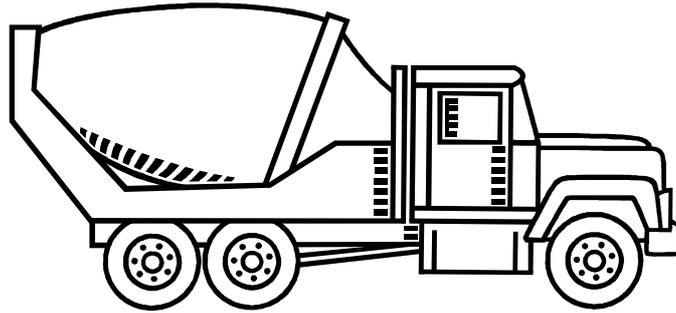


**НЕОРГАНИЧЕСКИЕ
ВЯЖУЩИЕ**



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**НЕОРГАНИЧЕСКИЕ
ВЯЖУЩИЕ**

Методические разработки к курсу лекций по дисциплине
"Строительные материалы"

Тамбов

◆ Издательство ТГТУ ◆
2005

УДК 691(075)
ББК Н30я73-5
Н50

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук, доцент ТГТУ
П.В. Монастырев

Н50 Неорганические вяжущие: Метод. разработки / Авт.-
сост.
О.А. Корчагина. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та,
2005. 32 с.

Представлены основные сведения о сырье, свойствах
и производстве неорганических вяжущих.

Предназначены для студентов 2 – 3 курсов строитель-
ных специальностей и магистрантов.

УДК 691(075)
ББК Н30я73-5

© Тамбовский государственный

технический университет (ТГТУ), 2005

© Корчагина О.А., 2005

Учебное издание

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ

Методические разработки

Автор-составитель

КОРЧАГИНА Ольга Алексеевна

Редактор Т. М. Федченко

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 28.01.2005

Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная

Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 2,00 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 695^М

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета

392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

Сырье: известняк 75 %;
глина 25 % (~ 3 : 1).

- Все виды известняков (известковый мергель, мергель, плотный известняк, мел, глины, глинистые сланцы).

- Глина, с которой вводится в цемент кремнезем SiO_2 , глинозем Al_2O_3 и окись железа Fe_2O_3 .

- Корректирующие добавки, чтобы довести до требуемой нормы содержания того или иного кислотного окисла.

- Для регулирования сроков схватывания после измельчения клинкера в него вводят 3...5 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гипса.

В процессе обжига сырьевой смеси из CaCO_3 удаляется CO_2 , оставшиеся 4 оксида образуют клинкерные минералы.

Содержание оксидов в цементе CaO – 62...68 %; SiO_2 – 21...24 %; Al_2O_3 – 4...8 %; Fe_2O_3 – 2...5 %.

Содержание минералов в портландцементе:

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (алит) <small>трехкальциевый силикат</small>	45...60 %	C_3S
	}	70...80 %
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (белит) <small>двухкальциевый силикат</small>	20...30 %	C_2S
$3\text{CaO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (целит) <small>трехкальциевый алюминат</small>	4...12 %	C_3A
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ <small>четырекальциевый алюмоферрит</small>	10...20 %	C_4AF

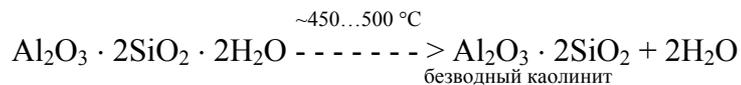
Процессы в печи при обжиге портландцемента

70...200 °C – испарение свободной воды.

зона испарения
(зона сушки)

200...700 °C – выгорание органических примесей и дегидратация

зона подогрева минералов, входящих в состав глин.



700...1100 °C – диссоциация карбонатных солей кальция (и магния).

зона
декарбонизации

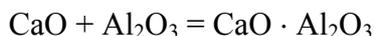


распад дегидратированных глинистых минералов на оксиды SiO_2 , Al_2O_3



которые вступают в химическое взаимодействие с CaO

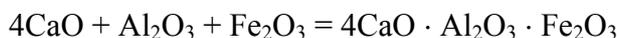
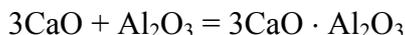




и частично $2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (реакции происходят в твердом состоянии).

1100...1250 °C – твердофазовые реакции образования.

зона экзотермической реакции



1300...1450...1300 °C $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ растворяется в клинкерной жидкости $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и при $t = 1450$ °C взаимодействует с CaO

зона спекания



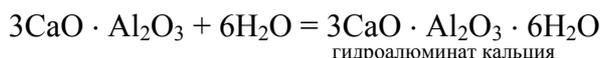
(наличие жидкой фазы обязательно, т.е. обжиг ведут до спекания). CaO свободной в клинкере не больше 0,5...1 %.

1300...1000 °C – полностью формируется его структура и состав.

зона охлаждения

При выходе из печи клинкер интенсивно охлаждается до 100...200 °C и выдерживается на складе 1–2 недели.

Твердение портландцемента



Гипс вводят для замедления схватывания портландцемента.



Образуется труднорастворимый гидросульфалюминат кальция (эттрингит) с увеличением объема вдвое. Заполняя поры цементного камня, эттрингит повышает его механическую прочность и стойкость. Уменьшается количество рыхлых гидроалюминатов кальция.

Из графика (рис. 1) видно, что наиболее быстро набирает прочность C_3S . За 7 суток около 70 % 28-суточной прочности.

C_2S за 7 суток набирает ~15 % своей прочности, но в последующий период твердения его прочность быстро повышается и в какой-то период даже может превысить прочность C_3S .

C_3S гидратируется быстрее чем C_2S .

C_3A быстро гидратируется, но продукты гидратации образуют пористую структуру в отличие от C_3S и C_2S .

Низкая прочность характерна для мономеральной смеси, состоящей из одного минерала C_3A . В полиминеральных смесях C_3A способствует уплотнению коллоидных силикатных масс следовательно повышению прочности цементного камня и скорости его твердения.

C_4AF – занимает промежуточное положение между C_3A и C_2S .

Для получения цемента с умеренной экзотермией клинкер должен содержать относительно небольшое количество C_3S и C_3A .

C_3S – быстрота твердения, прочность 45...60 % в клинкере.

C_2S – медленно твердеет, но прочность высокая 20...30 %.

C_3A – медленно твердеет, вызывает сульфатную коррозию 4...12 %, рыхлый продукт твердения.

C_4AF – твердеет быстрее C_2S , но медленнее C_3S , 10...20 %.

Клинкерное стекло состоит из CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O .

Содержание $CaO < 5\%$; $MgO < 1\%$.

