

УДК 666.9

УДЕРБАЕВ Сакен Сейтканович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности и рационального использования природных ресурсов, Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата (Республика Казахстан);
ул. Айтеке Би, 29А, г. Кызылорда, 120014, Республика Казахстан,
e-mail: Saken_Uderbayev@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНОХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

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.

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

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.

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-

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 $a \sim nzeE/m$. Их среднюю скорость в направлении электрического поля через время τ_0 можно принять равной: $U_E = a_E \tau_0 = nzeE \tau_0 / m = n\mu E = zFDE/RT = zE\mu E$.

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-

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:

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

где U_+ , U_- ~ 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:

$$E(r) = \phi_o / r \ln(r_{\text{вн}}/r_{\text{вн}}), \quad (4)$$

где $r_{\text{вн}}/r_{\text{вн}}$ – 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:

$$J = \frac{2\pi h \sigma \phi_o}{\ln \cdot r_i / r_{\text{вн}}}; R = \frac{\phi_o}{J} = \frac{\ln \cdot r_i / r_{\text{вн}}}{2\pi h \sigma}. \quad (5)$$

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:

$$F_o = \frac{ze\phi_o}{r \ln r_i / r_{\text{вн}}} + zeBU_{\text{вн}}. \quad (6)$$

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-

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 «важнейшим 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-

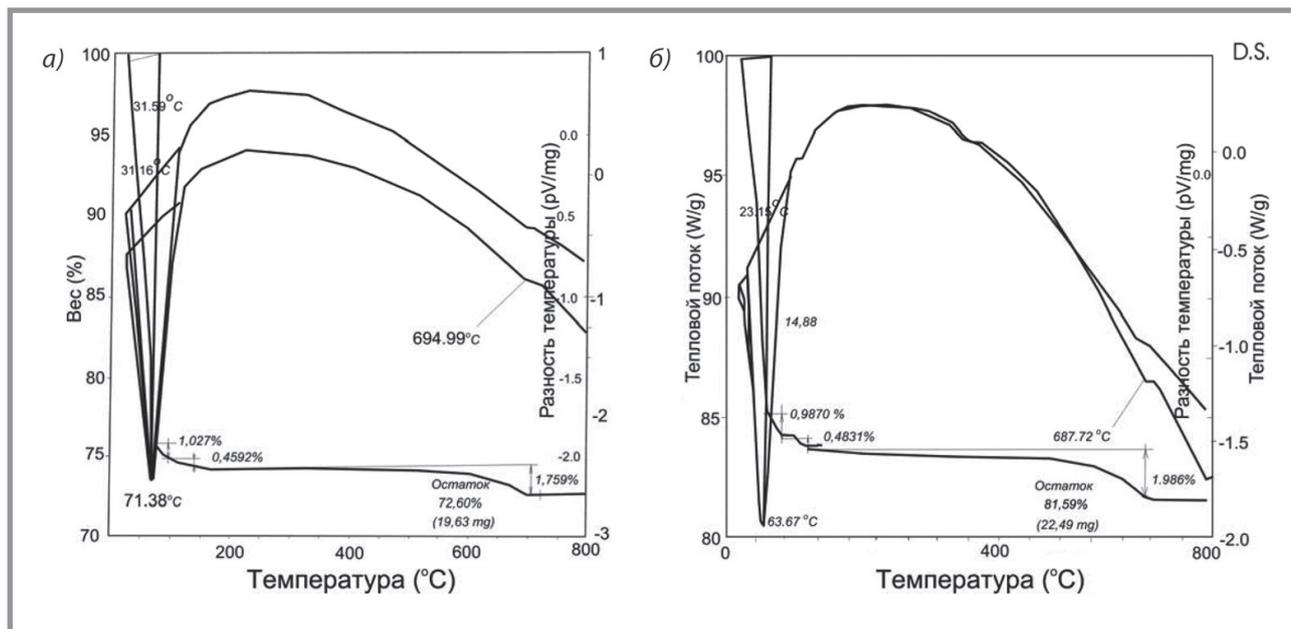


Рис. 1. Термогравиметрические кривые по дегидратации системы «зола–цемент–вода» (зола:цемент = 40:60) на примере одного часа твердения образца:
а – контрольный образец, б – активированный ЭМХ

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).

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

Сила диполь-дипольного взаимодействия определяется:

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

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 сrostков 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 субмикрористаллическим 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.

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 гидросульфалюмината, 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

