Содержание

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Введение** | | 3 |
| 1 Классификация гипсовых вяжущих веществ | | 4 |
|  | 1.1 Безобжиговые гипсовые вяжущие | 6 |
|  | 1.2 Низкообжиговые гипсовые вяжущие | 6 |
|  | 1.3 Высокообжиговые гипсовые вяжущие | 9 |
|  | 1.4 Смешанные гипсовые вяжущие | 10 |
| 2Сырье для производства гипсовых вяжущих веществ | | 12 |
| 3Основные свойства гипсовых вяжущих | | 14 |
| 3.1Тонкость помола | | 14 |
| 3.2Стандартная консистенция (нормальная густота) | | 15 |
| 3.3 Сроки схватывания | | 15 |
| 3.4 Марки гипсовых вяжущих по прочности | | 16 |
| **Заключение** | | 16 |
| **Библиографический список** | | 18 |

**Введение**

Строительными минеральными вяжущими веществами называют тонкоизмельченные порошки, образующие при смешивании с водой, а в отдельных случаях с растворами некоторых солей, пластичную массу, под влиянием физико-химических процессов постепенно затвердевающую и переходящую в камневидное состояние. Гипсовые вяжущие материалы – группа воздушных вяжущих веществ, для производства которых используют сырье, содержащее сульфат кальция.

Традиционно в этих целях используют природное сырье (гипсовый камень, ангидрит, различные гипсосодержащие породы). В последнее время значительное внимание уделяют развитию технологий получения гипсовых вяжущих веществ из гипсосодержащих отходов промышленности (фосфогипс, борогипс, титаногипс и др.).

В зависимости от способа получения, а также особенностей твердения гипсовые вяжущие делят на четыре группы: безобжиговые, низкообжиговые (собственно гипсовые), высокообжиговые (ангидритовые) и смешанные.

*Целью будущей работы* является исследование, разработка и промышленное внедрение энергосберегающей технологии переработки промышленных отходов, содержащих сульфаты кальция, позволяющей получать конкурентоспособные строительные материалы и изделия.

Для достижения поставленной цели предполагается решать следующие *задачи*:

* исследовать промышленные отходы методами химического, микроскопического, рентгено-фазового анализов с целью производства гипсовых строительных материалов и изделий;
* предложить и разработать технологию переработки фосфогипса без термической обработки отхода;
* определить область применения технологии при производстве строительных материалов.

**1 Классификация гипсовых вяжущих материалов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Классификация | | Способ получения | Минералогический состав | Характеристика по скорости твердения | Область применения |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Безобжиговые | Гипсовый цемент | Тонкий помол гипсового камня с активизаторами твердения. |  | Скорость твердения зависит от вида применяемого активизатора твердения. При использовании сульфатных солей начало схватывания – через 5…20 мин, конец –через 20…60 мин. При использовании в качестве активизатора портландцемента или извести схватывание и твердение происходит в течение 4…12 ч. | Готовые растворы и смеси; изготовление стеновых камней для малоэтажных зданий; изготовление архитектурных деталей для отделки внешних фасадов зданий. |
| Низкообжиговые | Полуводный гипс β-модификации | Тепловая обработка гипсового камня при температуре 140…160 оС в аппаратах, сообщающихся с атмосферой. |  | Схватывание и твердение протекает очень быстро (обычно в течение 10…30 мин). По срокам схватывания низкообжиговые гипсовые вяжущие подразделяются на три группы (быстрого, нормального и медленного твердения). При этом полуводный гипс β-модификации вследствие большей растворимости в воде гидратируется несколько быстрее. | Изготовление панелей и плит перегородок, гипсокартонных и гипсоволокнистых листов, стеновых камней, архитектурно-декоративных изделий, вентиляционных коробов, штукатурных и шпаклевочных смесей и в других целях. |
| Полуводный гипс α-модификации | Тепловая обработка гипсового камня в автоклавах при температуре 120…140 оСили его кипячение в солевых растворах при температуре 100…110 оС. |  | Изготовление форм и моделей в керамической и машиностроительной промышленности. Изготовление декоративных скульптурных изделий и отливок. Производство штукатурных и отделочных работ. |
| Высокообжиговые | Ангидритовый цемент | Обжиг гипсового камня при температуре 600…700 оС с последующим помолом совместно с щелочными или сульфатными активизаторами твердения. |  | Медленно схватывается и твердеет: начало схватывания не ранее 30 мин, конец – не позднее 24 ч. | Кладочные растворы; устройство бесшовных набивных полов; изготовление искусственного мрамора. |
| Эстрихгипс | Обжиг гипсового или гипсоангидритового камня при температуре 800…1100 оС |  | Медленно схватывается и твердеет: начало схватывания не ранее 2 ч, конец – через 8…12 (иногда 36) ч. | Кладочные растворы; устройство бесшовных набивных полов; изготовление искусственного мрамора. |
| Смешанные | Гипсоизвестняковые смеси | Дегидратация двуводного гипса за счет тепла гашения комовой извести |  | Быстро схватываются и твердеют (обычно в течение 10…20 мин). | Изготовление низкомарочных строительных растворов и бетонов. |
| Гипсоцементнопуццолановое вяжущее | Смешивание полуводного гипса, портландцемента и пуццолановой добавки. | (аморфон) | Сроки схватывания такие же, как и у применяемого полуводного гипса. Обычно начало схватывания не ранее 4 мин, конец – не позднее 20 мин. | Изготовление санитарных кабин и ванных комнат, вентиляционных блоков, устройства оснований под полы в жилищном строительстве. |

