



В НОМЕРЕ:

IN THE ISSUE:

Одной из особенностей XXI века является то, что все происходит очень быстро: быстро летит время, быстро реализуются «фантазии»... Ещё три года назад можно было услышать: «...нанотехнологий в строительстве нет...», «...больше двух номеров журнала о нанотехнологиях в строительстве вы не выпустите...», «...Интернет-журнал – не для России..», «...это невозможно...» и т.д. Но прошло всего три года, и «все встало на свои места». Мы – члены редакционного совета, редакционной коллегии и редакции, наши авторы и читатели, представители организаций партнеров – все вместе доказали, что это возможно! Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» регулярно выходит уже на протяжении 3-х лет, он сумел добиться значительных успехов, признан специалистами не только в России, но и за рубежом.

БОЛЬШОЕ СПАСИБО ВСЕМ, КТО ПРИНИМАЛ И ПРИНИМАЕТ УЧАСТИЕ В РАБОТЕ ИЗДАНИЯ!

One of the XXI century's characteristics is that everything happens too fast: time is passing fast, «fantasies» are realized fast... As early as three years ago one could hear: «... there are no nanotechnologies in construction...», «... you will publish maximum two issues about nanotechnologies in construction...», «...Internet-journal is not for Russia...», «...it is impossible...», etc. Only three years elapsed and «everything took its position». We – the members of editorial council, editorial board and editorial office, our authors and readers, representatives of partner organizations – all together proved that it is possible! Internet-Journal «Nanotechnologies in Construction» has been regularly published for three years, it became able to be successful and recognized by the specialists not only in Russia, but also in foreign countries.

WE ARE VERY GRATEFUL TO ALL WHO TOOK PART AND PARTICIPATES IN THE WORK OF EDITION!

www.nanobuild.ru

e-mail: info@nanobuild.ru

из НАНО строится ГИГАуспех

Nanobuild.ru

GIGAsuccess is built from NANO



Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал

Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal

Научно-техническая поддержка
Российская инженерная академия

Scientific and technical support
Russian Engineering Academy

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель редакционного совета

ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, эксперт РОСНАНО, доктор технических наук, профессор

Члены редакционного совета

АНАНЯН Михаил Арсенович – генеральный директор ЗАО «Концерн «Наноиндустрия», президент Национальной ассоциации наноиндустрии, академик РАЕН, доктор технических наук

КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович – директор Департамента научно-технической экспертизы, член Правления ОАО «Роснано», доктор химических наук, профессор

КОРОЛЁВ Евгений Валерьевич – директор НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», советник РААСН, доктор технических наук, профессор

КОРОЛЬ Елена Анатольевна – советник при ректорате, зав. кафедрой технологий строительного производства МГСУ, академик РИА, член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор;

EDITORIAL COUNCIL

Chairman of the editorial council

GUSEV Boris Vladimirovich – editor-in-chief of electronic issue «Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal», president of Russian Academy of Engineering, member of Russian and International Engineering Academies, Associate Member of RAS, honoured man of science of RF, laureate of USSR and RF State prizes, RUSNANO's expert, Doctor of engineering, Professor

Members of the editorial council

ANANYAN Mikhail Arsenovich – Director general of CC «Concern «Nanoindustry», President of National association of nanoindustry, member of RANS, Doctor of engineering

KALIUZHNIY Sergei Vladimirovich – Director of Scientific and technical commission of experts, board member of RUSNANO plc, Doctor of Chemistry, Professor

KOROLEV Evgeniy Valerjevich – Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology», National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Adviser of RAACS, Doctor of Engineering, Professor

KOROL Elena Anatolievna – Adviser of University Administration, Head of the Chair «Technologies of Construction Industry», Member of REA, Corresponding member of the RAACS, Doctor of Engineering, Professor

ЛЕОНТЬЕВ Леопольд Игоревич – член президиума РАН, академик РАН

РОТОТАЕВ Дмитрий Александрович – генеральный директор ОАО «Московский комитет по науке и технологиям», доктор технических наук, профессор

ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович – ректор МГСУ, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

ФЕДОСОВ Сергей Викторович – ректор ИГАСУ, руководитель Ивановского отделения РИА, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович – академик РААСН, председатель Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, начальник Управления академического научно-образовательного сотрудничества Воронежского ГАСУ, доктор технических наук, профессор

ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович – директор Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, академик РАН

LEONTIEV Leopold Igorevich – member of presidium of RAS, academic of RAS

ROTOTAEV Dmitry Alexandrovich – Director general of PC «Moscow committee on science and technologies», Doctor of Engineering, Professor

TELICHENKO Valerij Ivanovich – rector of MSUCE, member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, honoured man of science RF, Doctor of Engineering, Professor

FEDOSOV Sergei Viktorovich – rector of ISUAC, head of Ivanovo branch of REA, Member of the RAACS, honoured man of science of RF, Doctor of engineering, Professor

CHERNYSHOV Evgenij Mikhailovich – academic of RAACS, chairman of Central regional department of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, chief of Voronezh SUACE Department of academic scientific and educational cooperation, Doctor of Engineering, Professor

SHEVCHENKO Vladimir Jaroslavovich – Director of Grebenshikov Institute of silicate chemistry, member of RAS

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», президент РИА, академик РИА и МИА, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, эксперт РОСНАНО, доктор технических наук, профессор

EDITORIAL BOARD

Chairman of the editorial board

GUSEV Boris Vladimirovich – editor-in-chief of electronic issue «Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal», president of Russian Academy of Engineering, member of Russian and International Engineering Academies, Associate Member of RAS, honoured worker of science of RF, USSR and RF State prizes laureate, RUSNANO's expert, Doctor of engineering, Professor

