DOI: 10.17117/na.2015.07.566

Поступило в редакцию: 21.07.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.07.566.pdf>

Алексеев А.А., Тарбеева Ю.В., Гаусс К.С., Мокшин Д.И. Активация воды в дисперсных цементных системах в поле коронного барьерного разряда

Alexeyev A.A., Tarbeeva J.V., Gauss K.S., Mokshin D.I.
Activation of water disperse cement system in the field
of corona barrier discharge

В статье описываются технологии электрофизической активации воды, которые приводят к изменению ионного состава, влияющего на величину pH, удельную электрическую проводимость и другие параметры. В результате получаем направленное воздействие на гидратационные процессы, происходящие в цементных системах

This article describes the technology of electrophysical activation of water, which lead to a change in the ionic composition, affects the amount of pH, electrical conductivity and other parameters. The result is a directional effect on the hydration processes in the cement systems

Ключевые слова: модифицированная вода, активация цемента, барьерный разряд

Key words: modified water, activated cement, barrier discharge

Алексеев Александр Аверьянович
Кандидат технических наук, доцент
Томский государственный архитектурно-строительный университет
г. Томск, пл. Соляная, 2

Alexeyev Alexander Averyanovich
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Tomsk state university of architecture and building
Tomsk, Solyanaya sq., 2

Тарбеева Юлия Владимировна
Студент
Томский государственный архитектурно-строительный университет
г. Томск, пл. Соляная, 2

Tarbeeva Julia Vladimirovna
Student
Tomsk state university of architecture and building
Tomsk, Solyanaya sq., 2

Гаусс Ксения Сергеевна
Ассистент
Томский государственный архитектурно-строительный университет
г. Томск, пл. Соляная, 2

Gauss Kseniya Sergeevna
Assistant
Tomsk state university of architecture and building
Tomsk, Solyanaya sq., 2

Мокшин Дмитрий Ильич
Ассистент
Томский государственный архитектурно-строительный университет
г. Томск, пл. Соляная, 2

Mokshin Dmitriy Iljich
Assistant
Tomsk state university of architecture and building
Tomsk, Solyanaya sq., 2

Наукой доказано, что особенности физических свойств воды и многочисленные короткоживущие водородные связи между соседними атомами водорода и кислорода в молекуле воды создают благоприятные возможности для образования особых структур-ассоциатов (кластеров), воспринимающих, хранящих и передающих самую различную информацию [1].

Энергетические характеристики процесса гидратации выражается присоединением n молекул воды:

$$E = nze / \varepsilon \cdot r \quad (1)$$

Полная энергия гидратации определяется как:

$$E = E_0 + E_{\text{пол}} + E_{\text{дисп}} + E_{\text{энд}} + E_{\text{от}} + E_{\text{пр}} + E_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где E_0 – энергия взаимодействия иона и диполя; $E_{\text{пол}}$ – энергия поляризации; $E_{\text{дисп}}$ – энергия дисперсионного взаимодействия; $E_{\text{энд}}$ – эндоэффект; $E_{\text{от}}$ – энергия отталкивания между диполем и ионом; $E_{\text{пр}}$ – энергия поляризации растворителя вокруг иона; $E_{\text{доп}}$ – энергия взаимодействия между молекулами слоя сольватного комплекса (дальняя гидратация) и окружающей водой.

Энергия растворения минерального вяжущего в воде затворения характеристикой:

$$\frac{RT}{V_m} \ln \alpha = \frac{2\sigma}{r} - \frac{q^4}{8\pi\varepsilon} \cdot \frac{1}{r^4}, \quad (3)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; $V_m = M/\gamma$ – объем моля; M – молекулярный вес; γ – удельный вес растворяющейся фазы; $\alpha = c/c^\infty$ – степень пересыщения; σ – удельная свободная поверхностная энергия; r – радиус равновесных частиц (предполагается, что частицы имеют форму шара); q – электрический заряд частицы с радиусом (r); ε – диэлектрическая постоянная растворяющегося вещества.

Вода структурируется, т.е. приобретает особую регулярную структуру при воздействии внешних факторов, например, при замораживании-оттаивании воды (считается, что в такой воде сохраняются «ледяные» кластеры), воздействии постоянного магнитного или электромагнитного поля, при поляризации молекул воды и др. [2] Считается, что такая структурированная вода становится активной и несёт новые свойства.

