

УДК 691.32

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail:gorbachps@mail.ru

Горбач Павел Сергеевич,
Савенков Андрей Иванович,
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: savenkov_andrey@mail.ru

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ МАТРИЦЫ ПЕНОБЕТОНА

Gorbach P.S., Savenkov A.I.

ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF THE FOAM CONCRETE MATRIX

Аннотация. В статье представлен метод электрохимической активации затворителя и рост прочности матриц пенобетона: контрольной и активированной анолитом и католитом. Показано соотношение прочностей матриц и оптимальный срок твердения.

Ключевые слова: пенобетон, матрица пенобетона, прочность на сжатие, анолит, католит.

Abstract. The article presents the method of electrochemical activation of the scavenger and the increase in the strength of the foam concrete matrices: control and activated by the anolyte and catholyte. Shows the ratio of the strengths of the matrix and the optimal time of hardening.

Keywords: foam concrete, foam concrete matrix, compressive strength, anolyte, catholyte.

Пенобетон легких марок — современный и перспективный строительный материал, который находит широкое применение в строительстве в качестве утеплителя.

Самым актуальным требованием качества для пенобетона является обеспечение необходимой прочности, которая в свою очередь, зависит от прочностных характеристик составляющей его матрицы. Гарантированную прочность матрицы возможно обеспечить применением высокомарочных цементов, а также активацией затворителя вяжущего и снижением влияния стерического эффекта на активированные компоненты бетонной смеси [1]. В настоящее время проводятся работы по исследованию взаимосвязей характеристик активированного затворителя с различными поверхностно-активными веществами.

Известны некоторые методы активации затворителя: магнитная, электромагнитная, механическая, ультразвуковая, термическая, электрохимическая, высоковольтная импульсная (эффект Юткина) [2].

Целесообразно модифицировать многие химические процессы, происходящие в цементном коллоиде в присутствии активной воды, в том числе и образование цементного камня, с повышением ее физико-химических свойств. Для этого необходимо ввести дополнительную энергию, которая расходова-

лась бы на увеличение химической активности атомов. В таком случае все методы активации возможно свести к энергетическому воздействию на молекулы воды. Активационная энергия может быть тепловой, механической или электрической.

В данной работе представлен метод электрохимической активации (ЭХА), который реализуется получением активированного затворителя в типовом электролизере «живой-мертвой» воды.

Ученый Хэмфри Дэви в первой половине XIX века, занимаясь электрическим разложением воды, заметил, что вблизи электродов жидкость приобретает либо кислотные, либо щелочные свойства. В нашей стране работы в данной области начаты в 1972 году исследованиями инженера Бахира В.М. в Ташкентском НИИ Природного Газа. Использование этого явления в практических целях создало основу для развития множества технологий ЭХА, сущность которых заключается в применении в различных технологических процессах растворов и воды именно в метастабильном состоянии, т.е. во время их наибольшей физико-химической активности. Жидкости в метастабильном состоянии после электрохимической униполярной обработки были названы В.М. Бахиром электрохимически активированными, а

технология их получения и применения - электрохимической активацией.

В соответствии с теорией циклов научно-технического развития Н.Д. Кондратьева, ЭХА является технологией пятого технологического уклада, т.е. технология, заменяющая громоздкие химические производства получения и применения метастабильных веществ вместо традиционных химических реагентов, позволяющая в десятки раз снизить расход химических реагентов или полностью исключить их использование.

Электрохимическая активация как физико-химический процесс — это совокупность осуществляемых в условиях минимального выделения тепла электрохимического и электрофизического воздействий на затворитель цемента. Действие происходит с ионами и молекулами растворенных веществ в области пространственного заряда у поверхности электрода при неравновесном переносе электронами заряда через границу между электродом и электролитом [3].

Различия между параметрами и свойствами подвергнутого электрохимической обработке раствора в метастабильном и стабильном (после окончания релаксации) состояниях тем больше, чем выше степень неравновесности предшествующего электрохимического воздействия (больше плотность тока, поляризация электрода), а также чем большее количество молекул обрабатываемого раствора вступает в физический контакт с поверхностью электрода. Кроме того, эти различия тем больше, чем ниже вероятность смешивания продуктов анодных и катодных электрохимических реакций во время протока обрабатываемого раствора через электродную камеру реактора (выше степень униполярности электрохимического воздействия), чем большую концентрацию долгоживущих гетерофазных структур, например, микроскопических газовых пузырьков, выполняющих роль ловушек-носителей для заряженных сверхактивных частиц, удастся создать в метастабильном растворе.

