

2.12 Неорганические (минеральные) вяжущие материалы

Неорганическими вяжущими веществами называют тонкоизмельченные порошкообразные минеральные материалы, которые при затворении водой (или водными растворами некоторых солей) образуют пластичное тесто, способное со временем затвердевать под влиянием внутренних физико-химических процессов и переходить в камневидное состояние.

Неорганические вяжущие вещества являются продуктами обжига определенного минерального сырья.

В зависимости от условий твердения вяжущего и области применения, различают воздушные, гидравлические вяжущие вещества, а также вещества автоклавного твердения.

2.13 Определение, классификация. Общие требования к минеральным вяжущим материалам

Воздушные вяжущие вещества.

Эти вяжущие вещества, будучи смешаны с водой, могут твердеть и длительно сохранять прочность только в воздушно-сухой атмосфере.

К воздушным вяжущим относятся: воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие, а также жидкое стекло, которое, как исключение из общего числа вяжущих, не относится к порошкообразным материалам.

Гипсовые вяжущие вещества.

Гипс, как воздушная известь, известен давно. Так, например, пирамида Хеопса в Египте (одно из семи чудес света) была построена более 4100 лет назад. Ее каменные блоки скреплялись гипсовым раствором.

Классификация гипсовых вяжущих веществ и их свойства

Гипсовые вяжущие вещества подразделяются на строительный гипс и ангидритовые вяжущие вещества.

Основными свойствами гипсовых вяжущих, определяющими их качество, являются: водопотребность, сроки схватывания, тонкость помола и прочность при сжатии и изгибе.

Гидравлические вяжущие вещества

Эти вяжущие вещества способны в тестообразном состоянии твердеть и длительно сохранять прочность не только на воздухе, но и в воде. В начальный период твердения требуется, чтобы изделие, в котором использовалось гидравлическое вяжущее, находилось во влажной среде. Влага необходима для протекания химических реакций, формирующих кристаллическую структуру материала изделия.

Когда влажность окружающей среды достаточна, гидравлические вяжущие повышают свою прочность длительное время (месяцы и годы). Поэтому, в отличие от воздушных, гидравлические вяжущие могут применяться в наземных, подземных, гидротехнических и других сооружениях, подверженных воздействию водной среды.

К гидравлическим вяжущим относятся: портландцемент и его разновидности, глиноземистый цемент, пуццолановые и шлаковые смешанные цементы, а также гидравлическая известь и роман-цемент.

2.14. Портландцемент

Портландцемент – гидравлическое вяжущее вещество, твердеющее в воде и на воздухе, изготовленное путем совместного тонкого измельчения клинкера и необходимого количества гипса и некоторых добавок.

Клинкер получают путем обжига до спекания (1450...1500 °С) сырьевой смеси требуемого состава.

В качестве минерального сырья применяют известняковые породы и глину (известняки, мрамор, мергели, глины с высоким содержанием частиц размером менее 0,005 мм).

К клинкеру при помоле добавляют гипсовый камень в количестве 1,5...3,5 % от массы цемента для регулирования его сроков схватывания.

Химический состав портландцемента

Портландцемент характеризуется постоянством химического состава.

Содержание оксидов изменяется в небольших пределах (%):

CaO – 63...67

SiO₂ – 21...24

Al₂O₃ – 4...7

Fe₂O₃ – 2...5

MgO – не более 5

SO₃ – не менее 1,5 и не более 3,5.

Сырьевые материалы. В природе редко встречаются горные породы, химический состав которых после обжига соответствовал бы требуемому химическому составу портландцемента. Поэтому при получении портландцемента сырьевую смесь составляют из двух и более исходных компонентов.

В качестве основных сырьевых материалов, с которыми в приготовленный клинкер вводится оксид кальция CaO, применяют все виды известняков и мела. Вторым компонентом является глина, с которой вводится кремнезем SiO₂, глинозем Al₂O₃ и оксид железа Fe₂O₃. Практически, в совокупности, CaO, а также указанные компоненты и определяют образование основных клинкерообразующих минералов.

Производство портландцемента. Производство портландцемента состоит из следующих технологических операций:

- приготовление сырьевой смеси и подготовка ее к обжигу;
- обжиг смеси заданного состава и получение клинкера;
- охлаждение клинкера и его помол.

В зависимости от вида подготовки сырьевой смеси для ее обжига существует два способа производства портландцементного клинкера: мокрый и сухой. Выбор способа определяется главным образом качеством сырья.

Схватывание и твердение портландцемента.

При затворении цемента водой начинают протекать сложные физико-химические процессы. Вначале образуется пластичная масса, которая начинает уплотняться и густеть – этот период называется началом схватывания. Затем загустевшая масса утрачивает пластическую консистенцию и постепенно переходит в твердое тело – этот период времени определяет конец схватывания цемента.

Свойства портландцемента.

Строительно-технические свойства портландцемента характеризуются оценочными показателями, относящимися к различным состояниям этого материала: в виде порошка, теста, цементного камня.