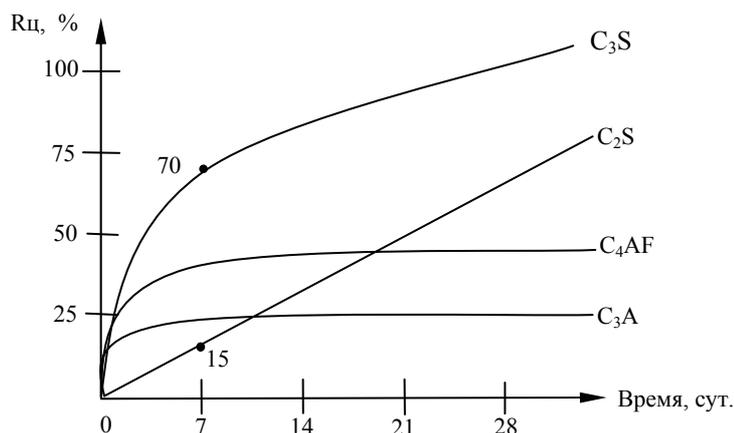


Рис. 1 График нарастания прочности минералов клинкера портландцемента

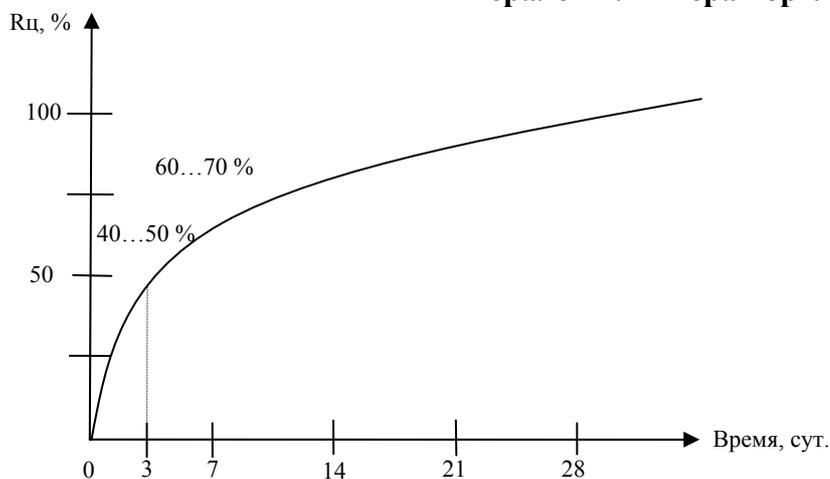


Рис. 2 График нарастания прочности портландцемента

В зависимости от содержания минералов различают цемент: *высокоалитовый* $> 60\%$ C_3S , *алитовый* $50...60\%$ C_3S , *белитовый* $> 35\%$ C_2S , *алюминатный* $> 12\%$ C_3A , *алюмоферритовый* $> 20\%$ C_4AF .

Прочность цемента нарастает неравномерно: в возрасте 3-х суток она достигает $\sim 40...50\%$ марки цемента, а в возрасте 7 суток $\sim 60...70\%$.

В последующий период рост прочности еще более замедляется и к 28 суткам цемент набирает ма-

рочную прочность. Однако при благоприятных условиях твердение портландцемента может продолжаться месяцы и даже годы и в 2–3 раза превысить марочную (28-суточную прочность) (рис. 2).

Прочность цементного камня и скорость его твердения зависит от минералогического состава клинкера, тонкости помола цемента, содержания воды, влажности и температуры среды, продолжительности хранения.

Физические и механические свойства цемента

Плотность: 3...3,2 г/см³ (в зависимости от химического и фазового состава).

Насыпной объемный вес 900...1100 кг/м³ в рыхлом состоянии и 1400...1700 кг/м³ в уплотненном состоянии.

Водопоглощаемость и нормальная густота теста 24...28 % (определяется конусом Вика).

Сроки схватывания

Начало схватывания – начало загустевания теста (не ранее 45 минут).

Конец схватывания – такое состояние теста, когда подвижность его полностью потеряна (не позднее 10 часов).

По срокам схватывания цементы делятся на:

- *быстрохватывающиеся* – начало схватывания менее 45 мин;
- *нормальнотвердеющие* – начало схватывания от 45 мин до 1 часа.
- *медленнотвердеющие* – начало схватывания не ранее 1 часа 30 мин.

Схватывание замедляется с добавлением гипса (из расчета не > 3,5 % считая на содержание SO₃²⁻).

Ускоряется схватывание цементного теста при увеличении содержания в цементе 3CaO · Al₂O₃ и увеличение тонкости помола.

Равномерность изменения объема важное свойство цемента, которое определяется в соответствии с требованиями стандарта.

Тонкость помола влияет на скорость схватывания и твердения, а также на прочность цементного камня. Чем тоньше помол цементного клинкера, тем выше его прочность. Тонкость помола цемента можно определить ситовым анализом и определением его удельной поверхности. Через сито 0,08 см должно проходить не менее 85 % портландцемента.

Теплообразование при схватывании и твердении.

Взаимодействие портландцемента с водой сопровождается выделением тепла. Один килограмм портландцемента выделяет за 7 суток 30...65 ккал тепла в зависимости от марки цемента.

Механическая прочность балочки 40 × 40 × 160 мм: цемент : песок соотношением 1 : 3 (вольский), при водоцементном соотношении не < 0,40, 28 суток хранения в воде. Образцы-балочки испытывают на изгиб, а их половинки на сжатие

$$R_{сж} = \frac{P}{S} \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)},$$

$$R_{изг} = \frac{3}{2} Pl / bh^2 \text{ МПа (кгс/см}^2\text{)}.$$

Предел прочности цементного раствора при сжатии в возрасте 28 суток – называется активностью цемента.

Срок определения марки портландцемента составляет 28 суток, требования к прочности приведены в табл. 1.

Марки 300, 400, 500, 600.

1 Требования к прочности портландцемента

Марка портланд-цемента	Предел прочности через 28 суток в кгс/см ² не менее	
	при изгибе	при сжатии
300	45	300
400	55	400

500	60	500
600	65	600

Состав цементного камня

- Гидросиликаты кальция $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.
- Гидроалюминаты кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
- Гидроокись кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – до 15 % от массы цемента.
- Эттрингит – $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$.
- Гидроферрит кальция – $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Процесс твердение бетона при благоприятных условиях может длиться годами.

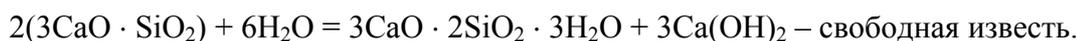
Коррозия цементного камня

Основные факторы коррозии:

- 1 Растворение составных частей цементного камня: выщелачивание $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- 2 Взаимодействие цементного камня с содержащимися в воде кислотами.
- 3 Образование новых продуктов кристаллизующихся в порах цементного камня
- 4 Коррозия цементного камня под действием мягких вод, разрушение напорными водами (увеличение диффузии воды внутри бетона), фильтрация.