*1.1 Безобжиговые гипсовые вяжущие*

Гипсовый цемент получают путем тонкого сухого или мокрого помола гипсового камня в шаровой мельнице. При помоле, как правило, вводят сульфатные активизаторы твердения (), а также портландцемент или известь в сочетании с кремнеземистыми компонентами.



Твердение гипсового цемента обусловлено способностью тонкоизмельченного гипса к перекристаллизации вследствие образования перенасыщенных растворов.

Чем тоньше измельчен гипсовый цемент, тем полнее протекает процесс перекристаллизации и выше прочность формирующейся мелкокристаллической структуры. При этом наблюдается некоторое уменьшение объема изделий, причем величина усадки возрастает с увеличением тонкости помола цемента и прочности затвердевшего камня.

Для получения из гипсового цемента теста пластичной консистенции требуется всего 15…20 % воды от массы вяжущего. Формование изделий производят в металлический разборных формах методом прессования, вибротрамбования или вибрирования с пригрузом с последующим выдерживанием в камерах вызревания от 2 до 4 сут. И сушкой в искусственных сушилах при 70…80 оС.

*1.2 Низкообжиговые гипсовые вяжущие*

Низкообжиговые гипсовые вяжущие вещества изготавливают путем термической обработки природного гипсового камня или фосфогипса до полуводного гипса (CaSO4⋅0,5Н2О) с последующим или предшествующим этой обработке измельчением в тонкий порошок.

В настоящее время именно эти вяжущие вещества в основном используются для изготовления строительных изделий и производства строительных работ, для изготовления форм и моделей в форфорофаянсовой, керамической, машиностроительной и других отраслях промышленности, а так же в медицине. Свойства и область применения обуславливают устаревшие, но часто используемые на практике термины: «строительный, высокопрочный, формовочный гипс».

В зависимости от содержания CaSO4⋅2Н2О, % по массе, гипсовый камень подразделяется на 4 сорта: I ≥ 95; II ≥ 90; II ≥ 80; IV ≥ 70.

Низкотемпературная обработка двуводного сульфата кальция обеспечивает его частичную дегидратацию (выделение 15,76% химически связанной воды) по схеме

CaSO4⋅2Н2О −−>CaSO4⋅0,5Н2О + 1,5Н2О

В зависимости от технологии получения полуводный гипс может образовываться в двух модификациях – α и β.

Полуводный гипс β-модификации получают при частичной дегидратации сырья при температуре 140…160 ºС в открытых аппаратах, сообщающихся с атмосферой (варочных котлах, сушильных барабанах, шахтных барабанах и др.). в таких условиях вода выделяется из гипса в виде водяных паров, и образуются плохо окристаллизованные, мелкие, пластинчатые или волокнистые кристаллы β – CaSO4⋅0,5Н2О. Гипсовое вяжущее, состоящее преимущественно из β-модификации полуводного гипса, характеризуется высокой водопотребностью для получения теста стандартной консистенции, невысокой прочностью и имеет тенденцию к ползучести. В строительной практике это вяжущее часто называют алебастром, или строительным гипсом.