Члены редакционной коллегии

БАЖЕНОВ Юрий Михайлович – научный руководитель НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет», академик РИА, академик РААСН, доктор технических наук, профессор

ЗВЕЗДОВ Андрей Иванович – президент ассоциации «Железобетон», первый вице-президент Российской инженерной академии, академик РИА и МИА, заслуженный строитель РФ, доктор технических наук, профессор

ИСТОМИН Борис Семёнович – ведущий сотрудник ЦНИИПромзданий, академик Международной академии информатизации, академик Академии проблем качества, доктор архитектуры, профессор

МАГДЕЕВ Усман Хасанович – зам. генерального директора по науке ЗАО «НИПТИ «Стройиндустрия», академик РААСН, лауреат премий Правительства СССР и РФ, доктор технических наук, профессор

САХАРОВ Григорий Петрович – профессор кафедры «Строительные материалы» МГСУ, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, почётный профессор МГСУ

СТЕПАНОВА Валентина Фёдоровна – зам. директора НИИЖБ – филиала ФГУП «НИЦ «Строительство», академик МИА, доктор технических наук, профессор

ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович – вице-президент ассоциации «Железобетон», академик РИА, лауреат премии Правительства РФ, Почетный строитель России, член Бюро Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), член технического комитета Американского института бетона ACI 236 D «Нанотехнологии в бетоне», профессор МГСУ

Members of the editorial board

BAZHENOV Yury Mikhailovich – scientific adviser of the Research and Educational Center «Nanotechnology», National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Member of REA, Academician of RAACS, Doctor of Engineering, Professor

ZVEZDOV Andrej Ivanovich – President of the association «Reinforced concrete», the 1st Vice-president of Russian Engineering Academy, Member of REA and IEA, Honored constructor of Russia, Doctor of Engineering, Professor

ISTOMIN Boris Semeonovich – leading member of CSRI of industrial buildings, member of International Academy of Informatization, member of Academy of quality problems, Doctor of Architecture, Professor

MAGDEEV Usman Khasanovich – deputy director on science of CC «RDTI «Stroiindustria», member of RAACS, laureate of USSR and RF State prizes, Doctor of Architecture, Professor

SAKHAROV Grigory Petrovich – professor of the Construction materials Department of MSUCE, honoured man of science of RF, Doctor of Engineering, Professor, honoured professor of MSUCE

STEPANOVA Valentina Feodorovna – deputy director of Research Institute of Reinforced concrete – FSUE branch «RC «Construction», member of IEA, Doctor of Engineering, Professor

FALIKMAN Vyacheslav Ruvimovich – Vice-President of Association «Reinforced Concrete», Academician of REA, Russian Government Award Laureate, Honorary Builder of Russia, Member of International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) Bureau, Member of Technical Committee of American Concrete Institute ACI 236 D «Nanotechnologies in Concrete», Professor of MSUCE

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Гусев Б.В.</i> Создание и использование электронных научных изданий приобрело особое значение как средство научной коммуникации в образовательной и научной среде	6
IV Международный симпозиум по нанотехнологиям в строительстве NICOM4	21
<i>Королев Е.В., Чевычалов А.А.</i> Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии.....	25
V Всероссийский съезд саморегулируемых организаций в строительстве состоялся в Москве	33
<i>Удербает С.С.</i> Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего.....	38
Международные нанотехнологии для российской промышленности.....	54
<i>Болдырев А.М., Григораш В.В., Гуцин Д.А., Гребенчук В.Г.</i> Исследование прочности сцепления частиц в модифицирующей присадке для сварки мостовых конструкций под флюсом	56
<i>Кузьмина В.П.</i> Механизмы воздействия нанодобавок на свойства строительной керамики	70
О наращивании интеллектуального капитала и его защите путем патентования.....	80
12-я международная конференция BALTIMIX-2012.....	81
Справочник «Российский рынок ССС-2012»	86
Перечень требований к оформлению материалов и условия представления статей	88

CONTENTS

<i>Gusev B.V.</i> Creation and use of electronic scientific editions took on special significance as the tool of scientific communication in educational and research environment	6
IV International Symposium on Nanotechnologies in Construction NICOM4	21
<i>Korolev E.V., Chevychalov A.A.</i> Method of practicability estimation for nanotechnology implementation	25
V All-Russian Congress of construction self-regulating organizations was held in Moscow	33
<i>Uderbayev S.S.</i> Realization of electromechanical and chemical ways for increasing mineral binder's activity	38
International nanotechnologies for Russian industries	54
<i>Boldyrev A.M., Grigorash V.V., Guschin D.A., Grebenchuk V.G.</i> The study of particles adhesive strength in modifying agent for bridge structure welding	56
<i>Kuzmina V.P.</i> Nanoadditives influence mechanisms on the properties of building ceramics	70
On the build-up of intellectual capital and its protection by means of patenting	80
12th International conference BALTIMIX-2012	81
Guide «Russian market of dry construction mixtures-2012»	86
The list of requirements to the material presentation and article publication conditions	88

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

УДК 666.9

УДЕРБАЕВ Сакен Сейтканович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой безопасность жизнедеятельности и рациональное использование природных ресурсов.

Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата (Республика Казахстан)

UDERBAYEV Saken Seitkanovich, Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department for Life Security and Sustainable Use of Natural Resources.

Korkyt Ata Kyzylorda State University (Kazakhstan Republic)

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНОХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

REALIZATION OF ELECTROMECHANICAL AND CHEMICAL WAYS FOR INCREASING MINERAL BINDER'S ACTIVITY

В статье освещены проблемы получения высокоплотных и высокопрочных строительных материалов путем разработки и применения электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего и повышения, тем самым, прочности строительных материалов на его основе.

