

тельные работы в котельном зале.

После фиксации стены устанавливались тяги (поз. 3), траверсы из прокатного уголка (поз. 4) и гидравлические домкраты. Упорами домкратов служили колонны каркаса и фахверковые колонны, усилие от гидравлических домкратов через швеллера передавалось на стеновые панели. После того, когда было восстановлено вертикальное положение стены, производилось затяжка шпилек (поз. 2). В вертикальном положении стена фиксировалась стальными швелле-

рами, которые одновременно играли роль элементов усиления узлов сопряжения стеновых панелей с колоннами.

Работы по восстановлению стены в начальное проектное положение и ее усилению были выполнены в течение одной рабочей смены.

Вывод. Предложенный метод усиления панельных стен каркасных зданий позволяет восстановить стеновое ограждение, получившее отклонение от вертикали, существенно сократив сроки выполнения ремонтно-восстановительных работ.

Материал поступил в редакцию 07.02.09

DERKACH V.N., ZUBRITSKY N.N. Method of restoration and strengthening of wall of the main case of thermal power station vrezhden th by explosion «Western in Pinsk»

Article contains results of inspection of the building designs of a building of the main case of thermal power station damaged by explosion in Pinsk, a method of restoration and strengthening of a wall received a deviation from a vertical.

УДК 666.97

Левчук Н.В.

РОЛЬ АЛЮМОФЕРРИТОВ ПРИ ГИДРАТАЦИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Введение. Наиболее перспективным направлением в начале XXI века в области строительного материаловедения согласно литературным источникам [1] является создание материалов с принципиально новыми характеристиками, приближающими их к металлам, керамике и полимерам. Один из путей решения этой задачи заключается в использовании комплексных модификаторов специального назначения, а общим направлением развития бетоноведения на ближайшее время определено повышение физико-технических свойств тяжелого бетона, снижение энергозатрат и трудоемкости на всех технологических переделах производства при ресурсосбережении природных материалов.

Теоретический обзор. Основные клинкерные минералы являются кальциевыми солями и преобладающим компонентом сырьевой смеси должен быть CaO, что соответствует оксидному составу клинкера: CaO-63-67%, SiO₂-21-24%, Al₂O₃-4-7%, Fe₂O₃-2,5-4%. Минералы портландцементного клинкера являются солями слабых кислот - кремниевой, алюминиевой, железной, в силу того, что алюминий и железо обладают амфотерными свойствами. Поставщиком кальция, как известно, являются карбонатные горные породы, а в качестве «кислого» компонента используют глину, но у глин значение глиноземистого модуля (ρ) велики и в этом случае состав шихты корректируют введением третьего компонента (корректирующая добавка) с повышенным содержанием оксида железа. Обычно это бедные железистые руды, колошниковая пыль, пиритные огарки.

Основным веществом – плавнем, используемым для регулировки вязкости жидкой фазы, увеличение её количества, является окись железа. Скорость минералообразования при снижении температурного интервала в присутствии избыточного количества Fe₂O₃ возрастает.

Изучению процесса гидратации портландцемента посвящено множество научных трудов и исследований, потому что механизм и скорость химических реакций гидратации минералов, состав кристаллогидратов, а также кинетика формирования физической структуры твердеющего цементного камня изменяются в зависимости от

многих факторов: температуры, давления, химического состава твердеющей системы, соотношения твердой и жидкой фаз. Физико-механические свойства затвердевшего камня зависят от степени гидратации, количества составляющих кристаллогидратов, размера и формы кристаллов, размера и количества пор и др.

Известно, что растворение минералов цемента начинается с поверхности его зерен. В результате образуется насыщенный раствор по отношению к малорастворимым новообразованиям. В пересыщенном растворе новообразования, кристаллизуясь, образуют зародыши новых фаз преимущественно на поверхности цементных зерен, что способствует созданию вокруг них коллоидных оболочек. В результате протекания коллоидно-химических процессов эти оболочки увеличиваются в объеме и, через некоторое время, контактируют друг с другом с образованием коллоидной структуры. В связи с этим для портландцементных систем характерными свойствами являются тиксотропность и пластичность [2].