Полуводный гипс α-модификации получают в результате обработки двуводного сульфата кальция в герметичных аппаратах (автоклавах) при температуре 120…140 ºС и давлении насыщенного водяного пара 0,13…0,3 Мпа или кипячение этого же сырья в растворах некоторых солей (хлоридов, сульфатов, нитратов) при температуре 100…110 ºС и атмосферном давлении. При этом вода выделяется из гипса в капельно-жидком состоянии и образуются крупные, плотные, игольчатые или призматические кристаллы α – CaSO4⋅0,5Н2О. Гипсовое вяжущее, состоящее преимущественно из α – модификации полуводного гипса, медленнее гидратируется, характеризуется меньшей водопотребностью, а затвердевший гипсовый камень – более высокой прочностью (высокопрочный гипс).

Твердение гипсовых вяжущих обусловлено экзотермической реакцией гидратации полугидрата с образованием двуводного гипса. Этот процесс по направлению химической реакции обратен процессу получения полуводного гипса из двуводного при температурной обработке.

Механизм твердения полугидрата можно условно разделить на три этапа.

На первом этапе (растворение) при затворении полуводного гипса водой он начинает растворятся с поверхности до образования насыщенного раствора. Этот период характеризуется пластичным состоянием теста, что позволяет заполнить им все детали формы или опалубки и придавать еще не схватившейся массе ровную поверхность.

На втором этапе (коллоидация) наряду с гидратацией растворенного полугидрата и переходом его в двуводный гипс происходит прямое присоединение воды к твердому полуводному гипсу. Так как двуводный гипс обладает значительно меньшей растворимостью (примерно в 5 раз), чем полуводный, то насыщенный раствор по отношению к исходному полуводному гипсу является перенасыщенным по отношению к образующемуся двуводному гипсу, вследствие чего последний выделяется из раствора. В результате образуется коллоидно-дисперсная система в виде геля (студня), в которой кристаллики новообразований связаны слабыми ван-дер-ваальсовыми силами молекулярного сцепления. Этот период характеризуется загустеванием теста (схватыванием).

На третьем этапе (кристаллизация) образовавшийся неустойчивый гель перекристаллизовывается в более крупные кристаллы, которые срастаются между собой в кристаллические сростки, что сопровождается твердением системы и ростом ее прочности. Дополнительному сращиванию кристаллов между собой способствует испарение воды из затвердевшего двуводного гипса. Полное высушивание завершает период формирования кристаллического каркаса и обеспечивает максимальную прочность гипсовым изделиям.

*1.3 Высокообжиговые гипсовые вяжущие*

Высокообжиговые гипсовые вяжущие вещества – медленно-схватывающиеся и медленнотвердеющие воздушные вяжущие, состоящие из безводного сульфата кальция и активизатора твердения. В настоящее время в нашей стране ангидритовый цемент и эстрихгипс применяются ограниченно, однако весьма вероятно появление интереса к этим вяжущим в недалеком будущем.

Ангидритовый цемент получают совместным помолом обожженного при температуре 600…700ºС гипсового камня и щелочных или сульфатных активизаторов. В качестве щелочныхактивизаторов используют: известь (2…5 % от массы ангидрита), обожженный доломит (3…8 %), основной доменный шлак (10…15 %), а сульфатных активизаторов – бисульфат и сульфат натрия (0,6 %), железный или медный купорос (9 %), сульфат алюминия или алюминиевые квасцы (2 %). Сульфаты могут вводиться в состав цемента не только при его помоле, но и путем затворения растворами этих солей.

Необходимость введения активизаторов обусловлена тем, что в результате обжига при температуре выше 400 ºС гипс переходит в так называемый нерастворимый («намертво обожженный») ангидрит CaSO4, который медленно или совсем не схватывается и не твердеет. В присутствии воды и активизатора твердения CaSO4образует неустойчивый сложный гидрат вида (активизатор)⋅mCaSO4⋅nH2O, распадающийся в дальнейшем на (активизатор)⋅pH2Oиm(CaSO4⋅2H2O).

Эстрихгипс – высокообжиговое гипсовое вяжущее вещество, получаемое из природного гипса или ангидрита путем обжига при температуре 800…1100 ºС и последующего помола в тонкий порошок.