The article highlights the problem of obtaining high density and high strength building materials by developing and implementing electromechanical and chemical ways to increase the activity of the mineral binder and thus increase the durability of building materials based on it.

Ключевые слова: способ активации, электромеханохимический, мельница, прочность, золоцементный камень.

Key words: method of activation, electromechanical and chemical, mill, durability, ash and cement containing stone.

В статье ставилась задача раскрыть и совершенствовать стороны электрофизической природы взаимодействия компонентов системы «минеральное вяжущее + вода», подвергаемой измельчению при одновременном воздействии электрического поля. В этой связи для воздействия на данную систему была разработана барабанная электрополяризационная мельница [1].

Разработанный и усовершенствованный новый способ получил название «электромеханохимический». Причины и механизм повышения активности золоцементной смеси мокрого домалывания при воздействии электрического поля заключается в самых сложных явлениях и процессах электрической природы.

В настоящее время развиваются технологии с направленной предварительной подготовкой компонентов, включающие: технологии форсированного разогрева вяжущей смеси [2], механохимической активации компонентов смеси, ультразвуковой обработки компонентов смеси [3,4] и др. Однако традиционные способы активации вяжущих веществ требуют значительных энергозатрат, поэтому в последнее время работы по увеличению тонкости помола и активации вяжущих базируются на применении более эффективных методов и механизмов, обладающих высокой производительностью, энергонапряженностью и интенсивным воздействием на обрабатываемую среду.

Исследования показали, что способ активации того или иного вида вяжущего за счет воздействия электрического поля имеет большие возможности в связи с тем, что параметры электрического воздействия можно варьировать в широких пределах. Для того, чтобы получить максимум эффекта от воздействия электрического поля, прежде всего, оказалось необходимым иметь достаточную картину процессов и явлений электрической природы.

Известно, что строение любого тела представляется как структура пространственного расположения бесконечно малых частиц при наличии определенных связей между ними. Молекула является структурным элементом вяжущего вещества, сохраняющим его химические свойства.

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

Взаимные превращения различных элементарных частиц происходят по законам сохранения энергии, заряда и, собственно, вращательного импульса.

При электромеханохимическом способе активации (ЭМХ) происходит сохранение энергии активации, которая, в конечном счете, отражается в повышении прочности золоцементного камня.

При этом, сущность явлений электрической природы (электризации) связана с понятием отделения или перенесения на тело электронов или ионов (т.е. электризация – это возникновение заряда).

Как известно, заряды бывают индукционные и поляризационные. Индукционные заряды – это заряды противоположные по знаку и разделенные в различных частях тела, а поляризационные заряды возникают в пределах каждой отдельной молекулы и не могут быть отделены друг от друга.

Подвергаемая обработке в барабанной электрополяризационной мельнице система «минеральное вяжущее + вода» со временем превращается в раствор «электролита – проводник II класса», который за счет электрического поля может разделяться на составные части, чему благоприятствует эффект измельчения при воздействии электрического тока. Прохождение тока через электролиты обусловлено движущимися ионами, т.е. последние являются носителями заряда.

В настоящее время установлено, что механизм химических реакций – электрический и что он заключается в переносе электронов и обобществлении электронных пар [5]. Из современной физики [5] следует, что под влиянием электрического поля электроны вырываются из атомов и, дрейфуя, постепенно заполняют дырки в диэлектрике. Из того же курса физики [5] известно, что энергия электрического поля W пропорциональна диэлектрической проницаемости ϵ и квадрату напряженности электрического поля H :

$$W_{\text{э}} = \epsilon H^2 / 2, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3, \quad (1)$$

при этом ϵ зависит от приложенных энерговоздействий.

Поскольку прочность бетона пропорциональна усвоенной энергии, то прирост прочности $\Delta R_{\text{э}}$ можно выразить:

$$\Delta R_{\text{э}} = k \cdot W_{\text{э}} = k\epsilon \cdot H^2, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где k равен 0,4.

Необходимо отметить, что оптимальное электрическое поле достигается в подвижных смесях только до начала схватывания при комплексной обработке электрической и механической энергиями в барабанной электрополяризационной мельнице. При обработке таким способом электрические воздействия вызывают ионизацию, искрение, магнетизацию и электроиндукцию - все это создает электрическое поле и повышает электрохимические связи, а, следовательно, и прочность арболита. Параллельно происходят термодинамические воздействия – барботация, термодиффузия (см. табл. 1).

Таким образом, в барабанной электрополяризационной мельнице интенсивно и одновременно протекают 17 факторов, вызывающих соответствующие взаимоусиливающие воздействия, т.е. синергетические процессы, позволяющие таким образом максимально использовать энергию электрического поля и измельчения.

Однако совершенно очевидно, что без выяснения природы и механизма активации водосодержащих композиций электрическими полями, термодинамических и кинетических закономерностей происходящих при этом явлений невозможно эффективно управлять созданием материалов с заданными свойствами. Несмотря на многочисленные исследования как отечественных, так и зарубежных ученых до сих пор многие аспекты энергетической активации остаются невыясненными. Это значительно тормозит ее практическое применение в технологии получения строительных и композиционных материалов, в том числе на основе цементных и оксидных вяжущих систем.

Развитие представлений о физико-химической сущности разработанной электромеханохимической активации и научное обоснование областей ее практического применения и явилось предметом настоящей статьи.