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

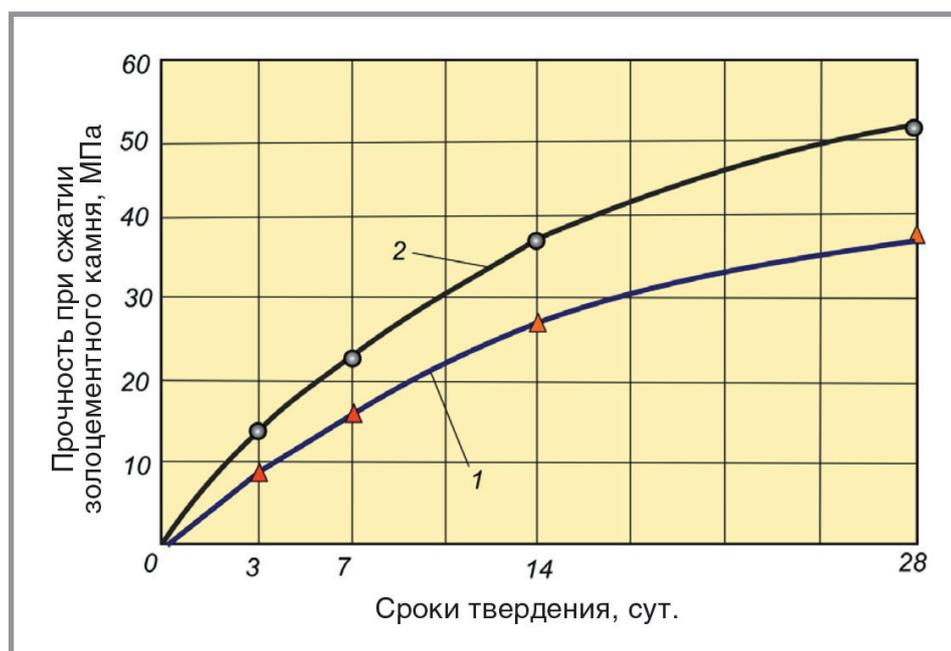


Рис. 2. График зависимости прочности золоцементного камня от способа активации: 1 – мокрый домол; 2 – ЭМХ активация

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.

Уважаемые коллеги!

При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:

Удербает С.С. Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего // Нанотехнологии в строительстве. 2014. – Том 6, № 2. – С. 53–70. URL: http://nanobuild.ru/ru_RU/ (дата обращения: _____).

Uderbayev S.S. Realization of electromechanical and chemical ways for increasing mineral binder's activity. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 2, pp. 53–70. Available at: http://nanobuild.ru/en_EN/ (Accessed _____). (In Russian).

Библиографический список:

1. Бисенов К.А., Акчабаев А.А., Удербает С.С., Акчабаев М.А. Барабанная электрополяризованная мельница // Патент РФ № 7745 РК. Бюл. № 12, опубл. 03.12.2001. – 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. – 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. – М.: СИ, 1976. – 145 с.
8. Акимов А.В., Крыжановский И.И., Барабубла 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 1990г.). – 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. 2009. – Т. 1, № 2. – С. 5–10. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 15.01.2010).
16. Белов В.В., Смирнов М.А. Оптимизация гранулометрического состава сырьевых смесей для получения пресованных бетонов на цементной связке // Нанотехнологии в строительстве. 2010. – Т. 2, № 2. – С. 7–19. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (дата обращения: 15.01.2010).
17. Удербает С.С. Реализация электромеханохимических способов повышения активности минерального вяжущего // Нанотехнологии в строительстве. 2012. – Т. 4, № 2. – С. 38–53. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru).

По материалам www.nanobuild.ru

Контакты

e-mail: Saken_Uderbayev@mail.ru

УДК 666.9

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); Aiteke Bi str., 29A, Kyzylorda, 120014, Republic of Kazakhstan, e-mail: Saken_Uderbayev@mail.ru

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

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.

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

References:

1. Patent RF. 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.* Tverdenie vjazhushhiih veshhestv [Hardening of binders]. Leningrad. SI, Leningrad branch. 1974.
3. *Akhverdov I.N.* Osnovy fiziki betona [Fundamentals of physics of concrete]. Moscow. Stroizdat. 1981. 464 p.
4. *Akhverdov I.N.* Akusticheskaja tehnologija betona [Acoustic concrete technology]. Moscow. SI. 1976. 145 p.
5. *Detlaf A.A., Jaworski B.N.* Obshhij kurs fiziki [The general course of physics]. Moscow. High School. 2001. 718 p.
6. *Akhverdov I.N.* Osnovy fiziki betona [Fundamentals of physics of concrete]. Moscow. Stroizdat. 1981. 464 p.
7. *Akhverdov I.N.* Akusticheskaja tehnologija betona [Acoustic concrete technology]. Moscow. SI. 1976. 145 p.
8. *Akimov A.V., Kryzhanovsky I.I., Barabula F.V. et al.* Tehnologija rotacionno–pul’sacionnyh aktivacii zol [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.* Jeksperimental’nye issledovanija vlijanija jelektromagnitnogo polja na tverdenie betona [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.* O vozdejstvii jelektricheskogo toka na tverdenie betonov [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., Rjasnyi B.G.* Ispol’zovanie iskrovyyh razrjadov dlja aktivacii rastvornyyh i betonnyh smesej [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.* Issledovanie primenenija jelektrogidravlicheskogo jeffekta dlja aktivacii cementa [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. *Deinaga Y.F.* Formirovanie struktury dispersnyh sistem v jelektricheskijh poljah //Trudy tret’ej Nacional’noj konferencii po mehanike i tehnologii kompozicionnyh materialov [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.* Vlijanie jelektromehanohimicheskoy aktivacii na jenergeticheski aktivnoe sostojanie zoly [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. Nanotehnologii v stroitel’stve = Nanotechnologies in Construction. 2009, Vol. 1, № 2, pp. 5–10. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 15.01.2010).
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. Nanotehnologii v stroitel’stve = Nanotechnologies in Construction. 2010, Vol. 2, № 2, pp. 7–19. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru) (date of access: 15.01.2010).
17. *Uderbayev S.S.* Realization of electromechanical and chemical ways for increasing mineral binder’s activity. Nanotehnologii v stroitel’stve = Nanotechnologies in Construction. 2012, Vol. 4, № 2, pp. 38–53. URL: [http // www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)

By materials at www.nanobuild.ru

Dear colleagues!

The reference to this paper has the following citation format:

Uderbayev S.S. Realization of electromechanical and chemical ways for increasing mineral binder's activity. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2014, Vol. 6, no. 2, pp. 53–70. Available at: http://nanobuild.ru/en_EN/ (Accessed _____). (In Russian).

Contact information

e-mail: Saken_Uderbayev@mail.ru