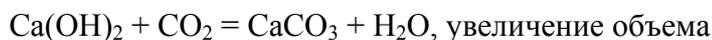
Обычно одновременно протекает несколько видов коррозии.

П р и ч и н ы: механическое разрушение растворение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – максимальная растворимость по сравнению с другими продуктами.



*Разрушение цементного камня углекислыми водами
(углекислотная коррозия)*

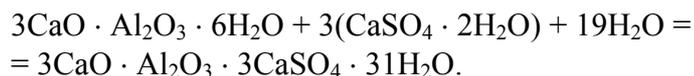
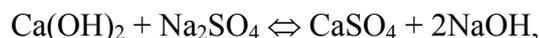
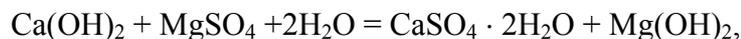
Природные воды часто содержат насыщенную углекислоту



$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – растворимый бикарбонат кальция, вымывается 15...20 мг/л – агрессивен для бетона.

Разрушение цементного камня водами, содержащими сульфаты

Многие природные воды являются минерализованными (особенно морская вода)

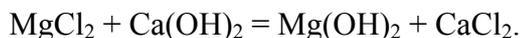


Гидросульфалоюминат кальция вызывает увеличение объема твердой фазы цементного камня, что ведет к возникновению внутренних напряжений в нем, а следовательно разрушение.

В этих целях рекомендуют применять специальные цементы (пуццолановый портландцемент, сульфатостойкий портландцемент) содержащий 1500 мг/л $(\text{SO}_4)^{2-}$, а также необходимо защищать поверхность бетона непроницаемыми покрытиями и увеличивать плотность бетона.

Разрушение цементного камня магниальными водами

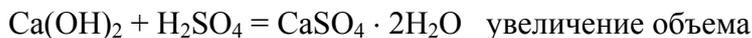
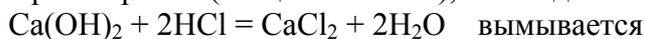
5000 мг/л Mg – агрессивные воды.



$\text{Mg}(\text{OH})_2$ – труднорастворим, осаждается в порах цементного камня в виде порошка, а CaCl_2 вымывается, что вызывает разрушение цементного камня.

Разрушение цементного камня кислыми водами

Помимо растворения (выщелачивания), наблюдается и химическая коррозия



таким образом разрушается портландцемент, пуццолановый и шлакопортландцемент.

Меры борьбы с коррозией

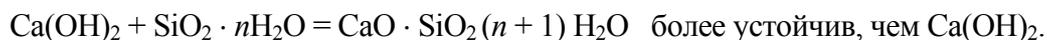
- 1 *Гидроизоляция* – самый надежный и дорогой способ.
- 2 *Изменение минералогического состава клинкера* (уменьшение содержания C_3S)



Для повышения стойкости цемента в сульфатных водах нужно уменьшить содержание CaO до 5 %.

3 *Карбонизация*. При длительном выдерживании на воздухе изделий на их поверхности образуется очень тонкая пленка 5...10 мк, не растворимая в пресной воде и не взаимодействующая с сульфатами.

4 *Пуццоланизация* заключается в введении в состав портландцемента кислых гидравлических добавок, содержащих активный глинозем



В таблицах 2 и 3 приведены основные виды воздушных и гидравлических вяжущих.

2 Воздушные вяжущие

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
1 Воздушная известь СаО			
1 Кальциево-магниево-карбонатные горные породы –	<i>Гашение извести</i> $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + Q,$	Прочность строительных растворов сохраняется только в	Для изготовления строительных растворов и бетонов:

мел, известняки, доломитизированные известняки, доломиты, мергелистые известняки, в которых содержание примесей глины, кварцевого песка и др. не превышает 6 %.

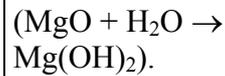
Химический состав сырья

- 1) CaCO_3 не менее 85 %;
- 2) углекислый магний не более 7 %, глинистые вещества;
- 3) $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ не более 8 %.

Обжиг известняка

При обжиге известняка происходит диссоциация CaCO_3 1000...1200 °С

практически



Реакция протекает очень бурно, температура может подняться выше 500 °С.

Негашеную известь называют кипелкой вследствие бурного взаимодействия с водой.

В среднем на гашение 1 кг кипелки расходуется до 2,5 кг H_2O .

По скорости гашения: до 8 мин – быстрогасящаяся, до 25 мин – среднегасящаяся, более 25 мин – медленногасящаяся.

В зависимости от содержания MgO различают следующие виды воздушной извести:

MgO не больше 5 % – кальцевая;
5...20 % – магнезиальная;

воздушно-сухих условиях.

В известковом тесте удерживается до 50 % H_2O .

В строительстве известь выдерживают до полного гашения 10 – 15 дней.

Схватывание молотой негашеной извести происходит в течение 30...60 мин. Изделия из негашеной молотой извести отличаются несколько большей плотностью, прочностью и водостойкостью, чем другие виды извести.

В чистом виде известь в строительстве никогда не применяют, а используют в смеси с песком, роль

ячеистых, мягких, тяжелых, для каменной кладки надземных сооружений и для штукатурки. Известь также применяют для производства силикатного кирпича, известково-зольных вяжущих веществ, которые используют для получения кладочных известково-зольных растворов или автоклавного мелкозернистого бетона, различных изделий

Продолжение табл. 2

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и тверде- ние	Свойства	Применение
-------------------	------------------------------	----------	------------

