



ISSN 1729-9209

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

XXI ВЕКА



CONSTRUCTION MATERIALS, EQUIPMENT, TECHNOLOGIES OF THE XXI CENTURY

РОЛЬ НАНОТЕХНОЛОГИИ В УЛУЧШЕНИИ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.С. УДЕРБАЕВ, канд. техн. наук, доцент кафедры «Архитектура и строительное производство», Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Республика Казахстан

Нанотехнология – довольно молодая отрасль исследований, которая уже сейчас демонстрирует впечатляющие результаты. По мнению некоторых учёных, внедрение достижений нанотехнологии в быт способно изменить мир не менее, чем начало использования электроэнергии. Вещества, полученные путём нанотехнологических манипуляций, могут обладать новыми, необычными свойствами и открывают перед учёными возможности создания принципиально новых материалов.

В научной литературе понятие «нанотехнология» имеет несколько толкований, однако общим для всех случаев является работа с наночастицами. Термин «нанотехнология» впервые употребил японский ученый Норио Танигут в 1974 году.

Дрекслер определил, что нанотехнология – это «технология, основанная на манипуляции отдельными атомами и молекулами для построения структуры к сложным, атомным спецификациям», а Кобаяси, в свою очередь, заключил, что «нанотехнология может быть определена как совокупность прикладных исследований нанонауки и их практических применений, включая промышленное производство и социальные приложения». Профессор Г.Г. Еленин дает определение, что «нанотехнология – междисциплинарная область науки, в которой изучаются закономерности физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров с целью управления отдельными атомами, молекулами, молекулярными системами при создании новых молекул, наноструктур, наноустройств и материалов со специальными физическими, химическими и биологическими свойствами».

Нанотехнология находится в начальной стадии развития, поскольку основные открытия, предсказываемые в этой области, все еще не сделаны. Тем не менее, проведенные исследования уже сейчас дают практические результаты. За применение передовых научных исследований нанотехнологию относят к высоким технологиям. В последние годы не только в специальной научной литературе, но и в популярной обращается внимание на развитие и перспективы нанотехнологии в разных отраслях промышленности, в частности, при производстве строительных материалов, где компоненты имеют нанометрические масштабы.

В России для исследований выделяются целевые средства. Так, в Московском государственном строительном университете прошел круглый стол «Наносистемы в

строительстве и производстве строительных материалов» с участием ученых ведущих российских строительных вузов и научно-исследовательских институтов. В частности, концерном «Наноиндустрия» разработан ряд технологий, предназначенных для производства стройматериалов. Как правило, это различные молекулярные добавки, которые придают материалам заданные свойства: защищают от выгорания под лучами солнца, влаги, осадков и т. п.

Наиболее перспективное направление сегодня – введение в состав вяжущих добавок, которые обеспечили бы интенсивное формирование цементных минералов. Чаще всего для этого используют аморфный кремнезем, но из-за его высокой стоимости это направление недостаточно развивается. В ООО «Нанокompозит» занимаются поиском альтернативных, дешевых путей использования нанотехнологии: например, разработанная на этом предприятии технология производства титанатов калия – дешевой добавки – придает стройматериалам высокую прочность, стойкость к истираниям, низкую теплопроводность, антигрибковые, антибактериальные свойства.

Сегодня нужны материалы и изделия многофункционального назначения или такие, которые бы намного превосходили по своим свойствам уже известные. Для этого нужны «прорывные» технологии завтрашнего дня.

На повестке дня – нанотехнологии, позволяющие с меньшими трудо- и энергозатратами получать материалы и изделия не просто с улучшенными, а с намного превосходящими существующие, иногда и с непредсказуемыми свойствами.

Основная прочность цементного камня обеспечивается кристаллами и сростками кристаллов образующихся гидратных новообразований, размеры которых находятся в пределах $10^{-7} \dots 10^{-9}$ м. В промежутках между кристаллами размещаются продукты гидратации, размеры которых меньше 10^{-9} м. Они закупоривают свободное пространство, «склеивая» все новообразования воедино.