При обжиге происходит частичная термическая диссоциация сернокислотного кальция: 2CaSO4→2CaO + 2SO4 + O2, т.е. с образованием свободного оксида кальция при 800 ºС – около 3 %, при 1100 ºС – около 7%. При затворенииэстрихгипса водой оксид кальция играет роль активизатора твердения теста.

При твердении эстрихгипса безводный сульфат кальция переходит в двуводный. Гидратация протекает медленно в течение нескольких месяцев. Оксид кальция переходит в гидрооксид, часть его может взаимодействовать с CaSO4, давая комплексные новообразования, а другая часть под действием углекислоты воздуха переходит в карбонат кальция.

Изделия из эстрихгипса характеризуются небольшой тепло- и звукопроводностью, однако по сравнению с изделиями из низкообжиговых гипсовых вяжущих веществ отличаются высокой морозостойкостью, повышенной водостойкостью и меньшей склонностью к пластическим деформациям.

*1.4 Смешанные гипсовые вяжущие*

**Гипсоизвестковое вяжущее** представляет собой сухую смесь, получаемую дегидратацией двуводного гипса за счет тепла гашения извести. При этом известь гасится, поглощая воду, выделяющуюся из двуводного гипса:



Теоретически при этой реакции материалы могут нагреваться до 300 ºС. Практически же дегидратацию следует проводить при 140…160 ºС, что достигается выбором соотношения между исходными материалами (50…70% гипсового камня и 50…30% негашеной извести).

При производстве гипсоизвестковых сухих смесей измельчение исходных компонентов производят в щековых или молотковых дробилках до кусков размером 5…10 мм, а затем осуществляют их совместный или раздельный помол в шаровой мельнице до остатка на сите с размерами ячеек 0,2 мм не более 5…10%. Приготовленную смесь направляют в термоизолированный реактор, где происходит реакция между известью и гипсом.

Гипсоизвестковое вяжущее при затворении водой схватывается через 10…20 мин. Оно применяется для изготовления низкомарочных строительных растворов и бетонов.

Для производства гипсоизвесткового вяжущего целесообразно использовать сульфатные отходы промышленности, в частности фосфогипс. В этом случае исключаются затраты топлива не только на дегидратацию двуводного сульфата кальция, но и на удаление из отходов механически примешанной воды, которое происходит за счет тепла гашения извести.

С целью повышения прочности и водостойкости гипсоизвестковых смесей рекомендуется применять различные пуццолановые добавки.

**Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее (ГЦПВ)** получают путем смешивания полуводного гипса, портландцемента и пуццолановой добавки в оптимальных количествах, определяемых расчетным способом.

В строительной практике используют ГЦПВ следующего состава, % по массе: полуводный гипс – 50…75; портландцемент – 15…25; пуццолановая добавка активностью не менее 200 мг/г (по поглощению оксида кальция) – 10…25.

ГЦПВ, как исходный гипс, обладает короткими сроками схватывания, но затвердевший камень на его основе обладает высокой водостойкостью за счет образующихся при гидратации портландцемента малорастворимых гидросиликатов кальция.

В качестве пуццолановых добавок используют трепел, диатомит, вулканический пепел, туф, трассы, золы и шлаки от сжигания топлива.ю горелые породы и т.п. вместо портландцемента целесообразнее использовать пуццолановый портландцемент, а также шлакопортландцемент.

**2Сырье для производства гипсовых вяжущих веществ**

Для производства гипсовых вяжущих веществ в качестве основного сырья применяют природные двуводный гипс, ангидрит, глиногипс, а также некоторые отходы промышленности, состоящие в основном из двуводного и безводного сернокислого кальция или их смеси (фосфогипс, борогипс и др.).

*Гипсовый камень* – продукт измельчения горной породы осадочного (химического) происхождения, состоящей в основном из природного минерала – гипса (). Теоретический состав двуводного сульфата кальция, % по массе: *СаО* – 32,56, – 46,51, – 20,93.



В природе гипс встречается чаще всего в виде трех минералогических разновидностей, отличающихся друг от друга своей кристаллической структурой:

* алебастр (белый) – плотный мелкозернистый минерал с сахаровидным изломом или крупнозернистый с беспорядочно ориентированными в пространстве кристаллами;
* селенит (луна) – волокнистый, сложенный из правильно расположенных нитевидных кристаллов минерал, имеющий характерный шелковистый отлив;
* гипсовый шпат – пластинчатый минерал с плоскими прозрачными кристаллами слоистой структуры.

