести через 28 - 0,5-1,0 МПа
2. Прочность молотой негашеной извести примерно в 2-3 раза выше.
3. Дает высокую усадку, которую снижают добавлением песка.
4. Образует пластичную легко формуемую растворную смесь
5. Медленно схватывается и твердеет



Усадочные трещины в штукатурке

Применение воздушной извести

1. В составе строительных растворов для каменной кладки и штукатурных работ

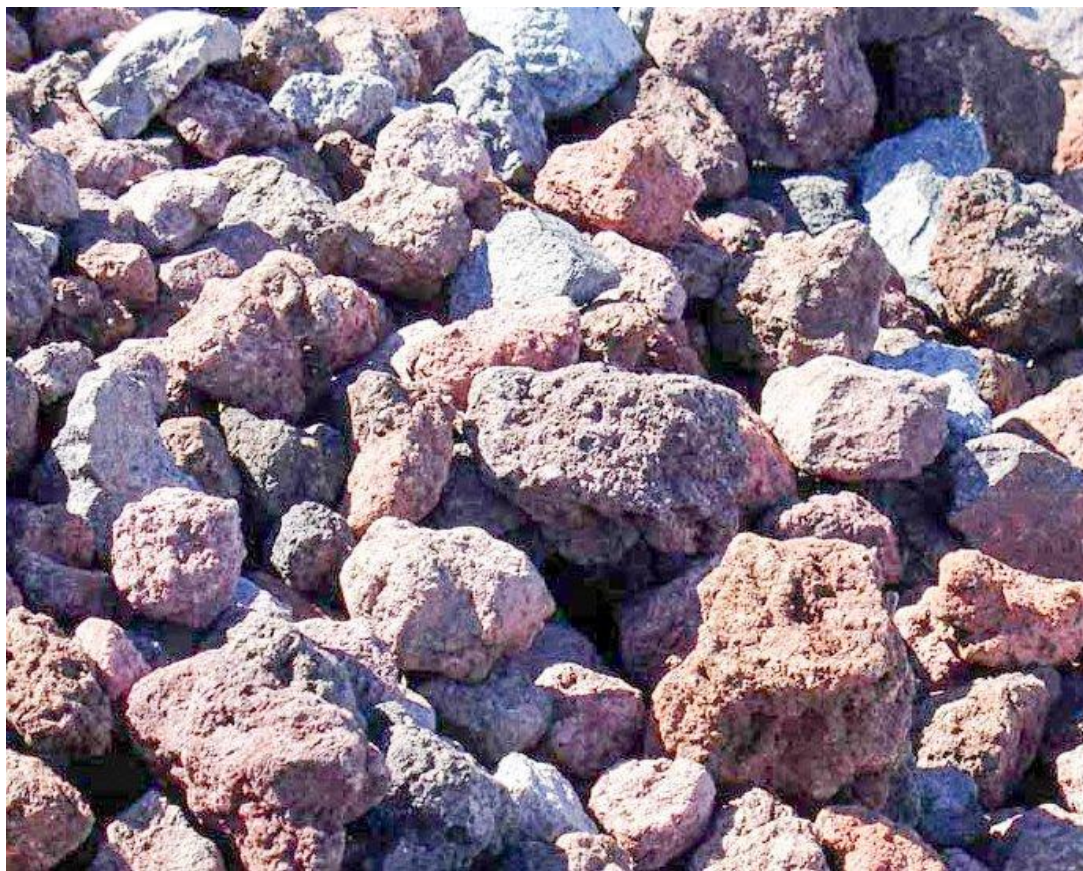


Применение воздушной извести

2. Для производства автоклавных (силикатных) строительных материалов.



Пуццолана



Греки и римляне знали, что некоторые вулканические породы будучи измельчены и добавлены к извести придают ей гидравлические свойства.

Среди таких веществ наибольшей известностью пользовались *пуццоланы* (*pulvis puteolanus*) – землистые вещества вулканического происхождения (туфы), добывавшиеся в окрестностях Рима и на берегу Неаполитанского залива и получившие свое название по местечку Пуццуоли близ Рима.

Долгое время пуццоланы оставались незаменимы и их вывозили в другие страны, несмотря на связанные с этим расходы.