Авторы работ [3-4], изучая вопросы физико-химической механики и формирования структуры цементного камня, начиная с теорий Ле-Шателье, Ребиндера и Михайлова, определили, что для достижения наибольшей прочности структуры необходимы оптимальные условия гидратации, которые могли бы обеспечить возникновение кристаллов достаточной величины при минимальных внутренних напряжениях. В связи с этим важнейшей характеристикой дисперсной структуры является зависимость её прочности от содержания структурообразующего вещества, которая при учете геометрических факторов хорошо отражает влияние пересыщений в форме внутренних напряжений и условий образования контактов. Из этого вытекает, что управлять процессом гидратации при прочих равных условиях возможно, синтезируя гидраты с наиминимальной энтальпией образования. Как определили авторы, увеличение содержания искусственно синтезированных гидросиликатов и гидросульфалоюминатов, приводит к возрастанию прочности бетона и других цементных композиций в 2-3 раза. Что же касается гидроферритов, то таких данных нет, несмотря на то, что значение энтальпии образования алюмоферритов кальция (см. таблицу) опре-

Таблица. Энтальпия реакций образования и разложения основных соединений портландцементного клинкера [4]

Соединения	Реакции	Энтальпия образования, кДж/кг	Энтальпия разложения, Ккал/моль
C ₃ S	3CaO+SiO ₂ =3CaO SiO ₂	-495	-118
C ₃ A	3CaO+ Al ₂ O ₃ =3CaO Al ₂ O ₃	+75	+18
C ₂ F	2CaO+Fe ₂ O ₃ =2CaOFe ₂ O ₃	-114	-27
C ₄ AF	4CaO+ Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ =4CaOAl ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	-69	-16

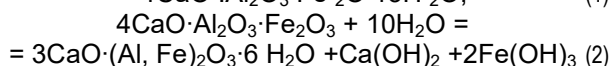
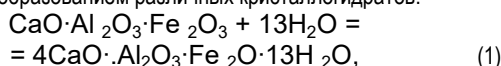
Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

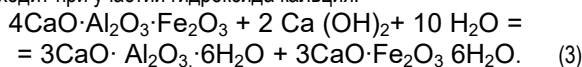
деляется как среднее значение энтальпий образования между силикатами и алюминатами кальция.

Составы продуктов гидратации силикатных составляющих и алюминатов кальция широко известны, в меньшей степени изучен механизм гидратации алюмоферритов, влияние новообразований при его гидратации и модифицирующих добавок на физико-механические свойства цементного камня. Известно, что при гидратации портландцемента алюмоферриты кальция не играют решающей роли в формировании начальной прочности, но в дальнейшем продукты их гидратации способствуют упрочнению цементного камня [4].

Оксидный состав портландцемента включает содержание Fe_2O_3 2-5%, минералогический - четырехкальциевый алюмоферрит в пределах 10-18%, а также двухкальциевый феррит, восьмикальциевый трехалюмоферрит (как результат неполного обжига клинкера). Согласно литературным данным [5], цементы с повышенным содержанием четырехкальциевого алюмоферрита твердеют медленнее, чем алюминаты кальция без значительного увеличения тепловыделения, и отличаются повышенной стойкостью к коррозии. Четырехкальциевый алюмоферрит взаимодействует с водой и насыщенной известью в растворе с образованием шестиводных гидроалюминатов и ферритов, в результате чего образуются весьма устойчивые новообразования (смешанные кристаллы). Теплота полной гидратации алюмоферритов $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ составляет 419 кДж, а конечными продуктами гидратации являются четырехкальциевый тринадцативодный гидроалюминат и четырехкальциевый тринадцативодный гидроферрит кальция. Процесс гидратации C_4AF протекает по сложным схемам с образованием различных кристаллогидратов:



Авторы [6] считают, что процесс гидратации алюмоферритов происходит при участии гидроксида кальция:



Анализ уравнений химических реакций гидратации позволил авторам сделать некоторые важные заключения: при гидратации образуются совершенно новые вещества со своими свойствами. Среди продуктов гидратации алюмоферритов кальция определены C_2AH_6 , высоко железистый твердый раствор и гель гидроксида железа. В интервале температур от 288 до 380 °K одновременно существуют гексагональные и кубические твердые растворы шестиводных гидроалюминатов и гидроферритов кальция.