Известно, что видом и составом продуктов гидратации цемента можно управлять. А это значит, что мы в силах получать новообразования разной и нужной нам основности, с различным содержанием гидратной воды, разного размера и формы кристаллов, что обеспечит нужную прочность, морозостойкость, воздухо- и агрессивную стойкость и другие свойства.

Эти технологические приемы согласуются с теоретическими положениями А.В. Волженского о взаимосвязи строительных свойств цементного камня и бетона с условиями их изготовления. В специальной литературе достаточно

подробно описаны многие факторы, обеспечивающие формирование микро- и макроструктуры твердеющих вяжущих веществ. Однако многие значащие факторы и технологические приемы пока еще недостаточно осознаны и не всегда используются в практике.

Гидратационные процессы клинкерных минералов также в значительной степени зависят от температуры твердения, тонкости помола цемента, щелочности жидкой фазы цементного камня, времени, вида и количества добавок и др. Сами физико-химические процессы образования продуктов гидратации – это типичные формы нанотехнологических процессов, т.к. они проходят на атомно-молекулярном уровне.

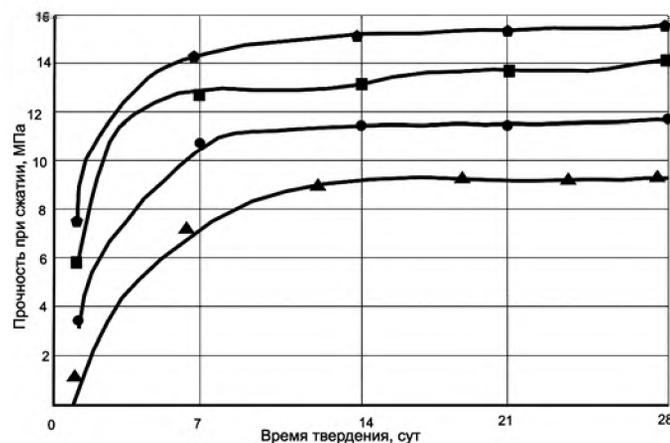
Результат этого «склеивания» двойкий. Учитывая непрерывность гидратационных процессов и накопление мелких субмикроструктур, необходимо помнить о метастабильности образующейся структуры. В такой твердеющей системе отмечаются два процесса: создание структуры и ее разрушение с последующим «залечиванием». И все это совершается на атомно-молекулярном уровне. Использование уже известных знаний о гидратационных процессах и связанных с ними процессах структурообразования на наноуровне, влияние различных модификаторов открывает возможность «легирования» цементосодержащих (и не только) систем.

Активация цементных, гипсовых, известковых и смешанных композиций органоминеральными и химическими добавками, а также армирование тонкодисперсными фибрами и углеродными трубками часто приводит к возникновению бифуркационных процессов с образованием новых свойств материалов, ранее не характерных.

П.А. Ребиндер отмечал, что всякие приемы интенсификации технологических процессов в конденсированных дисперсных системах базируются на управлении свойствами структуры, образованной частицами системы.

Основными параметрами, которые характеризуют структуру системы, являются: суммарная потенциальная энергия связей U_0 , приходящаяся на одну частицу, и кинетическая энергия частиц θ . Следовательно, управление свойствами структуры есть не что иное, как варьирование параметра U_0/θ .

В настоящее время в Казахстане принята программа индустриально-инновационного развития страны и тем самым решен вопрос о зависимости от сырьевой направленности. В ближайшем будущем намечено финансирование фундаментальных исследований, в частности, в области нанотехнологий. В этом направлении нами проведены научно-исследовательские работы по электромеханохимической активации с добавлением магнитовосприимчивых добавок на основе отходов производства (феррофосфор, керамзитовая пыль) в сочетании с дешевыми поверхностно-активными веществами, что дает возможность их приготовления непосредственно на заводе по производству бетонных изделий и связано с экономией портландцемента, повышением качества бетонных и железобетонных изделий, а также сокращением сроков твердения бетона.