Современные гипотезы о взаимодействии электрического и магнитного полей с веществом базируются на представлениях о химической поляризации электронов и ядер, спиновой конверсии электронных пар, селективности ядерного спина, которые применимы, в основном, для органических сред. Для водосодержащих сред преимущественно рассматриваются гипотезы, связанные с изменением структурной организации воды и водных растворов, развитием процессов массопереноса и массообмена вещества в вязко-текучих средах, явлением резонанса, присутствием примесей парамагнитной или диамагнитной природы.

Таблица 1

Виды воздействий и процессы при мокрой ЭМХ активации

Вид активации	Виды энерговоздействий при ЭМХ	Процесс	Результат
Мокрый электромеханохимический	электромагнитные воздействия	1. электризация;	электрическое поле
		2. ионизация;	электростатическое поле
		3. магнетизация;	магнитное поле
		4. электроиндукция;	индукционный ток
		5. термизация;	ускорение реакций
		6. термодиффузия;	сцепление частиц
		7. барботация;	углубление реакций
	измельчение	8. диспергирование;	эффект Ребиндера
		9. кавитация;	увеличение удельной поверхности
		10. вращательное движение мелющих тел;	обнажение поверхности
		11. истирание;	увеличение удельной поверхности
		12. соударение мелющих тел;	увеличение удельной поверхности
		13. перемешивание;	адсорбция частиц
	химическое	14. смачивание;	ускорение гидратации
		15. растворение;	ускорение реакций
		16. химические реакции;	ускорение реакций
		17. гомогенизация.	углубление реакций

В многочисленных работах [6–13] отмечено, что влияние электрического поля на физико-химические процессы в дисперсных системах изучено недостаточно. До сих пор механизм активации вяжущих веществ магнитными и электрическими полями является дискуссионным. Влияние химических добавок, особенно в малых концентрациях, применение комбинированных вещественно-полевых воздействий на кинетику процессов гидратации и структурообразования также изучено недостаточно. Совершенно очевидно, что без развития теоретиче-



С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

ских представлений об электромеханохимической (ЭМХ) активации дисперсных систем невозможно создание научно-обоснованных ресурсо- и энергосберегающих технологий получения материалов с регулируемыми свойствами.

Основные предпосылки теоретического обоснования взаимодействия ЭМХ воздействия с водными системами заключается в следующем. Электрическое поле способно приводить к интенсификации процессов путем:

- развития направленных потоков заряженных частиц и, как следствие, интенсификации процессов массопереноса и массообмена вещества (осуществляется преимущественно в гетерогенных средах);
- нарушения системной организации воды, водных растворов через изменение соотношения дискретных (иерархических) структур (осуществляется преимущественно в гомогенных средах).

Известно, что структурообразование вяжущих материалов представляет собой совокупность сложных физико-химических процессов, включающих такие явления, как адсорбция, растворение, диспергирование, массоперенос вещества и обмен ионами, формирование двойного электрического слоя на границе раздела фаз, гидратация, кристаллизация и другие. В связи с этим, в условиях воздействия электрического поля, отдельные стадии развития процессов структурообразования целесообразно вначале изучить на модельных объектах.

Массоперенос и массообмен вещества

Эти процессы рассмотрены на примере электрохимических систем. В работе исследовано воздействие постоянного электрического поля ($E \perp B$) на золоцементные смеси при использовании электрохимической ячейки цилиндрической формы.

Под действием силы электрического поля $F = nzeE$ ионы массой m двигаются с ускорением $ae \sim nzeE/m$. Их среднюю скорость в направлении электрического поля через время τ_o можно принять равной: $U_E = a_E \tau_o = nzeE \tau_o / m = n\mu E = zFDE/RT = zE\mu E$.

Среднестатистическую плотность ионов в растворе можно считать неизменной, так как $U_E \gg U_B$ (U_B – скорость движения иона под действием силы Лоренца). Тогда ток, протекающий через сечение площа-



С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

дью S , может быть определен как $J = nze\mu ES = \sigma ES$, $J_D = -zeDSdc/dx$. Для электрохимической ячейки с кольцевым осевым каналом величина полного тока равна:

$$J = zCF(U_+ + U_-) = -zCF^2(z_+\mu_+ + z_-\mu_-), \tag{3}$$

где $U_+, U_- \sim$ подвижности ионов, C – концентрация раствора, σ – проводимость раствора.

Напряженность электрического поля $E(r)$ в зависимости от радиуса ячейки и прикладываемой к ней разности потенциалов ϕ_o выразится как:

$$E(r) = \phi_o / r \ln(r_n / r_{en}), \tag{4}$$

где r_n / r_{en} – внутренний и внешний радиусы цилиндрической ячейки соответственно.

В свою очередь, с учетом (3) и (4) величина сопротивления ячейки (R) полного тока, протекающего через некоторое сечение площадью $S = 2\pi rh$, равна:

$$J = \frac{2\pi h \sigma \phi_o}{\ln \cdot r_i / r_{ai}}; R = \frac{\phi_o}{J} = \frac{\ln \cdot r_i / r_{ai}}{2\pi h \sigma}. \tag{5}$$

Из уравнений (4 и 5) следует, что сопротивление ячейки и протекающий через нее ток не зависят от внутреннего и внешнего радиусов электродов, в то время как напряженность электрического тока является зависимой величиной. Она увеличивается при приближении к внутреннему электроду. Так как величина силы Лоренца пропорциональна E , то при $E \perp U$ она также будет увеличиваться при приближении к внутреннему электроду:

$$F_D = \frac{ze\phi_o}{r \ln r_i / r_{ai}} + zeBU_{ai}. \tag{6}$$

В результате проявления силы Лоренца развивается направленное конвективное движение жидкости, которое через определенное время приобретает стационарную скорость.

Полученные формулы будут справедливы и для цементных и оксидных вяжущих систем, так как поверхность твердой фазы является заряженной, и в водном растворе образуется двойной электрический слой.