Гипсовый камень и вяжущие вещества, получаемые в результате его переработки, имеют приближающийся к белому цвет. Примеси могут придавать гипсу серый, желтоватый, розовый, бурый и другие оттенки. В качестве примесей в гипсе встречаются кварц, сера и другие.

*Ангидрит –* безводный сульфат кальция (в природе обычно залегающий под слоями гипса. Химически чистый ангидрит содержит, % по массе: *СаО* – 41,2, – 58,8. Ангидрит состоит из преимущественно мелких кристаллов, имеет белый с различными оттенками цвет. Применяется он для производства безобжиговых гипсовых вяжущих веществ, а также в качестве добавки для производства цемента.



*Гипсосодержащие породы* (глиногипс, гажа, арзик) состоят из трех основных компонентов: гипса, глины и карбонатов и представляют собой тонкодисперсную механическую смесь или рыхлые, слабосцементированные образования серого, желтоватого или бурого цвета. Химико минералогический состав гипсосодержащих пород варьируется в широком диапазоне даже в пределах одного месторождения (содержание может изменяться от 30 до 70 %). Вяжущие вещества из гипсосодержащих пород по свойствам значительно уступают материалам, приготовленным из относительно чистого природного двуводного гипса. Поэтому их применяют для получения гипсовых вяжущих только в местах добычи, если нет более качественного сырья.



*Гипсосодержащие отходы* образуются во многих производствах химической, пищевой и других отраслях промышленности, а также при десульфатизации промышленных газов. Эти отходы представляют собой влажные порошки или шламы с характерным цветом и запахом, содержащие в той или иной форме значительное количество различных модификаций сульфата кальция.

Гипсосодержащие отходы, как правило, содержат значительное количество влаги (15…150 %), а также различное количество водорастворимых кислот и других вредных примесей, негативно влияющих на сроки схватывания и другие свойства получаемых вяжущих веществ. Поэтому прежде чем использовать отходы для производства гипсовых вяжущих веществ, их необходимо высушивать, производить промывку или нейтрализацию вредных примесей, что приводит к увеличению энергозатрат и усложняет технологический процесс производства. Другим недостатком этих отходов является неоднородность их химического и минералогического состава даже в условиях одного отдельно взятого предприятия.

Указанные недостатки сдерживают применение гипсосодержащих отходов в качестве сырья для производства гипсовых вяжущих веществ и в качестве добавки для производства портландцемента. Однако в последние годы в нашей стране и за рубежом накоплен значительный опыт в этой области. Полученные результаты показывают возможность и перспективность переработки гипсосодержащих отходов (прежде всего фосфогипса) в вяжущие вещества.

**3Основные свойства гипсовых вяжущих**

Основными техническими свойствами гипсовых вяжущих, применяемых для изготовления строительных изделий и производства строительных работ, являются: стандартная консистенция гипсового теста, сроки схватывания, тонкость помола, марка гипсового вяжущего по прочности.

*3.1 Тонкость помола*

Сущность метода определения тонкости помола заключается в определении массы гипсового вяжущего, оставшегося при просеивании на сите с ячейками размером в свету 0,2 мм. Пробу вяжущего массой 50 г, взвешенную с погрешностью не более 0,1 г и предварительно высушенную в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре (323±5) К (50±5) °С, высыпают на сито и производят просеивание вручную или на механической установке. Просеивание  считают законченным, если сквозь сито в течение 1 мин при ручном просеивании проходит не более 0,05 г вяжущего. Тонкость  помола отдельной пробы определяют в процентах с погрешностью не более 0,1% как отношение массы, оставшейся на сите, к массе первоначальной пробы. За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний. При арбитражных испытаниях за основу принимают ручное просеивание.

*3.2 Стандартная консистенция (нормальная густота)*

Стандартная консистенция характеризуется диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из полого цилиндра без дна с внутренним диаметром 50 мм и высотой 100 мм (вискозиметра Суттарда), при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен (180±5) мм. При этом строго регламентируется время эксперимента – 45 с. Стандартную консистенцию выражают в процентах как отношение массы воды, необходимой для получения гипсового теста указанной удобоукладываемости, к массе гипсового вяжущего в граммах.