Скорость гидратации алюмоферритов в начальный период большая, через 3 суток степень гидратации минералов составляет 50-70%, но через несколько минут взаимодействия с водой зерна минерала покрываются оболочкой из мелких кристаллогидратов и геля гидроксида железа, которая тормозит дальнейшее протекание процесса. В присутствии гидроксида кальция и гипса в начальный момент образуются высоко - и низкосульфатные формы гидросульфатоалюминатов кальция, содержащие в своем составе твердые растворы Fe_2O_3 . Образующиеся твердые растворы представляют собой гексагональные кристаллы $4CaO \cdot (Al_{1-x}Fe_x)_2O_3 \cdot 19H_2O$ и игольчатые кристаллы $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$.

Как известно [4, 6], образование гидратных соединений портландцемента сопровождается увеличением концентрации гидросиликатов при снижении концентрации гидросульфатоалюминатов кальция и увеличении концентрации гидроалюмоферритов при одновременном снижении пористости цементного камня. Анализируя схему последовательности образования гидратных соединений, следует

также отметить существенный набор прочности за счет содержания гидроалюмоферритной фазы в сроки от 28 до 90 суток. Это дает возможность предполагать, что повышение прочности цементного камня возможно также и в результате образования гидроалюмоферритной фазы при участии коллоидного гидроксида железа. Состав продуктов гидратации определяется концентрацией различных ионов в воде, находящихся в порах твердеющего цементного камня, а также вторичными процессами, происходящими в нем: рост моносульфоалюминатов [7], тонкозернистых и гелевидных новообразований в виде гидроалюмоферритов и гидроксида железа.

По скорости гидратации Бутт Ю.М. [4] расположил клинкерные минералы в следующем порядке: алюминаты, алюмоферриты и далее силикаты. При формировании физической структуры цементного камня после окончания процесса схватывания сформировавшийся в твердеющей цементной массе кристаллический каркас препятствует уменьшению объема цементного камня, а образующийся при дальнейшем протекании процессов гидратации «цементный гель» заполняет поры в цементном камне, вызывая повышение его плотности. В литературе нет сведений о влиянии гидроферритов на изменение объема цементного камня и твердой фазы, но замечено, что аморфная фаза гидросиликатного состава дополняется гелями кремниевой кислоты, глинозема и гидроксида железа. Отмечается, что прочность мономинерального камня, полученного из алюмоферритов, менее высокая, чем у затвердевшего камня из алита, но значительно выше, чем у белита и алюмината.

Выводы. В последние годы для ускорения процесса твердения бетона стали применять цементы с добавками железосодержащих солей, включающие кристаллизационные компоненты, которые способствуют образованию гидросиликатов. Эти добавки содержат безводный сульфатоалюминат и сульфоферрит кальция. Смесь сернокислого глинозема и сернокислого железа. (2-5%) не только ускоряют твердение, но и повышают прочность цемента на 5-10 МПа. Применение таких добавок позволяет отказаться от пропаривания изделий и тем самым снизить затраты топлива и энергии [8].

Таким образом, возникает необходимость исследования влияния модифицирующей добавки в виде коллоидного раствора гидроксида железа на физико-химические свойства цементного камня, поскольку, находясь в одинаковом агрегатном состоянии с продуктами гидратации портландцементных минералов, сможет влиять на процессы структурообразования цементного камня и, следовательно, на прочностные характеристики бетона в целом.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малинина Л.А., Батраков В.Г. Бетонведение: настоящее и будущее // Бетон и железобетон. - №1, 2003. - С. 2-6.
2. Дорожно-строительные материалы / И.М. Грушко, И.В. Королев, И.М. Борщ, Г.М. Мищенко. -2-е изд. - М.: Транспорт, 1991. - 357с.
3. Физико-химические основы строительного материаловедения / Под редакцией Г.Г. Волокитина и Э.В. Козлова - М.: Издательство Ассоциации Строительных вузов, 2004. - 190 с.
4. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. - М.: Высшая школа, 1980. - 470 с.
5. Леонович И.И., Шумчик К.Ф. Дорожные строительные материалы. - Мн.: Высшая школа, 1983. - 399 с.
6. Райхель В., Конрад Д. Бетон. Ч.1 - М.: Стройиздат, 1979. - 270 с.
7. Левчук Н.В. Модифицирование портландцементных систем коллоидальным гидроксидом алюминия. Канд. диссертация 2006г. - 130 с.
8. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. - Киев: Будивэльник, 1989. - 127 с.

Материал поступил в редакцию 17.02.09

LEVCHUK N.V. The role aluminium of ferrite at hydration of cement

The aim of the this study is to determine the influence of alumino-iron clinkeral minerals in strength and other physical-mechanical properties of cement stone.