<p>$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ 800...900 °С <i>теоретически</i></p> <p>Полученный продукт в кусках обладает высокой пористостью.</p> <p>CaO – белое комовое вещество называется комовой или негашеной известью.</p> <p>Продукт обжига содержит также небольшое количество MgO. Для обжига используют шахтные и вращающиеся печи</p>	<p>20...40 % – доломитовая.</p> <p><i>Твердение извести</i></p> <p>Известь твердеет очень медленно, показывает невысокую прочность и дает большую усадку.</p> <p>3 стадии твердения</p> <p>1) Во время высыхания извести уплотняется гидрат окиси кальция, уменьшается расстояние между частицами.</p> <p>2) Переход из коллоидных систем в кристаллические образования и возникновение из них кристаллических сростков в виде $\text{Ca}(\text{OH})_2$.</p> <p>3) <i>Карбонизация</i> извести с образованием кристаллических сростков из кристаллов карбоната кальция CaCO_3.</p> <p>$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.</p> <p>Карбонизация протекает очень медленно только в условиях влажной среды и в поверхностном слое раствора</p>	<p>которого заключается в создании устойчивого скелета, предупреждающего большую усадку, в облегчении выделения воды.</p> <p>Выпускают 2 сорта извести.</p> <p>1 – известь негашеная комовая или молотая (кальциевая) должна содержать MgO не больше 5 %, а время ее гашения; не должно превышать 20 мин</p> <p>2 – известь гидратная (пушонка или тесто) должна содержать CaO + MgO не менее 67...55 %, в извести гидратной с добавками не менее 50...40 %, влажность извести гидратной не больше 5 %</p>	<p>1 сорт. Известь негашеная комовая или молотая применяется для производства автоклавных изделий.</p> <p>2 сорт. Молотая известь-кипелка по химическому составу подобна исходной комовой извести.</p> <p>При ее помоле разрешается вводить тонкомолотые минеральные добавки (шлаки, золы, песок, пемзу, известняк и др.), которые улучшают свойства таких смешанных известковых вяжущих</p>
---	---	--	--

Продолжение табл. 2

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
<p align="center">2 Строительный гипс (β-модификация) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$</p> <p>$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – природный двухводный гипс</p> <p><i>обжиг гипса</i></p> <p align="center">110...190 °С</p> <p>$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$</p> <p>полугидрат сульфата кальция</p> <p>низкообжиговое вяжущее</p> <p>Сопутствующие компоненты: CaSO_4 – ангидрит, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гипс</p>	<p>Этапы схватывания</p> <p><i>1 – период схватывания</i> – время от начала затворения гипсового теста до полной потери им пластичности;</p> <p><i>2 – период твердения</i> – переход теста в камневидное состояние с постепенным нарастанием прочности</p> <p>$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + Q$.</p> <p>Так как растворимость $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ больше, чем $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, создаются условия для</p>	<p>Свойства</p> <p><i>1 Тонкость помола</i> Три степени помола:</p> <p>I – грубый (остаток на сите 0,2 мм, не больше 30 %)</p> <p>II – средний (не больше 15 %)</p> <p>III – тонкий (не больше 2 %)</p> <p><i>2 Водопотребность</i></p> <p>β-гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) имеет повышенную водопотребность (60...80 %</p>	<p>G-2 до G-7 применяют для изготовления гипсовых деталей и гипсобетонных изделий – перегородочных панелей, сухой штукатурки и для приготовления штукатурных растворов (получения гипсоцементно-пуццолановых вяжущих ГЦПВ).</p> <p>Так как гипс при твердении увеличивается в объеме, его широко используют для изготовления архитектурных деталей способом</p>

образования в растворе зародышей кристаллов дигидрата Са. Изделия сушат при температуре 60...70 °С, что повышает прочность изделий	Н ₂ О), следовательно, гипсовый камень имеет высокую пористость и низкую прочность. <i>3 Нормальная плотность гипсового теста</i>	литья. <i>Г-5 до Г-25 (формовочный гипс) применяют для изготовления форм фарфорофаянсовых и керамических изделий</i>
---	---	---

Продолжение табл. 2

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
3 Высокопрочный гипс (α-модификация) $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$			
<p>1 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – природный двухводный гипс</p> <p><i>обжиг гипса под давлением</i></p> <p style="text-align: right;">124°C</p> <p>2 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$</p> <p style="text-align: center;">α-модификация</p> <p>Давление не больше 1,3 атм.</p> <p>Температура 124°C</p>	<p>По срокам схватывания гипсового теста стандартной консистенции выпускают:</p> <p><i>А – быстротвердеющие</i> (начало схватывания не ранее 2 мин, конец – не позднее 15 мин)</p> <p><i>Б – нормальнотвердеющие</i> (начало схватывания не ранее 6 мин, конец – не позднее 30 мин)</p> <p><i>В – медленнотвердеющие</i> (начало схватывания не ранее 30 мин, конец – не нормируется).</p>	<p>Водопотребность α-модификации 40...45 % H_2O. Высокая плотность и прочность.</p> <p>Марку определяют через 2 часа после изготовления образцов-балочек $40 \times 40 \times 160$ мм.</p> <p>Марки: Г-2 до Г-25.</p> <p>Например: Г-5-А-П – гипсовое вяжущее марки 5, быстротвердеющее, среднего помола.</p> <p>При твердении гипсовый раствор немного</p>	<p>Изготавливают элементы стен, камни для стен, сборные перегородки</p>

Замедлители схватывания – животный клей, ЛСТ, образующие на частицах гипса адсорбционную пленку	увеличивается в объеме($\approx 1\%$) $R_{изг} 1,2...8$ МПа $R_{сж} 15...25$ МПа
---	--

Продолжение табл. 2

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
4 Высокообжиговый гипс CaSO₄			
<p>1 CaSO₄ · 2H₂O – гипс, CaSO₄ – ангидрит.</p> <p><i>обжиг 600...900 °С</i></p> $CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O.$ <p>CaSO₄ частично подвергается термической диссоциации с образованием CaO.</p> $CaSO_4 \rightarrow CaO + SO_3 \uparrow$ <p><i>частично.</i></p> <p>2 Можно получать и без обжига – помолом природного ангидрита с активизаторами твердения (известь, обожженный доломит)</p>	<p>CaO играет роль активизатора вяжущего с водой.</p> <p>Медленнее, чем строительный гипс схватывается и твердеет.</p> $CaSO_4 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$	<p>Водостойкость и прочность на сжатие выше, чем у строительного гипса (10...20 МПа)</p>	<p>1 При устройстве бесшовных полов.</p> <p>2 Для штукатурки и кладки.</p> <p>3 Для изготовления искусственного мрамора.</p> <p>4 Для изготовления теплоизоляционных материалов</p>

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
5 Каустический магнезит MgO (магнезиальные вяжущие)			
MgCO ₃ – магнезит обжиг $t = 750...850$ °C $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 \uparrow$	$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$ реакция протекает очень медленно. При затворении водой происходит также образование $3MgO \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ гидрооксихлорид магнезии Магнезиальные вяжущие затворяют растворами солей	Каустический магнезит хорошо твердеет только при положительных температурах (не ниже 12 °C). Он является очень гигроскопичным материалом, может гидратироваться вследствие поглощения влаги из воздуха. Магнезиальные вяжущие Марки 400, 500, 600 кг/м ³ (до 1000 кг/см ² , т.е. 100 МПа)	Применяют для изготовления ксилолита, фибролита, пеномагнезита, штукатурных растворов, искусственного мрамора и некоторых теплоизоляционных материалов