Гипсовое вяжущее, состоящее в основном из полуводного гипса α – модификации, характеризуется стандартной консистенцией 35…45 %, а β-модификации – 50…80 %, в то время как теоретически для гидратации требуется всего 18,6 % воды от массы вяжущего вещества. Вследствие значительного количества химически не связанной воды затвердевший гипсовый камень имеет большую пористость – 30…50 %.

Гипсовое тесто стандартной консистенции в дальнейшем используют для определения сроков схватывания и предела прочности гипсовых вяжущих.

*3.3 Сроки схватывания*

Сроки схватывания гипсового вяжущего определяют с помощью прибора Вика с иглой, измеряя время от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста стандартной консистенции. Приготовленным тестом заполняют форму-кольцо, установленную на пластинке, и через каждые 30 с производят погружение в тесто иглы прибора Вика массой 300 г. После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку вместе с кольцом передвигают так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности гипсового теста.

Начало схватывания определяют промежутком времени с момента всыпания вяжущего в воду до момента, когда свободно опущенная игла при погружении в тесто впервые не дойдет до поверхности пластинки, а конец схватывания – когда игла погружается на глубину не более 1 мм. Сроки схватывания выражают количеством минут.

*3.4 Марка гипсовых вяжущих по прочности*

Марку определяют испытание на предел прочности трех образцов-балочек размером 40х40х160 мм, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции. Через 2 ч после начала перемешивания вяжущего с водой затвердевшие образцы испытывают на изгиб, а образовавшиеся половинки балочек – на сжатие. По пределу прочности на сжатие и изгибе гипсовые вяжущие делят на 12 марок: от Г-2 до Г-25. Цифры в обозначении марки показывают минимальный предел прочности при сжатии в Мпа. При этом марки Г-2...Г-7 обычно соответствуют полуводному гипсу β-модификации, а Г-10…Г-25 – α-модификации.

**Заключение**

Самыми распространенными воздушными вяжущими веществами является известь воздушная и гипс.

Гипсовые вяжущие вещества получают из осадочной горной породы, которая состоит из двуводного гипса, путем ее обжига при температуре 110-900°С, и помола до или после этой обработки. Гипсовые вяжущие обладают способностью быстро схватываться и твердеть.

Гипсовые воздушные вяжущие вещества, получаемые при температуре (110-480°С), состоят, главным образом, из полуводного гипса, и характеризуются быстрым твердением; получаемые при высоких температурах (600-900°С) состоят, преимущественно, из безводного гипса, и отличаются медленным твердением.

Строительный гипс относится к низкообжиговым гипсовым вяжущим веществам. Его применяют для оштукатуривания стен и потолков в зданиях при относительной влажности воздуха не более 60% из-за гигроскопичности гипса.

Актуальность будущей работы заключается в том, что энергозатраты на переработку отходов превышают затраты энергии припереработки природного гипсового камня, следовательно, перспективным направлением в решении этой проблемы является разработка и внедрение технологических процессов, позволяющих понизить эти затраты.

**Библиографический список**

1. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества: технология и свойства / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников/ Научное издание –М.: Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2006.-368с.

2. Баженов, Ю. М. Технология бетона / М. Ю. Баженов. - М.: Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2007.-528с.

3. Гладков, Д. И. Вяжущие вещества и применение их в строительстве / Д. И. Гладков. –Белгород:БГТУ им. В. Г. Шухова, 2004.-293с.

4. Неверов, А. С. Современные строительные материалы / А. С. Неверов, Д. А. Родченко, М. И. Цырлин. - М.: Изд-во Вышэйшая школа, 2007.-222с.

5. Сидоров, В. И. Строительные материалы / В. И.Сидоров, Э. П. Агасян, Т. П. Никифорова. –М.: Изд-во Ассоциация строительных вузов, 2007.-312с.

6. Шмитько, Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ / [Е. И. Шмитько, А. В. Крылова, В. В. Шаталова](http://www.ozon.ru/context/detail/id/3194340/#persons)–М.: Химия, КолосС, 2004.-248с;

7. Айрапетов Г.А., Безродный О.К. и др. Строительные материалы. – Ростов н/Д.: Изд-во Феникс, 2007.-623 с.