Модифицированная вода обладает большей активностью вследствие изменения ионного состава, влияющего на величину pH, удельную электрическую проводимость и другие параметры. Это позволяет направленно воздействовать на процессы, происходящие в цементных системах [3].

Существует различные виды воздействия (способов обработки) на воду затворения: химическое модифицирование (реагентное) и физическое модифицирование (безреагентное) [4].

Химическое воздействие заключается в использовании химических добавок – пластификаторы (суперпластификаторы) для получения необходимой удобоукладываемости бетонной смеси, т. е. изменения ее подвижности. Применение химических добавок позволяет снизить водопотребность бетонной смеси и сократить расход вяжущих [5].

К физической активации воды относят такие воздействия: как магнитная и электромагнитная обработка, механическая, термическая, акустическая, плазменная, разрядно-импульсная, электрохимическая и др.

Магнитная обработка воды заключается в пропускании потока воды через магнитное поле. Анализ работ, посвященных магнитной активации воды затворения бетонных смесей, свидетельствует, что прочность изделий, изготовленных с применением магнитоактивированной воды, статистически достоверно возрастает. Магнитная обработка воды затворения влияет на процесс твердения: изменяется скорость схватывания и пластическая прочность цементного теста; уменьшаются размеры цементных гранул; активизируется процесс гидратации. Затворение бетонных смесей магнитоактивированной водой интенсифицирует процессы растворения и гидратации цемента в ранние сроки твердения и ускоряет выделение более мелких кристалликов, что приводит к уменьшению пористости, повышению плотности и морозостойкости бетонов [6].

Технология магнитной активации воды затворения разработана сравнительно давно, но до сих пор широкого применения в строительстве не находит. Одна из причин заключается в проблеме получения стабильного уровня активации воды. Это приводит к изменчивости проявляющихся свойств воды и плохой воспроизводимости результатов.

Кроме того, вода, активированная магнитным полем, полностью теряет вновь приобретенные свойства за очень короткий промежуток времени в силу своих релаксационных характеристик. Аналогичным недостатком страдает и разрядно-импульсный метод активации воды.

Следует признать приоритет электроактивации перед магнитной активацией, так как механизм влияния электроактивации хотя бы на феноменологическом уровне поддается логической интерпретации [7].

Существующие методики обработки воды электрическим полем позволяют в широких пределах изменять ее физико-химические свойства, насыщая ее до нужной концентрации электрическим зарядом [8].

Электрохимическая активация есть процесс получения веществ в метастабильном состоянии преимущественно из воды и растворенных в ней соединений посредством электрохимического воздействия с последующим использованием полученных метастабильных веществ в различных технологических процессах вместо традиционных химических реагентов.

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких часов повышенную реакционную способность. Так, например, наблюдается существенное изменение окислительно-восстановительного потенциала, связанного с активностью электронов в воде, электропроводности, pH и других параметров [9].

Однако существенным отрицательным фактором данного метода является сложность нахождения оптимальных режимов электрообработки (напряженность электрического поля, плотность тока, продолжительность обработки), которые, в свою очередь, зависят от множества других параметров (свой-

ства используемых материалов, физико-химические характеристики исходной воды, температура среды и пр.). Их можно определить только экспериментальным путем в заводских условиях, т. е. в каждом конкретном случае они будут меняться, что значительно снижает возможность широкого распространения описанного метода активации [10].

Более подробно рассмотрим несколько способов электрофизического воздействия на воду затворения.

Первый способ (см. рис. 1) основан на пропускании воды через камеру закручивания, которая снаружи изолирована электроизолирующей втулкой и покрыта корпусом. При этом происходит электризация жидкости до ее истечения путем подвода потенциала к штуцеру распылителя коронным разрядом.

- 1 – корпус; 2 – камера закручивания;
3 – электроизолирующая втулка;
4 – электропроводный стержень

Рис. 1. Форсунка для электростатического распыления

- 1 – шприц; 2 – предохранитель; 3 – киловольтметр;
4 – кольцо; 5 – радиальный кронштейн;
6 – вертикальный вал; 7 – понижающий редуктор

Рис. 2. Осаждение униполярно заряженного аэрозоля на проводниках и диэлектриках

Второй способ (см. рис. 2) обработки воды реализуется при подаче на шприц высокого напряжения, причем между иглой и землей возникает коронный разряд, в поле которого происходит направленное движение отрицательных ионов, распыление воды при истечении ее под давлением из коронирующей иглы шприца, движение капель вниз под действием электрических и гравитационных сил, осаждение капель в ёмкости, предназначенной для сбора воды.