6 Каустический доломит MgO + CaCO₃			
1 CaCO ₃ · MgCO ₃ – доломит обжиг 650...800 °C 2 CaCO ₃ · MgCO ₃ → MgO + CO ₂ ↑ + CaCO ₃ CaCO ₃ при этом не разлагается, вследствие чего он по качеству уступает магнезиту. CaCO ₃ является инертным балластом, что снижает вяжущую активность каустического доломита	Магнезиальные вяжущие затворяются растворами солей	Хорошо сцепляются с органическими заполнителями (древесные опилки и стружки), причем последние не подвергаются разложению и разгниванию	Заменитель более дорогого каустического магнезита

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
7 Растворимое стекло Na₂O · nSiO₂, (K₂O · nSiO₂)			
Чистый кварцевый песок, сода Na ₂ CO ₃ или Na ₂ SO ₄ , K ₂ CO ₃ – поташ. Получают сплавлением кварцевого песка с содой при	Твердение происходит только на воздухе, где под действием CO ₂ силикат натрия разлагается по реакции $Na_2O \cdot nSiO_2 + CO_2 + mH_2O = Na_2CO_3 +$	Раствор жидкого стекла, поступающего на строительство, содержит 50...70 % H ₂ O, и имеет плотность 1,3...1,5 г/см ³ .	Натриевое жидкое стекло: для получения силикатных огнезащитных красок, предохранения материалов от выветри-

<p>температуре 1300...1400 °С. Образовавшийся расплав при быстром охлаждении распадается на стекловатые полупрозрачные куски, называемые силикат-глыбой</p>	<p>$n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ – гель кремнеземистой кислоты и который об- ладает вяжущими свойствами, т.е. клеящей способно- стью, причем упрочня- ется при его высыхании. Силикаты Na и K в во- де подвергаются гид- ролизу</p> $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} =$ $= 2\text{NaOH} +$ $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<p>Для ускорения твер- дения жидкого стекла к нему добавляют кремнефтористый натрий Na_2SiF_6, ускоряющий выпаде- ние геля кремневой кислоты и гидролиз жидкого стекла</p>	<p>вания, получения кислотоупорного цемента, жароупор- ного и кислото- упорного бетона, а также для уплотне- ния грунтов (сили- катизация). Калиевое жидкое стекло более доро- гое и применяют его в силикатных красках</p>
---	--	---	---

Окончание табл. 2

1 Сырье / 2 Обжиг	Схватывание и твердение	Свойства	Применение
8 Кислотоупорный цемент			
Совместный помол чистого кварцевого песка и кремнефтористого натрия Na_2SiF_6	Затворяют кислотоупорный цемент водным раствором жидкого стекла, которое и является вяжущим веществом. Схватывание 0,3...0,8 часов.	Растворы и бетоны, приготовленные на кислотоупорном цементе, обладают высокой стойкостью против действия большинства минеральных и органических кислот, но теряют прочность в воде и	Для изготовления кислотостойких растворов, бетонов и замазок. При этом используют кислотостойкие заполнители: кварцевый песок, гранит, андезит

разрушаются в едких щелочах.
 $R_{сж} = 30 \dots 40$ МПа
(т.е. 300, 400 кгс/см²)
Кислотостойкость не менее 93 %

3 Гидравлические вяжущие

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
1 Портландцемент (П/Ц)			
<p><i>Сырье:</i></p> <p>1) известняк 75 % и глина 25 % (3 : 1)</p> <p>2) корректирующие добавки, чтобы довести до требуемой нормы содержание того или иного кислотного окисла.</p> <p>Температура обжига ≈ 1450 °С</p> <p>3) после обжига в клинкер вводят 3,5 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (считая на SO_3) } 70...80 %</p> <p><i>Состав клинкера</i></p> <p>$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – алит 45...60 %</p> <p>$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – белит 20...35 %</p> <p>$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ – целит 4...12 %</p> <p>$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ – 10...18 %</p>	<p><i>Состав цементного камня:</i></p> <p>1 Гидросиликаты кальция $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.</p> <p>2 Гидроалюминаты кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.</p> <p>3 Гидроокись кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2 \approx 15$ %.</p> <p>4 Гидросульфат алюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.</p> <p>5 При пропаривании и автоклавной обработке $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.</p> <p>Начало схватывания – не ранее 45 мин.</p> <p>Конец – не позднее 10 часов</p>	<p>М 300, 400, 500, 600</p> <p>Марку определяют на 28 суток. К 3 суткам – прочность 30...35 %, к 7 суткам – 60...70 %.</p> <p>Морозостоек.</p> <p>В условиях правильной эксплуатации твердение портландцемента может продолжаться месяцы и годы, и в 2–3 раза превысить марочную прочность.</p> <p><i>Недостаток:</i> выделяющийся при твердении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вызывает коррозию портландцемента</p>	<p>Самый общепризнанный, прогрессивный и универсальный</p>

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
---	--	----------	------------

2 Быстротвердеющий портландцемент (БТЦ)

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 80 \dots 85 \%$ алит $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 10 \dots 15 \%$ Обжиг ведут при более высокой температуре, чем у портландцемента, т.е. это высокоалитовый цемент	Тонкость помола. Регулируют состав введением добавок: до 10 % – активных минеральных добавок, до 15 % – доменных гранулированных шлаков	Интенсивное нарастание прочности в 1–3 сутки (больше половины марочной прочности), конец – 28 сут. М 400, 500, 600 и выше. Марку определяют на 3 и 28 сутки	Монолитные конструкции, высокопрочные и предварительно напряженные ж/б изделия, где требуется ускоренное твердение бетона. Сборные конструкции с повышенной отпускной прочностью. Не рекомендуется использовать для строительных растворов
---	--	--	---

3 Высокопрочный портландцемент (ОБТЦ)

Состав тот же, что и БТЦ, но при помоле добавляют до 5 % опоки. C_3S до 65...68 % C_3A до 18 %	Более высокая тонкость помола. Остаток на сите 008 не менее 7 %	Отличается более высокой прочностью, чем БТЦ. М 600, 700, 800. Снижает расход цемента на 15...20 %	Аварийно-восстановительные работы: бетоны, к которым предъявляют высокие требования по прочности и скорости начального твердения, при зимних бетонных работах
--	---	--	---

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
---	--	----------	------------

4 Белый портландцемент

То же, что и у П/Ц (портландцемента), имеющее минимальное содержание окрашенных оксидов Fe, Mn, Cr, Ti. Чистые известняки, мел, мраморы, белые	Температура обжига на 100 °С меньше, чем у П/Ц, следовательно состоит в основном из белита. $\text{C}_3\text{S} = 42 \dots 44 \%$	Важнейшие характеристики белого Ц – тонкость помола, степень белизны (3 сорта). М 300, 400, 500 Свойства те же, что	Бетоны и растворы для архитектурно-отделочных работ
--	--	---	---