Процессы обмена ионов

Учитывая, что процессы адсорбции являются одними из первичных элементарных стадий взаимодействия вяжущего вещества с водой, в работе исследована сорбционная способность ионов на модельном объекте, в качестве которого выбран электрод (ионообменник). Коэффициент внутренней диффузии ионов при ЭМХ воздействию увеличивается, следовательно, повышается энергия активации. Зависимость внутренней диффузии от радиуса гидратированного иона (r) может быть выражена уравнением: $D = const \times r^{-1}$, так как вязкость и температура при данных условиях эксперимента остаются постоянными.

При ЭМХ воздействии на золоцементное зольное вяжущее с добавкой керамзитовой пыли происходит повышение активности переноса элементарных частиц, при этом происходит увеличение концентраций и дисперсности частиц золоцементной смеси. Перегруппировка происходит за счет снижения величины энергетического барьера. В этой связи необходимо отметить, что кинетику упрочнения системы можно представить как процесс, связанный с постепенным увеличением сил взаимодействия между структурными элементами, входящими в состав новообразований.

В работах Сычева М.М. [2] отмечено, что процесс твердения может происходить вследствие проявления водородных связей, Ван-дер-ваальсового взаимодействия или ионного притяжения при наличии электрических зарядов.

В этой связи при ЭМХ обработке активированные частицы цементно-зольного вяжущего с добавкой керамзитовой пыли интенсифицируют ионообменные процессы и усиливают ионное притяжение частиц золоцементного вяжущего [14].

Процессы кристаллизации

Период кристаллизации – один из ответственных этапов процесса структурообразования в цементных и оксидных вяжущих системах. Как показывают экспериментальные данные, наиболее характерной особенностью поведения активированных пересыщенных водных растворов при выделении из них кристаллической фазы является повыше-

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

ние дисперсности твердой фазы и однородности структурных образований по сравнению с контрольными образцами.

После ЭМХ активации происходит интенсивное направленное формирование кристаллогидратной решетки, которая содержит ионы различных веществ. В работах Ахвердова И.Н. отмечено, что «существенным фактором в процессе твердения вяжущих должен быть ионообмен, который является определяющим в образовании кристаллогидратной решетки».

В этой связи вводимая добавка – керамзитовая пыль – в процессе активации вяжущей системы ослабляет силы отталкивания и способствует более активному проявлению сил притяжения между частицами твердой фазы, как в начальной, так и на завершающей стадии формирования коагуляционной структуры цементного геля.

Как показывают экспериментальные данные, наиболее характерной особенностью поведения активированных пересыщенных водных растворов при выделении из них кристаллической фазы является повышение дисперсности твердой фазы и однородности структурных образований по сравнению с контрольными образцами. Это подтверждают экспериментальные исследования, проведенные на модельных системах.

Из результатов исследований следует, что активирование золоцементного вяжущего приводит к увеличению значений тепловых эффектов и смещению максимального пика температуры теплового потока в область более высоких значений в поздние сроки структурообразования (часы-сутки) и в область более низких значений в ранние сроки (до 40–50 мин). Значения максимума температуры теплового потока, степени гидратации частиц и дисперсности кристаллических структур являются взаимосвязанными величинами.

Как следует из анализа термогравиметрических данных (рис.1), по смещению максимума температуры теплового потока можно оценить изменение дисперсности или размеров гидратированных микрокристаллических комплексов цементной композиции в соответствии с уравнениями: $T - T_0 = K \times \Delta d^{1/2}$; $T - T_0 = K \times \Delta r^{-1/2}$, где Δd , Δr – изменение дисперсности и среднего размера частиц соответственно, K – коэффициент пропорциональности.

Эти данные подтверждаются исследованиями распределения цементных частиц по размерам до и после активации электрическим полем. Анализ полученных данных показал, что основные изменения дис-