Гидравлическая известь



Джон Смитон (John Smeaton) (1724—92), англ. инженер по гражд. строительству, строитель Эдисонского маяка

Д. Смитон искал наилучшее сырье для получения извести. Из известкового раствора он лепил шары жесткой консистенции и опускал их в воду немедленно после схватывания. Оказалось, что те из них, которые содержат значительное количество глинистых примесей, дают известь более высокого качества. В 1756 г. Д. Смитону был выдан патент на гидравлическую известь



Маяк на скалах Эддистона, построенный в 1698 г., был уничтожен бурей в 1703 г. Второй маяк, деревянный, сгорел в 1755 г. В 1756 г. третий вариант маяка, уже из камня, построил Джон Смитон. 120 лет спустя маяк разобрали. Отстроенный заново маяк можно видеть на фото

Джон Смитон,, обратил внимание на то, что известняки, дающие в слабой азотной кислоте нерастворимый осадок, сходный с глиной, обладают гидравлическими свойствами.

Гидравлическая известь

Сырье - мергелистые известняки

По мере повышения содержания глинистых и кремнеземистых примесей, в продукте обжига содержится все меньше свободной извести и больше силикатов, алюминатов и ферритов кальция. Вместе с тем уменьшается способность извести к гашению и увеличивается ее способность к гидравлическому твердению.

Производство: обжиг сырья (при 900-1100 °С), гашение продукта обжига, помол непогасившихся частиц, **смешение** измельченных зерен с погасившимся материалом. Иногда выпускаются два отдельных продукта.

Мергелистый известняк → обжиг → $\text{CaO} + 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

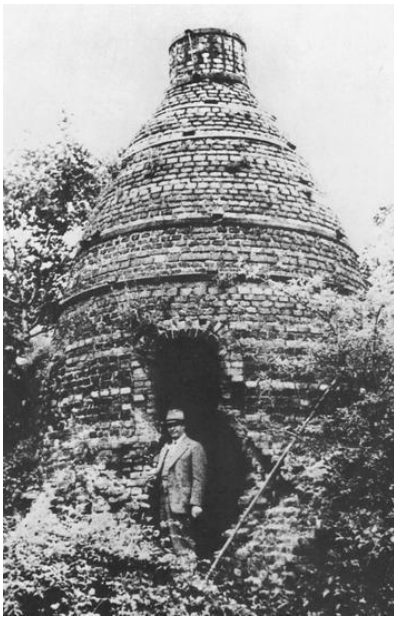
Процесс твердения:

- воздушное с участием Ca(OH)_2
- гидравлическое, например: $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Гидравлическая известь твердеет быстрее и достигает большей прочности, чем воздушная.

Применение: строительные растворы для каменной кладки и для штукатурных работ

Романцемент



Обжигательная печь

Сильные гидравлические свойства были открыты Джеймсом Паркером, британским священником и производителем цемента, в глинистых известняках острова Шеппи. Превращенные после обжига в порошок, они чрезвычайно быстро твердели под водой. Продукт этот был назван романским (римским) цементом, что подчеркивало его сходство с вяжущим из римской пуццоланы.

В 1796 году он получил патент под названием «Некий Цемент или Террас, который будет использоваться в гидротехнических и других конструкциях и лепнине» и создал свой завод в Нортфлите, графство Кент. В 1797 году он продал свой патент производителю цемента Самуэлю Уайатту, а сам эмигрировал в Америку, и вскоре умер. Романцемент Уайатта был использован в строительстве знаменитого маяка Bell Rock. Цемент производился из мела и глины с острова Sheppey.