каолиновые глины	$C_2S = 35...37 \%$ $C_3A = 14...15 \%$ $C_4AF < 3 \%$	и у П/Ц	
5 Цветные цементы			
То же, что и белый П/Ц + пигменты. Допускается введение в состав клинкера до 6 % белого диатомита	<i>Добавки:</i> кобальт – коричневый, хром – желто-зеленый, марганец – голубой, бархарно-черный. Содержание минеральных пигментов не больше 15 %, а органических не больше 0,3 %. Минеральные красители – охра, сажа, ультрамарин	Те же, что и у П/Ц	Ценный декоративный материал

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства доба- вок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
---	--	----------	------------

6 Пластифицированный портландцемент

П/Ц клинкер + <i>добавки</i> 1 Пластифицирующие ПАВ 2 Сульфитно-дрожжевая бражка СДБ 3 Сульфитно-спиртовая барда ССБ Дозировка 0,15...0,25 % по массе цемента, считая на сухое вещество	Повышенная подвиж- ность и пластичность. Уменьшается расход во- ды → → увеличивается прочность, морозостой- кость, водонепроницае- мость	Цементы имеют повышенную пла- стичность и удобо- укладываемость, повышенную морозостойкость (Мрз)	Что и обычный П/Ц, в особенно- сти в конструк- циях подвергаю- щихся попере- менному замораживанию и оттаиванию
--	--	---	--

7 Гидрофобный П/Ц

Получают введением гид-	Гидрофобные добавки	Пониженная гигро-	Цемент покрыт
-------------------------	---------------------	-------------------	---------------

рофобизирующих добавок. Асидол, асидол-мылонафт, олеиновая кислота, окисленный петролиум. 0,06...0,3 % от массы Ц в пересчете на сухое вещество. Гидрофобные добавки являются и пластифицирующими	увеличивают воздухоудержание на 3...5 % (абсолютных) выше, чем П/Ц – пенообразующая способность. Лучше сохраняют свою активность при хранении	скопичность при хранении, повышенная подвижность и удобоукладываемость. Такие цементы являются и пластифицирующими	пленкой, которая сдвигается только при перемешивании с заполнителями
---	---	--	--

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
8 П/Ц для дорожных и аэродромных покрытий			
Рекомендуются следующие цементы: 1 П/Ц 2 Пластифицирующий П/Ц 3 Гидрофобный П/Ц Повышенное содержание C_3S , C_3A не более 10 %	Начало схватывания не ранее двух часов. <i>Добавки:</i> только 15 % гранулированного доменного шлака. Нельзя вводить инертные и активные добавки. М 300, 400	Должен характеризоваться повышенной прочностью на изгиб, деформативной способностью, повышенной плотностью и морозостойкостью, малой усадкой, высокой прочностью на удар, малой истираемостью	Для изготовления дорожных и аэродромных покрытий
9 Сульфатостойкий П/Ц			
В основном C_2S (белит) $C_3S < 50\%$, $C_3A < 5\%$, $C_3A + C_4AF < 22\%$, т.е. пониженное содержание C_3A . Отличается повышенным содержанием SiO_2 и пониженным содержанием Al_2O_3	Начало схватывания не ранее 45 мин, конец – не позднее 12 часов. Возможно введение пластифицирующих и гидрофобизирующих добавок для повышения морозостойкости	Замедленное твердение в начальные сроки и низкое тепловыделение (больше C_3A и C_3S). М 300, 400. <i>Недостаток:</i> низкая морозостойкость. <i>Не допускается</i> введение инертных и активных минеральных добавок	Конструкции из сульфато- и морозостойкого бетона. Для бетонов, работающих в минерализованных и пресных водах. Для бетонных и ж/б конструкций наружных зон гидротехнических сооружений, систематического увлажнения (и высыхания)

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства доба- вок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
10 Тампонажный П/Ц			
Цемент с повышенным содержанием C_3S и пониженным содержанием C_3A ($< 6\%$) для замедления схватывания	В пространство между обсадной трубой и породой нагнетают цементный раствор без песка с большим количеством воды 40...60%. Температура в скважине 40...110 °С. Сроки схватывания; начало – не ранее 1 ч. 45 мин, конец – не позднее 4 ч 30 мин	40...60 % воды замедляет схватывание и снижает прочность бетона	Предназначен только для тамповирования (цементирования) нефтяных и газовых скважин, которое необходимо для изоляции их от грунтовых вод ($t = 20...75\text{ °C}$)

11 Пуццолановый П/Ц

<i>Состав</i>	<i>Твердение</i>		
1) П/Ц клинкер; 2) Гипс (до 3,5 %, считая на SO_3); 3) Активные минеральные добавки Вулканические: обожженные глины, глинки, топливные золы 20...40 % от массы Ц. Осадочные: диатомиты, трепелы 20...30 % от массы Ц	1) Гидратация 2) Взаимодействие активной минеральной добавки с $Ca(OH)_2$ $Ca(OH)_2 + SiO_2 \cdot (n - 1)H_2O =$ $= CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ гидросиликат Ca (нерастворимый). Объем увеличивается, что уплотняет бетон	Водопотребность цемента с плотными и твердыми добавками такая же, как у П/Ц, а у Ц с пористыми добавками выше. Более водостоек, чем П/Ц. М 300,400 <i>Недостаток:</i> пониженная воздухо- и морозостойкость	Сульфатостойкие бетоны. Стоек в сульфатных водах, так как в цементном камне почти отсутствует CaO и C_3A и C_4AF Для подводных и подземных бетонных и железобетонных сооружений

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства доба- вок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
Для ускорения твердения увеличивают содержание C_3S и C_3A , увеличивают степень помола, количество гипса и вводят $CaCl_2$. "Пуццоланы" – это все виды активных минеральных добавок	$C_2S \rightarrow CS + Q$ $C_3A \rightarrow C_2A + Q$ с повышением концентрации CaO		<i>Не рекомендуется применять при твердении на воздухе, а также в условиях изменения температуры и влажности, т.е. при зимних бетонных</i>