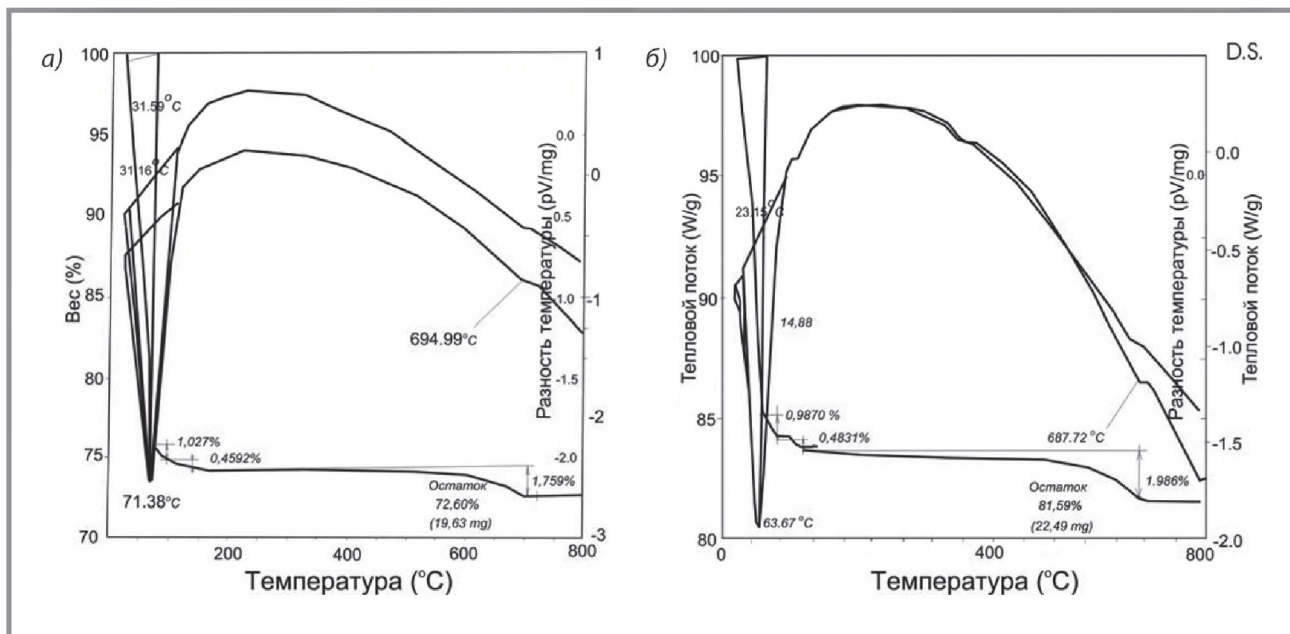


Рис. 1. Термогравиметрические кривые по дегидратации системы «зола-цемент-вода» (зола:цемент = 40:60) на примере одного часа твердения образца: а – контрольный образец, б – активированный ЭМХ

перности частиц после активации электрическим полем наблюдаются в первые 5 минут взаимодействия цемента с водой. При этом изменение максимума температур теплового потока и среднего размера частиц до и после активации электрическим полем для данного вида цемента подчиняются уравнению: $T - T_0 \approx 2 \times 10^3 \times \Delta r^{-1/2}$.

Образование дискретных структур в процессе твердения цементных вяжущих систем и возможность проявления соответствующих им собственных частот колебаний косвенно подтверждается экспериментальными данными по ритмичности процессов структурообразования.

Процессы структурообразования ЭМХ активированных золоцементных вяжущих

В первоначальный момент времени гидратации взаимодействия вяжущего с водой (1–12 мин) на поверхности твердой фазы преимущественно образуются гидратированные ионы кальция, представляющие собой самостоятельные кинетические образования (агрегаты).

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

Между ними через прослойку свободной воды осуществляется диполь-дипольное взаимодействие. Определим значение k , учитывая, что мельчайшие фракции цемента (до 80%) образуют агрегаты, размер которых с учетом сольватного слоя достигает ≈ 30 мкм.

Сила диполь-дипольного взаимодействия определяется:

$$F_{\partial-\partial} = \frac{n^2 d_m^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_1 r^4} \cdot \quad (7)$$

Число контактов гидратированных зерен вяжущего друг с другом с известным приближением можно определить как отношение площади, занимаемой одной молекулой воды к площади зерна вяжущего с учетом того, что в контакт по направлению одной из осей координат вступает 1/6 поверхности цементного агрегата.

Процесс гидратационного твердения обусловлен растворением метастабильных исходных фаз с последующим выделением по кристаллизационному механизму из пересыщенных растворов термодинамически устойчивых в данных условиях соединений. Возникновение новообразований происходит в жидкой фазе.

В процессе формирования структуры цементного теста от состава жидкой фазы и значения пересыщения ее относительно новых гидратных фаз зависят состав, кинетика кристаллизации выделяющихся новообразований, а также размеры, морфология кристаллов и прочность их контактов срастания, что в итоге обуславливает прочность структуры в целом.

Прочность золоцементного камня определяется количеством гидратных новообразований, т.е. степенью гидратации исходных клинкерных минералов, количеством и типом сростков между ними, зависящих от степени пересыщения жидкой фазы по отношению к предельной растворимости кристаллизующихся из нее гидратов. Для того, чтобы формирование кристаллического каркаса цементного камня и последующее заполнение его субмикрочристаллическим гелем происходило при минимальных внутренних напряжениях снижающих прочность структуры, необходимо создание высокого пересыщения жидкой фазы на начальных стадиях процесса гидратации и поддержание его на постоянном уровне в течение всего периода твердения цемента. Повышение тонкости помола вяжущего влияет не только на количество, но и на структуру и качество (прочность) гидратной связки.

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

Установлено, что тонкое измельчение особенно эффективно в производстве смешанных цементов. Тонкодисперсные частицы зол ТЭЦ не инертны, а определенным образом взаимодействуют на поверхности с продуктами гидратации клинкерных частиц и, следовательно, участвуют в создании механической прочности конгломерата. Чем тоньше размолот цемент, тем больше микронаполнителя может быть наведено в него без снижения прочности цементного камня.

Выполненные экспериментальные исследования позволяют отметить две возможные причины зависимости активности вяжущего от особенности активации. Первая из этих причин связана с зависимостью интенсивности диспергирования от энергонапряженности барабанной электрополяризационной мельницы.

Изменяя энергонапряженность барабанной электрополяризационной мельницы, можно изменять дисперсность материала. При активации ЭМХ способом происходит накопление внутренней энергии измельчаемого материала, наряду с повышением поверхностной энергии. Значительно большую роль играет рост внутренней энергии вследствие увеличения концентрации дефектов и напряженных состояний структуры.

Структурные изменения, вызванные ЭМХ воздействием для ряда вяжущих, определяются изменением их физико-химических свойств. При ЭМХ активации происходит активирование вяжущих за счет сдирания пленки гидратных новообразований с его частиц и обнажения новой энергетически активной поверхности. ЭМХ активация включает три совместно дополняющих способа активации: мокрый домол + электрическое поле + химическая добавка. Кроме механохимической активации в вяжущей смеси происходят также сложные электрохимические явления, по сути являющиеся способом направленного структурообразования вяжущей смеси и позволяющие заменить до 50% цемента инертными или активными добавками. Также ЭМХ активация способствует большему вскрытию трехкальциевого алюмината и образованию с гипсом высокоосновной формы гидросульфоалюмината, что резко повышает морозостойкость образцов на цементном тесте.