За счет электрохимических и структурных преобразований растворенных веществ и самой воды получают раствор, физико-химическая активность компонентов которого временно не соответствует концентрации продуктов электрохимических реакций - соответственно кислот и окислителей в анолите или щелочей и восстановителей в католите. Этот раствор проявляет свойства

окислительно-восстановительного и кислотно-основного катализатора в химических процессах. Поскольку продуктом электрохимической активации обычно являются растворы с изменяющимися (деградирующими) во времени полезными свойствами, ЭХА чаще всего используется совместно с технологиями, потребляющими этот продукт.

Затворителем, подвергающимся электрохимической обработке, является слабый водный раствор электролита с общей концентрацией от нескольких миллиграммов до нескольких граммов в одном литре. Удельная электропроводность такого раствора может значительно изменяться при небольшом изменении концентрации. В общем случае это ультрапресная, пресная, в том числе питьевая и техническая вода.

Обработка затворителя, который представлял собой воду с содержанием растворенных веществ не более 0,1 г/л, показала четкое разделение на католит (1) с показателем pH=10,1 и анолит (2), с показателем pH=3,7 (рисунок 1). Полученные активированные жидкости были использованы в дальнейшем для приготовления цементных растворов матриц пенобетона.

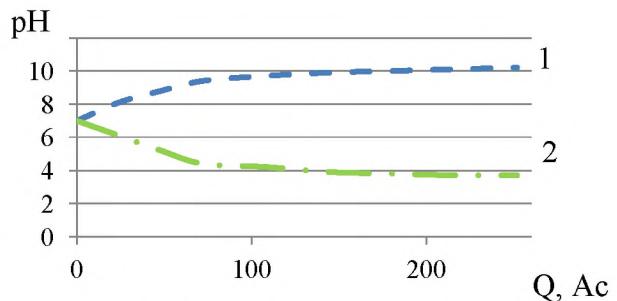


Рисунок 1 – Зависимость pH раствора от количества электричества:
1 – католит, 2 – анолит.

При электрохимической активации возможно без применения химических реагентов направленно изменять в очень широких пределах кислотно-основные, окислительно - восстановительные и каталитические свойства разбавленных водных растворов и собственно воды и использовать такие метастабильные жидкости вместо традиционных растворов химических реагентов в различных технологических процессах с целью экономии энергии, времени, материалов и затрат труда.

При электрохимическом разделении жидкости протекают следующие электрод-

ные процессы:

На катоде (-) $4\text{H}_2\text{O} + 4\hat{\text{e}} \rightarrow 2\text{H}_2\uparrow + 4\text{OH}^-$ - в растворе образуется «католит».

На аноде (+) $2\text{H}_2\text{O} - 4\hat{\text{e}} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2\uparrow$ - в растворе образуется «анолит».

Электрохимическая обработка затворителя изменяет состав растворенных газов, кислотно-основные и окислительно - восстановительные свойства в пределах больших, чем при химическом регулировании, что позволяет синтезировать из воды и растворенных веществ химические реагенты в метастабильном состоянии. Данный процесс используется для очистки и обеззараживания воды, а также для преобразования воды или разбавленных растворов электролитов в экологически чистые антибиотико-микробные, моющие, экстрагирующие и другие функционально полезные растворы, в том числе и для затворения вяжущего, но только до тех пор, пока они сохраняют повышенную физико-химическую активность.

Затворитель при электрохимической активации переходит в метастабильное состояние, которое характеризуется экстремальными величинами физико-химических параметров, электропроводности, кислотности и других физико-химических свойств. Затворитель, активированный у катода, обладает повышенной активностью электронов и имеет ярко выраженные щелочные свойства. Таким образом, затворитель, активированный у анода имеет пониженную активность электронов и проявляет кислотные свойства (рисунок 1).

Преимуществами данного метода активации являются как относительно невысокая величина затрат на изготовление установки для обработки воды, так и незначительные энергозатраты. Имеется теоретическое обоснование и оценка свойств электрохимически-активированной воды. Экспериментально выявлена достаточная повторяемость получаемых результатов.

Были проведены исследования сравнительной оценки прочности и ее роста для матриц, затворенных электрохимически-активированной водой. В эксперименте использовалось три вида затворителей: контрольный (чистая вода), и два вида метастабильных продуктов электрохимических реакций - анолит и католит, полученные на электролизере под воздействием постоянного тока при напряжении 220 вольт в течение трех минут. На данных затворителях произ-

ведены параллельные замесы растворов на цементе М400 и изготовлены стандартные балочки 40x40x160 мм. После распалубливания балочки набирали прочность в камере нормального твердения в течение 3, 7, 14, 28 суток. В эти сроки из партии образцов отбирались очередные пробники и производились испытания половинок балочек на прочность при сжатии. По полученным результатам были построены графики роста прочности в 3, 7, 14, 28-суточном возрасте матрицы (рисунок 2).