			работах
12 Шлакопортландцемент			
<p>1) П/Ц клинкер 30...60 % 2) доменный гранулированный шлак 20...80 % от массы готового продукта 3) гипс до 5 % 15 % шлака допускается заменять природными гидравлическими добавками (трепел, диатомит и др.) Добавки осадочного происхождения до 10 %. Прочего происхождения, включая глиежи до 10 %</p>	<p>Доменные шлаки – отход производства. Отличительная особенность – способность этих шлаков к самостоятельному водному твердению. Пригоден метод пропаривания. Состав CaO, SiO₂ и Al₂O₃ 90...95 %. При твердении образуются низкоосновные гидросиликаты CaO · SiO₂ · 2,5H₂O и гидроалюминаты CaO · Al₂O₃ · 8H₂O</p>	<p><i>Преимущества:</i> высокая химическая стойкость и жаростойкость, небольшая водопроницаемость, малые объемные деформации, морозостоек. Шлак не содержит гидратной воды. <i>Недостаток:</i> медленно набирает прочность в первое время твердения. М 300,400,500</p>	<p>Сульфатостойкие бетоны. Гидротехническое строительство. Конструкции, подверженные частому увлажнению и высыханию. Для приготовления строительных растворов. Для изготовления жаростойких бетонов</p>

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
13 Известково-шлаковый цемент			
<p>Совместный помол:</p> <p>1) доменных гранулированных шлаков;</p> <p>2) воздушной гашенной и негашеной известью 10...30 % и гипсом до 5 %</p>	<p>Шлак – низкоосновные алюминаты и силикаты способствуют гидратации и образованию высокоосновных гидроалюминатов и гидросиликатов Са. Гипс взаимодействует с С₃А, образуя эттрингит. Сроки схватывания: начало – не ранее 1,5...4 ч, конец – не позднее 4...8 ч. Основные доменные шлаки в отличие от кислых могут медленно</p>	<p>Медленно схватывается и твердеет. Стойкий в пресной и сульфатной воде. М 50,100, 150, 200. Прочность повышается при использовании основных шлаков М₀ > 1. При применении высококачественных шлаков, извести-кипелки и</p>	<p>В бетонах низких марок, в строительных растворах, в изделиях с тепло-влажностной обработкой</p>

	затвердевать без добавления извести	при более тонком помоле может иметь марки 250 и 300	
--	-------------------------------------	---	--

14 Известково-пуццолановый цемент

Совместный помол: 1) 10...20 % П/Ц; 2) 15...30 иногда до 50 % и более – воздушная из- весть; 3) 30...70 % активная минеральная добавка; 4) гипс (до 5 %)	$m\text{CaO} + \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – активный кремнезем $m\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – обладает гидравлическими свойствами. <i>Схватывание:</i> начало – не ранее 5...8 ч, конец – не позднее 20...30 ч	М 25, 50, 100, 150. Недостаточно морозостойки. Образующиеся низкоосновные гидросиликаты Са на воздухе в сухих условиях иногда способны выветриваться и дегидратироваться	В бетонах низких марок, для подводных и подземных сооружений, в изделиях с тепловлажностной обработкой. <i>Не рекомендуется</i> использовать при пониженных температурах, при изменении морозостойкости и влажности
---	---	---	---

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
--------------------------------------	---	----------	------------

15 Глиноземистый цемент

Известняк до 45 %, Боксит – 55 % (до 80...85 % Al_2O_3), в основном алюминаты Са. Глиноземистый цемент состоит: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ – шпинель, не гидратируется и не твердеет, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (геленит), $6\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. <i>Талюм</i> – разновидность глиноземистого цемента, полученного спеканием сырьевой массы с высоким содержанием окиси Al	$2(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ – глиноземистый цемент $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + \text{Al}(\text{OH})_3 + 9\text{H}_2\text{O}$. и далее реакция протекает очень быстро. Освободившаяся вода вступает во взаимодействие с непрореагировавшими частицами цемента, что вызывает выделение новых кристаллов гидроалюмината кальция и геля глинозема. Количество связанной воды составляет 30...45 % от массы Ц, что значительно больше, чем у П/Ц. Сроки схватывания: начало – не ранее 30 мин, конец – не позднее 12 ч. В присутствии щелочи цемент разрушается, поэтому его нельзя смешивать с П/Ц	Быстротвердеющие (но нормально схватывающиеся) и высокопрочные вяжущие. Алюминаты Са придают цементу способность приобретать высокую прочность в очень короткие сроки (12...24 ч). За 1-ые сутки – 90 % марочной прочности, за 3 суток – 100 % $R_{28\text{Ц}}$. Марку определяют на 1 и 3 сутки. М 400, 500, 600. Пористость меньше, чем у П/Ц, плотность больше, не выделяет $\text{Ca}(\text{OH})_2$ → повышенная стойкость в пресной и сульфатной воде	В аварийных работах, для тампонирувания трещин, для изготовления жароупорного бетона (футеровочного бетона). Глиноземистый цемент используется для получения расширяющихся цементов. <i>Нельзя</i> применять во влажных условиях при температуре больше 25 °С, изделия на этом цементе нельзя пропаривать. <i>Талюм</i> применяют для приготовления огнеупорных растворов и бетонов, стойких к действию температуры до 1800 °С
--	---	---	--

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
		<i>Недостаток:</i> высокая стоимость, отсутствие нарастания прочности в отдаленные сроки твердения и даже возможно снижение прочности на 50...60 % в возрасте 15 – 20 лет	

16 Гипсоглиноземистый цемент

Совместный помол высокоглиноземистых доменных шлаков и гипса	Быстротвердеющее вяжущее. Обладает свойством расширения при твердении в воде, при твердении на воздухе он проявляет безусадочные свойства	М 300, 400, 500, которую определяют на 3 сутки. <i>Недостаток:</i> нельзя использовать в конструкциях, работающих при температуре больше 80 °С	1) Для безусадочных и расширяющихся водонепроницаемых растворов и бетонов. 2) Для заделки стыков, зачеканки швов и раструбов. 3) Для замоноличивания сборных конструкций и т.д.
--	---	---	---

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
17 Расширяющийся П/Ц (РПЦ)			
Совместный помол: 1) П/Ц клинкер 58...63 %;	Преобладает $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3$	М 400, 500, 600. Цемент обладает	В конструкциях, где недопустимы

<p>2) Высокоглиноземистые шлаки 5...7 %;</p> <p>3) Гипс 7...10 %;</p> <p>4) Активные гидравлические добавки 23...28 %.</p> <p>Для замедления схватывания вводят буру, СДБ и др.</p>	<p>1Н₂О – этtringит.</p> <p>Способен в процессе схватывания и твердения во влажных условиях несколько увеличиваться в объеме или не уменьшаться в объеме на воздухе.</p> <p>Сроки схватывания: начало – не ранее 4 мин, конец – не позднее 10 мин</p>	<p>высокой плотностью и водонепроницаемостью. Бетоны на таком цементе морозо- и коррозионностойки, при пропаривании интенсивно набирают свою прочность</p>	<p>усадочные деформации и нарушения монолитности. Для заделки стыков в водонепроницаемых конструкциях.</p> <p>Применяется в изделиях с тепловлажностной обработкой</p>
---	--	--	--