При активировании вяжущих смесей в предлагаемом устройстве [1] одним из условий повышения вяжущих свойств сырьевых компонентов является повышение эффективности измельчения с одновременной поляризацией частиц во время домола. Результатом данных

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

процессов является повышение активности взаимодействия нейтральных и заряженных частиц при структурообразовании дисперсных систем. Для поляризации частиц вяжущего при измельчении применялось электрическое поле, создаваемое внутри барабана одновременно при измельчении сырьевых компонентов. Были апробированы различные устройства измельчителей, в том числе и барабанной мельницы. Кроме того, основная цель методики эксперимента была направлена на обеспечение условий для поляризации частиц во время измельчения. Исходя из известной конструкции устройства барабанной мельницы, а также для эффективного протекания вышеуказанных процессов, конструкция барабанной шаровой мельницы была модернизирована. С целью исследования влияния способов активации на прочность золоцементного камня были проведены эксперименты (рис. 2).

Воздействие электрического поля в процессе электромеханохимической активации приводит к интенсификации ионообменных процессов вследствие увеличения количества мицеллообразующих частиц с определенным зарядом атомов, молекул и ионов в элементарном объеме. Поляризуемость ионов за счет воздействия электрического поля

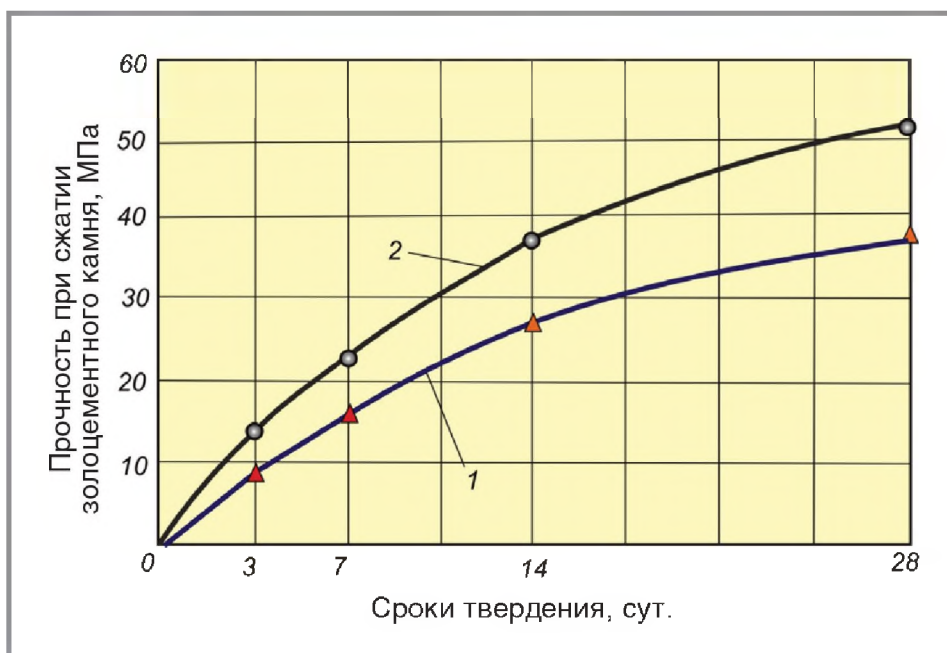


Рис. 2. График зависимости прочности золоцементного камня от способа активации: 1 – мокрый домол; 2 – ЭМХ активация

С.С. УДЕРБАЕВ Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего

приводит к повышению величины электрических зарядов, увеличивающих активность их переноса, а также перегруппировку высвобождаемых электронов и ионов с преодолением энергетического барьера. Помимо этого, при ЭМХ эффекте, очевидно, происходит гомогенизация (теория Г.Фрейндлиха) зарядов по всему объему цементно-зольной смеси и нарушение агрегативной устойчивости системы за счет преобладания энергии притяжения, т.е. преодоление расклинивающего давления (теория ДЛФО). Благодаря этому интенсифицируется процесс коагуляции вяжущей смеси и интенсивное образование каркаса кристаллической решетки за счет образования кристаллогидратов.

Исходя из вышеизложенного следует, что закономерностям структурообразования электромеханохимических активированных вяжущих систем в интенсивном взаимодействии вновь обнажающихся поверхностей частиц вяжущего в процессе активации немаловажную роль оказывает электрический заряд на энергетически активное состояние каждой частицы активированного вяжущего вещества. Приведенные обстоятельства являются решающими в образовании коагуляционной структуры цементно-зольного геля и упрочнении системы структурных элементов, входящих в состав новообразований активизированного цементно-зольного вяжущего и последующего его интенсивного твердения. Следовательно, повышается прочность, улучшается водонепроницаемость, морозостойкость и другие свойства арболитовых изделий.