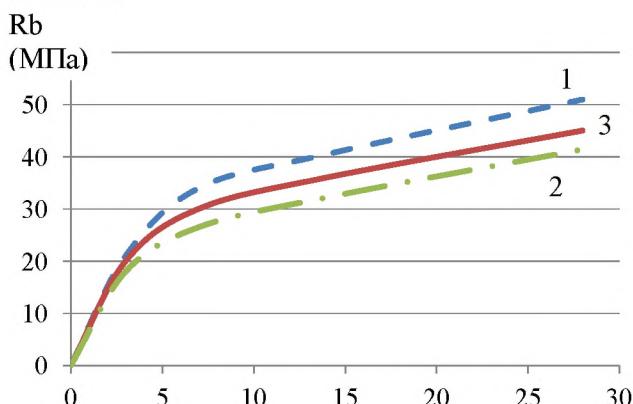


Рисунок 2 – Рост прочности матриц, затворенных анолитом, католитом и контрольным затворителем: 1 – католит, 2 – анолит, 3 – контроль.

Выявлено, что матрица, затворенная католитом, показала конечную прочность 51 МПа, что на 13 % выше контрольной и на 23 % выше, чем у матрицы, затворенной анолитом, итоговая прочность которой составляет 41,4 МПа. В целом, можно утверждать, что характер изменения значений прочности цементного камня матриц, затворенных анолитом, католитом и контрольных в течение 28 суток нормального твердения практически не отличается от классической закономерности набора прочности и адекватно описывается логарифмической моделью:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28} \quad (1)$$

где R_n – прочность матрицы на сжатие, МПа; n – сутки.

Исходя из этого можно утверждать, что процесс набора прочности всех трех видов цементного камня матриц в нормальных условиях составляет 28 суток.

Таким образом, исходя из данных, полученных экспериментально, можно сделать вывод о том, что применение активированного затворителя типа «католит» при подготовлении пенобетонной смеси вполне целесообразно и может быть рекомендовано для производства товарного пенобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Savenkov A.I., Baranova A.A., Gorbach P.S. Confronto di forza e matrix schiuma su schiumogeni sintetici e di protein ITALIAN SCIENCE REVIEW. March, № 3 (12), 2014.
2. Савенков А.И. О природе высоковольтной импульсной активации. (тезисы) Современные технологии и научно - технический прогресс - Тезисы докладов научно - технической конференции – Ангарск: АГТА, 2002.
3. Савенков А.И. О природе электрохимической активации затворителя. (тезисы) Современные технологии и научно - технический прогресс - Тезисы докладов научно - технической конференции – Ангарск: АГТА, 2001.

УДК 691.32

Горбач Павел Сергеевич,
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: gorbachs@mail.ru
Савенков Андрей Иванович,
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: savenkov_andrey@mail.ru

Плосконосова Алена Олеговна, Бухаров Алексей Александрович,
магистранты кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет».

ДИНАМИКА РОСТА ПРОЧНОСТИ МАТРИЦЫ ПЕНОБЕТОНА С ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕМ

Gorbach P.S., Savenkov A.I., Ploskonosova A.O., Bukharov A.A.

THE GROWTH IN THE STRENGTH OF THE MATRIX CONCRETE FOAMING AGENT

Аннотация. В статье рассмотрен рост прочности матриц пенобетона: контрольной и с введенным в состав синтетическим и протеиновым пенообразователем нового поколения. Показано соотношение прочностей матриц и оптимальный срок твердения.

Ключевые слова: пенобетон, матрица пенобетона, прочность на сжатие.

Abstract. The article considers the growth of strength of foam concrete matrices: control and introduced into the composition of synthetic and protein foaming agent of a new generation. Shows the ratio of the strengths of matrices and the optimal time of hardening.

Keywords: foam concrete, foam concrete matrix, compressive strength.

Пенобетон как современный и перспективный строительный материал находит применение для устройства стенового ограждения, утепления кровель и перекрытий.

Важным технологическим требованием к бетону является сокращение времени схватывания и набора прочности, что ускоряет строительный процесс.

Известно, что наличие поверхностно-активных веществ в цементном коллоиде затрудняет процесс схватывания и снижает прочность [1]. Отрицательное влияние ПАВ на рост прочности количественно с максимально возможной достоверностью для пенобетона низких марок по плотности можно оценить на цементной матрице. Матрицей ячеистого бетона является цементный камень

без заполнителя или с минимальным его количеством. Таким образом, при работе с матрицей исключается фактор организованной пористости, который может являться помехой в чистоте эксперимента [2].

Прочность на сжатие пенобетонного изделия напрямую зависит от прочности составляющей его матрицы. Как основа пенного тела, она в малоизмененном виде является материалом тонких межпоровых перегородок. При добавлении в состав цементного раствора поверхностно активных веществ (ПАВ), коэффициент поверхностного натяжения раствора снижается, что в свою очередь делает технологически возможным формирование мелкопористой структуры ячеистого бетона. Но в присутствии поверх-