18 Напрягающийся цемент

<p>Тонкий совместный помол.</p> <p>1) П/Ц клинкер 65...70 %</p> <p>2) Глиноземистый шлак 16...20 % (глиноземистый цемент)</p> <p>3) Гипсовый камень ≈ 20 %</p> <p>1): 2): 3) – 70: 15: 15(%)</p>	<p>Раствор из него, расширяясь до 2,5 % во времени вызывает напряжение (натяжение) арматуры ж/б конструкций. Смесь цемента с песком подвергают частичной гидротации, т.е. предварительно ув-</p>	<p>Быстротвердеющий и быстросхватывающийся цемент.</p> <p>Этtringит, образующийся при начальном твердении 1–3 сут. Вызывает равномерное</p>	<p>Монолитные и сборные ж/б конструкции, в которых арматура получает предварительное напряжение благодаря расширению</p>
---	--	---	--

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства до- бавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
	лажняют небольшим количеством воды и перемешивают. Сроки схватывания: начало – не ранее 30 мин,	расширение цементной системы, так как цементный камень не успел превратиться в прочное хрупкое тело и обладает пластиче-	бетона. При этом арматура натягивается и бетон обжимается без нарушения сцепления между ними, т.е. самонапряженные конструкции.

	конец – не позднее 8 ч	скими деформациями. <i>Преимущества:</i> безусадочность, высокая плотность, водо- и газонепроницаемость	В производстве бетонных труб. Полы промышленных зданий. Покрытия аэродромов
--	------------------------	---	---

19 Гипсоглиноземистый расширяющийся цемент

Помол: 1) 70 % высокоглиноземистого шлака; 2) 30 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Твердение обусловлено образованием этtringита. Сроки схватывания: начало – не ранее 20 мин, конец – не позднее 4 ч	Быстротвердеющий М 400, 500.	1) Для безусадочных и расширяющихся водонепроницаемых растворов и бетонов. 2) Для заделки стыков, зачеканки швов и растресковок. 3) Для замоноличивания сборных конструкций и т.д.
---	--	------------------------------	--

Продолжение табл. 3

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
--------------------------------------	---	----------	------------

20 Водонепроницаемый цемент

Помол и смешивание: 1) Глиноземистого цемента; 2) Природного гипса; 3) Высокоосновного алюмината Са	Сроки схватывания: начало – не ранее 4 мин, конец – не позднее 10 мин	Быстротвердеющий и быстротвердеющие вяжущие. М 500. Прочность через 6 ч $\approx 70 \text{ кгс/см}^2$	Для гидроизоляции и герметизации стыков элементов конструкций в подземном и подводном строительстве, при восстановительных работах
--	--	--	--

21 Фосфатные цементы

Получают затворением порошков оксидов, гидроксидов, солей сильных кислот или порошков стекол фосфорной кислотой	Взаимодействие фосфорной кислоты с порошком цемента может протекать иногда очень бурно, что мешает формированию камня. Поэтому подбирают тип реакции, обеспечивающий спокойный характер взаимодействия Me , MeO , $\text{Me}(\text{OH})_2$ и солей кислот	Полученный камень имеет высокую прочность, жаростойкость, высокие тепловые и электрические свойства. Цементная паста обладает высокой адгезией к металлам, керамике, стеклу	
---	---	---	--

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
22 Гидравлическая известь			
<p>Мергелистые известняки, т.е. известняки, находящиеся в тесной природной смеси с 6...25 % глины. В П/Ц глины $\approx 25\%$</p> $m = \frac{\% \text{CaO}}{\% (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)}$ <p>гидравлический модуль если $m = 4,5 \dots 9$ – слабогидравлическая известь $m = 1,7 \dots 4,5$ – сильногидравлическая известь</p>	<p>Обжигаемый материал не доводят до спекания, т.е. в нем нет жидкой фазы. При температуре 1000...1100 °С образуются: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, так как в исходном сырье присутствуют соединения железа. Чем меньше количество свободной окиси кальция, тем быстрее она твердеет и тем выше ее прочность</p>	<p>По прочности и степени гидравлическости значительно уступает П/Ц. Прочность слабогидравлической извести низкая, на 28 сутки не менее 17 кгс/см². Сильногидравлическая известь достигает прочности 50...100 кгс/см²</p>	<p>Для приготовления кладочных растворов, бетонов низких марок</p>
23 Романцемент			
<p>Тонкий помол обожженных <i>не до спекания</i> чистых и доломитизированных мергелей, содержащих не меньше 25 % глинистых примесей. Для регулирования свойств в романцемент вводят активные минеральные добавки и гипс.</p>	<p>В романцементе вся окись кальция должна быть связана в силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Сроки схватывания: начало – не ранее 15 мин, конец – не позднее 24 ч</p>	<p>Медленнотвердеющее вяжущее. М 25, 50, 100, 150. Через 7 суток предел прочности вдвое меньше, чем у П/Ц. Отличается от гидравлической извести</p>	<p>Для изготовления бетонов низких марок и растворов, для штукатурных работ. Для производства стеновых камней и мелких блоков, особенно с применением</p>

Сырье. Изготовление. Состав клинкера	Твердение цементного камня. Свойства добавок. Сроки схватывания	Свойства	Применение
$m = 1,1 \dots 1,7$ гидравличе-		большой стойко-	ем термообработки

ский модуль		стью во влажных условиях и при переменном увлажнении и высушивании. В сухих условиях их стойкость ниже, чем у растворов и бетонов на гидравлической извести	паром. Не допускается применение для изготовления ж/б изделий и конструкций
-------------	--	---	--

24 Кислотоупорные цементы

Смесь кварцевого песка и кремнефтористого натрия затворяют водным раствором силиката Na и K	$\text{Na}_2\text{SiF}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 6\text{NaF} + 3\text{Si}(\text{OH})_4$ гель кремнекислоты является клеящим продуктом	Устойчивы в большинстве органических и минеральных кислот	Для изготовления кислотоупорной замазки. Для растворов и бетонов
---	--	---	---

25 Нефелиновый цемент

Совместный тонкий помол высушенного нефелинового (белитового) шлама 85 %, извести 15 %, гипса 5 %	Твердение при автоклавной обработке при 9 атмосферах в течение 8 ч	$R_{\text{сж}} - 200 \dots 400 \text{ кг/см}^2$ $R_{\text{изг}} - 50 \dots 60 \text{ кг/см}^2$ Нефелин содержит 25...30 % и 50...55 % CaO	Для изготовления изделий с автоклавной обработкой
---	--	---	---