Свойства цементного порошка.

К этим свойствам относятся плотность и тонкость помола портландцемента.

Свойства цемента в тесте.

Цементным тестом называют смесь цемента с водой. Такие свойства цемента, как сроки его схватывания, равномерность изменения объема цементного теста при твердении и другие, определяют на тесте унифицированной консистенции, т.е. на тесте нормальной густоты.

Нормальную густоту цементного теста определяют при помощи прибора Вика (рисунок 8). Для этого приготавливают цементное тесто с некоторым количеством воды. Тесто закладывают в кольцо прибора. В конец подвижного стержня вставляют пестик и дают возможность стержню с пестиком свободно погружаться в тесто.



Рисунок 8 - Прибор Вика

Нормальной густотой теста считается такая густота, при которой пестик не доходит до пластинки, на которой установлено кольцо, на 5...7 мм. Для портландцемента нормальная густота находится в пределах 25...30 % воды от массы цемента (так называемая водопотребность).

Начало и конец схватывания теста нормальной густоты также определяют на приборе Вика, но по глубине проникания иглы. Начало схватывания должно наступать не ранее, чем через 45 мин, конец – не позднее 10 ч от начала затворения.

Свойства цемента в камне.

Равномерность изменения объема при твердении

Это одно из главных свойств цемента. В основном все цементы при твердении незначительно изменяют свой объем. При значительном и неравномерном изменении объема затвердевшего камня цемент считают непригодным для строительных целей, особенно при изготовлении бетонных и железобетонных изделий.

Прочность цементного камня.

Это свойство портландцемента условно определяют по показателю предела прочности при сжатии и изгибе образцов-балочек размером 40×40×160 мм, приготовленных из цементно-песчаного раствора состава 1:3 (цемент : песок) стандартной консистенции при водоцементном отношении В/Ц = 0,4. Образцы вначале выдерживают на воздухе (1 сутки), а затем в воде – 27 суток. Через 28 суток балочки испытывают на изгиб, а образовавшиеся при этом половинки балочек – на сжатие.

Разрушающее напряжение или предел прочности при изгибе $R_{изг}$ при действии сосредоточенной силы в середине пролета вычисляют по формуле (МПа):

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2},$$

где P – разрушающая (максимальная) нагрузка (Н);

l – расстояние между центрами опор, см;

b и h – ширина и высота сечения образца, см.

Разрушающее напряжение или предел прочности при осевом сжатии $R_{сж}$ вычисляют по формуле (МПа):

$$R_{сж} = \frac{P}{bh}.$$

Среднее арифметическое – величина предела прочности при сжатии, определенное по четырем наибольшим значениям, называется активностью цемента.

Марку цемента устанавливают по значениям предела прочности при сжатии и изгибе образцов-балочек размером 40×40×160 мм (таблица 3). Если один из них ($R_{сж}$ или $R_{изг}$) меньше указанного в табл. 14.1, то цемент относят к меньшей марке. Например, при испытании получили значение $R_{сж} = 38$ МПа, и $R_{изг} = 5,9$ МПа. Следовательно, цемент относят к марке 400 (а не 500).

Таблица 3 - Марки цемента

МАРКА	ПЦ300	ПЦ400	ПЦ500	ПЦ550	ПЦ600
R28 при сжатии кгс/см ² (МПа), не менее	300 (29,4)	400 (39,2)	500 (49,0)	550 (53,9)	600 (58,8)
R28 при изгибе кгс/см ² (МПа), не менее	45 (4,4)	55 (5,5)	60 (5,9)	62 (6,1)	65 (6,4)

Специальные виды портландцемента

Для инженерных конструкций, работающих в различных эксплуатационных условиях, требуется производство особых видов цемента, в наибольшей мере отвечающих поставленной цели. Было установлено, что достигнуть этого можно путем изменения минералогического состава цемента, тонкости помола, введения различных добавок и пр., то есть путем создания специальных видов портландцемента.

К специальным портландцементом относятся:

- быстротвердеющий (БТЦ);
- пластифицированный
- гидрофобный;
- сульфатостойкий
- дорожный
- белый и цветные

Пуццолановые портландцементы.

Пуццолановый портландцемент – гидравлическое вяжущее, получаемое совместным помолом портландцементного клинкера, активных минеральных добавок (20...50 %) и природного гипса. Гипса должно

Пуццолановые портландцементы имеют следующие преимущества и недостатки по сравнению с обычным портландцементом.

Преимущества:

- более высокая водостойкость цементного камня;
- пониженное тепловыделение при схватывании и твердении;
- повышенная стойкость к отдельным видам коррозии (в частности, к сульфатной);
- более высокая водонепроницаемость;
- более низкая себестоимость.

Недостатки:

- повышенная водопотребность;
- замедленное нарастание прочности бетона во времени (особенно при твердении на воздухе);
- пониженная морозостойкость.

Тонкость помола и сроки схватывания пуццоланового портландцемента такие же, как у портландцемента.