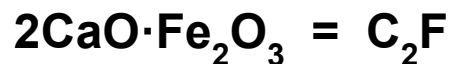
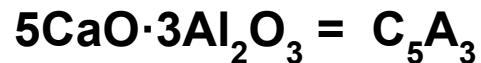
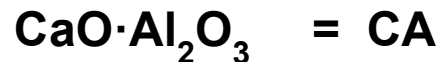


Романцемент

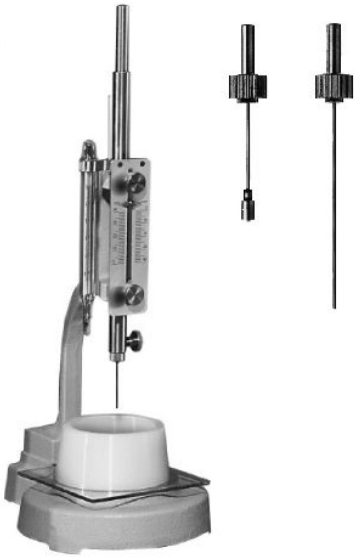
Сырье: известковые или магнезиальные мергели, в которых соотношение между известковой и глинистой частями таково, что в результате **обжига** (1000—1100 °C), не доводящего эти материалы до спекания, получался продукт, в котором почти вся известь связана в силикаты, алюминаты и ферриты кальция (C_2S , CA , C_5A_3 , C_2F).

Такой продукт при смачивании водой не гасится и поэтому превращается в вяжущее вещество исключительно путем **помола**.

Гидравлические свойства романцементов сильнее, чем у гидравлической извести, но слабее, чем у портландцемента. Прочность его в жестком растворе могла достигать 10 МПа.



Портландцемент



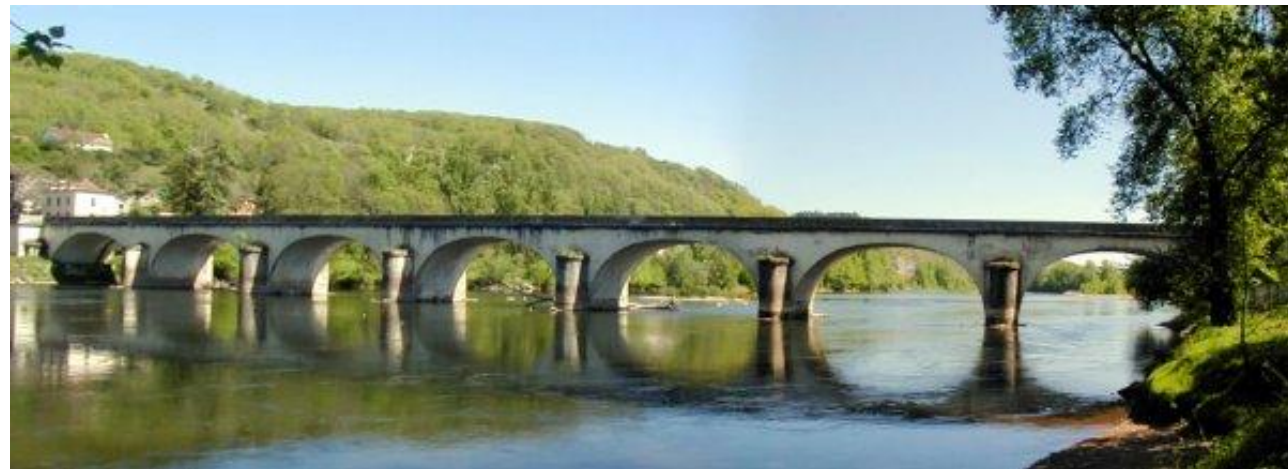
Прибор Вика

Открытие Паркера вызвало множество исследований, среди которых особенно известны труды французского инженера Луи Вика, выяснившего причины гидравличности глинистых известняков. В 1817 он получил портландцемент, но не стал подавать заявку на патент



Луи Вика (1786-1861)

$$i = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + MgO}$$



Pont de Louis Vicat à Souillac

Портландцемент

Компания Паркер и Уайатт вышла из бизнеса в 1846 году , и завод Нортфлит был продан компании Уильяма Аспдина.

Джозеф Аспдин (1778 - 1855) старший из шести детей Томаса Аспдина, каменщик из Лидса, графство Йоркшир, считается изобретателем портландцемента. К 1817 он создал самостоятельный бизнес в центре Лидса. Он, должно быть, экспериментировал с производством цемента в течение следующих нескольких лет, потому что 21 октября 1824 им был получен британский патент ВР 5022 под названием «Улучшение способа производства искусственного камня», в котором он ввел термин "Портландцемент" по аналогии с камнем Портленда, оолитового известняка, который добывается на острове Портленд в Дорсете.