Контакты
Contact information

e-mail: Saken_Uderbayev@mail.ru

Библиографический список:

1. Пат. 7745 РК. Барабанная электрополяризационная мельница / К.А. Бисенов, А.А. Акчабаев, С.С. Удербает, М.А. Акчабаев. опубл. 03.12.2001. Бюл. № 12. 3 с.
2. *Сычев М.М.* Твердение вяжущих веществ. Л.: СИ, Ленинградское отд. 1974.
3. *Ахвердов И.Н.* Основы физики бетона. М.: Стройиздат. 1981. 464 с.
4. *Ахвердов И.Н.* Акустическая технология бетона / И.Н. Ахвердов. М.: СИ. 1976. 145 с.
5. *Детлаф А.А., Яворский Б.Н.* Общий курс физики. М.: Высшая школа. 2001. 718 с.
6. *Ахвердов И.Н.* Основы физики бетона. М.: Стройиздат. 1981. 464 с.
7. *Ахвердов И.Н.* Акустическая технология бетона / И.Н. Ахвердов. М.: СИ. 1976. 145 с.
8. *Акимов А.В., Крыжановский И.И., Барбула А.В.* и др. Технология ротационно-пульсационных активации зол // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия: тезисы докладов Всесоюзного научно-практического совещания (15–17 октября 1990 г.). Чимкент. 1990. Ч II. С. 64–65.
9. *Ганин В.П.* Экспериментальные исследования влияния электромагнитного поля на твердение бетона // Тепловая обработка железобетонных изделий и конструкций в электромагнитном поле тока промышленной частоты. Минск: ИТМО АН БССР. 1975. С. 103–111.
10. *Крылов Б.А., Ли А.И.* О воздействии электрического тока на твердение бетонов // Бетон и железобетон. 1992. № 2. С. 7–9.
11. *Страхов Ю.М., Майборода Т.И., Рясный Б.Г.* Использование искровых разрядов для активации растворных и бетонных смесей // Бетон и железобетон. 1993. № 3. С. 9–11.
12. *Шенгур Г.В.* Исследование применения электрогидравлического эффекта для активации цемента // Применение электрогидравлического эффекта в технологических процессах производства: материалы респ. совещания в Николаеве. Киев: Украинский НИИ научно-техн. информации технико-исследований. 1970. Вып. III.
13. *Дейнега Ю.Ф.* Формирование структуры дисперсных систем в электрических полях // Труды третьей Национальной конференции по механике и технологии композиционных материалов. София. 1982. С. 364–367.
14. *Удербает С.С.* Влияние электромеханохимической активации на энергетически активное состояние золы // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Наука и образование-2006». Украина, Днепропетровск. 2006. Т. 10. С. 92–95.
15. *Гусев Б.В.* Проблемы создания наноматериалов и развития нанотехнологий в строительстве // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2009. № 2. С. 5–10. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 15.01.2012).
16. *Белов В.В., Смирнов М.А.* Оптимизация гранулометрического состава сырьевых смесей для получения прессованных бетонов на цементной связке // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2010. № 2. С. 7–19. Гос. регистр. № 0421000108. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 15.01.2012).

References:

1. Pat. RK 7745. Drum elektropolarized mill / K.A. Bisenov, A.A. Akchabaev, S.S. Uderbayev, M.A. Akchabaev. publ. 03.12.2001. Bull. № 12. 3p.
2. *Sychev M.M.* Hardening of binders. L.: SI, Leningrad branch. 1974.
3. *Akhverdov I.N.* Fundamentals of physics of concrete. Moscow: Stroiizdat. 1981. 464 p.
4. *Akhverdov I.N.* Acoustic concrete technology / I.N. Ahverdov. M.: SI. 1976. 145 p.
5. *Detlaf A.A., Jaworski B.N.* The general course of physics. M.: High School. 2001. 718 p.
6. *Akhverdov I.N.* Fundamentals of physics of concrete. Moscow: Stroiizdat. 1981. 464 p.
7. *Akhverdov I.N.* Acoustic concrete technology / I.N. Akhverdov. M.: SI. 1976. 145 p.
8. *Akimov A.V., Kryzhanovsky I.I., Barabula F.V.* et al. Technology rotary pulsation activation angry // Ecological Problems of secondary resources in building materials and products: Abstracts of All-Union Scientific-practical workshop (October 15–17, 1990.). Chymkent. 1990. B II. P. 64–65.
9. *Ganin V.P.* Experimental studies of the influence of electromagnetic field on the hardening of concrete // Heat treatment of concrete products and structures in the electromagnetic field of the current of industrial frequency. Minsk: ITMO AN BSSR. 1975. P. 103–111.
10. *Krylov B.A., Lee A.* On the effect of electric current to the hardening of concrete // Concrete and reinforced concrete. 1992. № 2. P. 7–9.
11. *Strakhov Y.M., Maiboroda T.I., Ryasnyi B.G.* The use of spark discharges for the activation of mortar and concrete mixes // Concrete and reinforced concrete. 1993. № 3. P. 9–11.
12. *Shengur G.V.* The study of the use of electro-hydraulic effect for cement activation // Application of electrohydraulic effect in the processes of production: materials rep. meeting in Nikolaev. Kiev: Ukrainian Institute of Scientific and Technical Information Technology-Research. 1970. Vol. III.
13. *Deinega Y.F.* Formation of the structure of disperse systems in electric fields / Proceedings of the Third National Conference on the Mechanics and Technology of Composite Materials. Sophia. 1982. P. 364–367.
14. *Uderbayev S.S.* Effect of electromechanical and chemical activation on the energy active state of the ash // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference «Science and Education-2006». Ukraine, Dnepropetrovsk. 2006. T. 10. P. 92–95.
15. *Gusev B.V.* The problems of nanomaterials creation and nanotechnologies development in construction industry // «Nanotechnologies in Construction»: A Scientific Internet-Journal M.: CNT «NanoStroitelstvo». 2009. № 2. P. 5–10. URL: <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 15.01.2012).
16. *Belov V.V., Smirnov M.A.* Optimization of the size composition of raw materials to produce extruded mixtures of concrete based on cement-bonded // «Nanotechnologies in Construction»: A Scientific Internet-Journal. M.: CNT «NanoStroitelstvo» 2010. № 2. P. 7–19. State regist. № 0421000108. URL: <http://www.nanobuild.ru> (date of access: 15.01.2012).