В третьем способе (см. рис. 3) вода, проходя через отверстие между камерой для подачи жидкости и камерой, в которой располагаются два противоположно заряженных электрода активировалась, приобретая заряд. Далее через отверстие жидкость собиралась в ёмкости для сбора воды.

Рис. 3. Установка с использованием воды в качестве диэлектрика

а

б

в

*а – Система электродов,
б – установка активации воды в поле коронного барьерного разряда,
в – поперечный разрез*

Рис. 4. Зарядная камера для активации воды

Рис. 5. Экспериментальная установка

Экспериментальные исследования активации воды затворения были проведены в разрядной камере (см. рис. 4). Установка предназначена для пропускания распыленной воды диаметром около 3 мм через разряд, создающийся между проволочными электродами диаметром 2 мм, заключенными в трубки из кварцевого стекла с толщиной стенки 0,8 мм.

В первом случае пятнадцать грамм цемента растворяли в 0,5 литра дистиллированной воды для контрольных измерений. Во втором – в модифицированной воде для обработанных образцов. В обоих случаях раствор тщательно перемешивали в течение 35...40 сек. В смесь опускали датчик (см. рис. 6) так, чтобы уровень жидкости не доходил до бокового отверстия в датчике. Нажимали кнопку «измерение» и через 10 сек. снимали показания с цифрового табло. Измеренное значение, разделенное на 10, соответствует активности цемента (А), измеренное в МПа (см. рис. 7).

Рис. 6. Измеритель активности цемента ИАП-2

Динамика изменения активности цемента в зависимости от времени и вводимой мощности обработки образцов представлена на рис. 7.

Рис. 7. График зависимости показаний прибора от времени обработки материала

Результаты исследований:

Методы модифицирования воды в поле высоковольтного барьерного коронного разряда с переменным напряжением до 9,0 кВ позволяют повысить предел прочности при сжатии цементного камня в возрасте одних суток до 30 %.

Список литературы:

1. Слабожанин Г.Д., Алексеев А.А., Калинин Н.А. О влиянии УФ-облучения воды затворения на прочность цементного камня // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 2. С. 102-105.
2. Алексеев А.А., Хонин Д.В., Кузугашев А.Н. Влияние электрофизической активации поверхности сухих строительных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 1. С. 123-129.
3. Недавий О.И., Сафронов В.Н., Алексеев А.А. Некоторые аспекты активации минерального заполнителя в среде ионизированного воздуха // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2000. № 1. С. 186.
4. Алексеев А.А. Влияние электризации поверхности минерального заполнителя в технологии асфальтобетонных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2001. № 2. С. 100.
5. Алексеев А.А. Быстротвердеющие цементные системы // Наука и образование в жизни современного общества. 2013. С. 16-17.
6. Алексеев А.А., Гусаков А.М., Хонин Д.В., Кузугашев А.Н. Активация портландцемента в поле высоковольтного барьерного разряда // Строительство. 2009. Т. 2009. С. 152.
7. Алексеев А.А., Новостройный А.А. Формирование структуры и свойств цементного камня при воздействии высоковольтного барьерного разряда на минеральное вяжущее // Перспективные материалы в технике и строительстве (ПМТС-2013). Томск, 2013. С. 350-352.
8. Алексеев А.А. Высоковольтная активация цементных дисперсных систем // Развитие науки и образования в современном мире. АР-Консалт, 2015. С. 31-34.
9. Алексеев А.А. Высоковольтная активация битумных дисперсных систем // Современное общество, образование и наука. 2015. С. 14-17.
10. A. Alekseev, A. Gusakov. Influence of electrified surface of cementitious materials on structure formation of hardened cement paste. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2015.

© 2015, Алексеев А.А., Тарбеева Ю.В., Гаусс К.С., Мокшин Д.И.

Активация воды в дисперсных цементных системах в поле коронного барьерного разряда

© 2015, Alexeyev A.A., Tarbeeva J.V., Gauss K.S., Mokshin D.I.

Activation of water disperse cement system in the field of corona barrier discharge