Кинетика набора прочности золоцементной композиции, активированной электромеханохимическим способом с добавлением магнитовосприимчивых добавок: 1 – без добавок; 2 – вода : керамзитовая пыль : ОЭ; 3 – вода : керамзитовая пыль : ЛСТ; 4 – вода : керамзитовая пыль : С-З

Как известно из теории бетоноведения, образовавшийся цементный камень представляет собой микроскопически неоднородную дисперсную систему, образно названную В.Н. Юнгом «микробетоном». При этом заполняющая часть в нем представлена цементными зернами, еще не вступившими в реакции, а вяжущая – гелеобразными и кристаллическими новообразованиями. От соотношения в цементном камне гелеобразных и кристаллических фаз, обладающих различными физико-химическими свойствами, от их дисперсности зависят и основные свойства цементного камня: деформативность, стойкость при попеременном замораживании и оттаивании, увлажнении и высушивании и др.

В этой связи комплексная электромеханохимическая активация создает предпосылки сокращения или полного удаления непрореагировавших частиц цемента, а магнитовосприимчивые добавки-суспензии упрочняют в начальном этапе твердения коагуляционно-конденсационные структуры [1].

На данном этапе работы особое внимание уделялось разработке оптимальных составов магнитовосприимчивых добавок-суспензий, которая определялась математическим методом обработки и для чего был реализован ротабельный план второго порядка для 2-х и 3-х переменных. Разработанные добавки-суспензии опробованы в лабораторных условиях, проведены эксперименты по определению технологических параметров их обработки электромеханохимическим способом. Техническая новизна предложенного способа активации запатентована.

Исследована магнитовосприимчивость следующих добавок: портландцемент М 400 – $0,61 \cdot 10^{-6}$; керамзитовая пыль – $26 \cdot 10^{-6}$; феррофосфор (Fe_2P) – 1,18.

Установлено, что между всеми компонентами исследуемых добавок-суспензий существуют области оптимальных соотношений, в которые укладываются составы. При введении данных добавок-суспензий в золоцементное вяжущее повышается их активность. Для суспензий на основе феррофосфора, при сравнении полученных диаграмм и областей выявлено, что добавки должны содержать ком-

поненты при следующем соотношении: введение добавок-суспензий в золо-пудру при активации предложенным способом в количестве 5-10% по массе позволяет увеличить активность цемента на 10-12 МПа.

При этом установлено, что оптимальными технологическими параметрами предварительной обработки суспензий является напряженность магнитного поля: для суспензий на основе феррофосфора 25-70 кА/м; для суспензий на основе керамзитовой пыли 60-70 кА/м при общей продолжительности обработки 5-8 с. Необходимо отметить, что обработка добавок-суспензий электромагнитным полем приводит к образованию центров-зародышей магнитных фаз, что приводит к ускорению процесса гидратации и твердения цемента, а также изделий на его основе.

Золоцементные образцы представляли собой кубики размером 2х2х2 см с В/Ц=0,4, которые в установленные сроки твердения испытывались на прочность при сжатии. На графике представлены результаты испытаний на прочность при сжатии золоцементного камня дополнительно активированным электромеханохимическим способом с добавлением магнитовосприимчивых добавок. Кривые



набора прочности показывают, что в первые сроки твердения происходит интенсивный набор, причем наибольшая прочность достигнута при наличии добавки, состоящей из воды, керамзитовой пыли и суперпластификатора.

Введение обработанных добавок суспензий в процессе активации вяжущих веществ в количестве 10-30% от массы приводит к повышению прочности на 8-12 МПа, что позволит снизить расход цемента в бетонах на 25-30% и ускорить процесс твердения бетонов в 1,5-2 раза.

Таким образом, результаты проведенных исследований доказывают несомненное влияние предварительного электромеханохимического способа обработки магнитовосприимчивых добавок на прочность и характер твердения золоцементных вяжущих веществ.

Библиографический список:

1. К.А. Бисенов, С.С. Удербает. *Нанотехнология в технологии активации вяжущих веществ // Действие электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов.* – Мат–лы VII Межд. конф. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. Ч.1. С. 137–141.