

УДК: 666.913.035:579.852.11

А. К. Мырина*, С.П.Сивков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

* e-mail: mymrina_aleksandra@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМИНЕРАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ БЕТОНОВ

Бетонные конструкции склонны к образованию трещин, что отрицательно влияет на структурную целостность и прочность бетона. Обойти дорогостоящие реставрационные работы позволяет альтернативный метод, основанный на обработке поверхности бетона микроорганизмами.

Ключевые слова: цементный камень, микробиологическое осаждение карбоната кальция.

Бетон является основным видом строительных материалов. Главным недостатком бетона является его склонность к растрескиванию. Принято считать, что долговечность бетона напрямую связана с характеристиками его пористой структуры. Ухудшение структуры зависит от воздействия агрессивных газов и жидкостей, которые проникают в поры и образуют микротрещины. Целью настоящей работы явилось исследование возможности микробиологического осаждения карбоната кальция для поверхностного упрочнения бетонов.

Биоминерализация – это процесс осаждения минеральных веществ под воздействием микроорганизмов [1]. Основными группами организмов, осуществляющих осаждение минеральных веществ, являются микроводоросли, цианобактерии, уробактерии [2]. В данной работе использовались уробактерии *Bacillus Sphaericus* и *Bacillus Subtilis* в питательной среде, содержащей карбамид $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и источник ионов кальция.

Бактерии используют карбамид в качестве источника энергии; при этом образуются ионы CO_3^{2-}

и NH_4^+ , которые повышают pH среды и вызывают осаждение ионов Ca^{2+} в виде CaCO_3 [3].

На первом этапе работы для получения модельного цементного камня формовались образцы – балочки размерами $1 \times 1 \times 3$ см на основе портландцемента при В/Ц=0,35. Твердение образцов проходило в воздушно-влажностных условиях в течение 28 суток. После сушки образцов в течение 2 часов при температуре 110°C образцы были поделены на 8 групп. Две контрольные группы хранились до проведения испытаний в сухих условиях. Остальные группы образцов погружали в питательные среды, содержащие культуры бактерий и источники ионов кальция. В качестве источников ионов кальция были использованы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaCl_2 .

Прочностные характеристики, коэффициент капиллярного водопоглощения (ККВП) и открытая пористость образцов цементного камня до и после микробиологической обработки представлены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1. Структурно-прочностные характеристики цементных образцов при использовании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в качестве источника ионов Ca^{2+}

Свойства образцов	Контрольная группа	После микробиологической обработки		
		Раствор 1	Раствор 2	Раствор 3
		Питательная среда+мочевина+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Питательная среда+мочевина+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + <i>Bacillus Sphaericus</i>	Питательная среда+мочевина+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + <i>Bacillus Subtilis</i>
Прочность при изгибе, МПа	8,8	6,3	6,1	5,9
Прочность при сжатии, МПа	41,9	43,9	44,2	46,8
Пористость открытая, $\text{см}^3/\text{г}$	0,177	0,139	0,133	0,133
ККВП, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}}}$	0,056	0,037	0,033	0,032

Таблица 2. Структурно-прочностные характеристики цементных образцов при использовании CaCl_2 в качестве источника ионов Ca^{2+}

Свойства образцов	Контрольная группа	После микробиологической обработки		
		Раствор 1	Раствор 2	Раствор 3
		Питательная среда+мочевина+ CaCl_2	Питательная среда+мочевина+ $\text{CaCl}_2+\text{Bacillus Sphaericus}$	Питательная среда+мочевина+ $\text{CaCl}_2+\text{Bacillus Subtilis}$
Прочность при изгибе, МПа	8,8	6,3	6,6	5,5
Прочность при сжатии, МПа	41,9	53,2	49,6	57,7
Пористость открытая, $\text{см}^3/\text{г}$	0,177	0,155	0,151	0,147
ККВП, $\frac{1}{\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}$	0,056	0,046	0,045	0,043

Как видно из полученных результатов, открытая пористость и ККВП цементного камня снижаются в результате формирования микрокристаллов CaCO_3 в порах цементного камня, что приводит к росту прочности образцов при сжатии. Однако прочность образцов при изгибе снижается, что связано, вероятно, с заполнением поверхностных пор образцов микрокристаллами кальцита, что приводит к возникновению растягивающих напряжений.

Таким образом, обработка затвердевших цементных образцов растворами, содержащими культуры бактерий *Bacillus Sphaericus*, *Bacillus Subtilis* и источник ионов кальция, приводит к снижению открытой пористости и ККВП цементного камня, а также росту его прочности при сжатии.

Мымрина Александра Константиновна, студентка 4 курса факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия, Москва.

Сивков Сергей Павлович, к.т.н., заведующий кафедрой химической технологии композиционных и вяжущих материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия, Москва.

Литература

1. Hamilton, W.A. Microbially influenced corrosion as a model system for the study of metal microbe interactions: a unifying electron transfer hypothesis // *Biofouling*.—2003. Vol 19. P. 65—76.
2. Ушатинская Г.Т., Герасименко Л.М., Жегалло Е.А., Орлеанский В.К. Роль бактерий в осаждении карбонатов, фосфатов и силикатов в природных условиях и в эксперименте // Избранные тезисы докладов международного рабочего совещания —2005.С.177—178.
3. Максимович Н.Г, Хмурчик В.Т. Биотехнологии в инженерной геологии // Инженерная геология—2014. — № 3. — С.20-21.

*Mymrina Aleksandra Konstantinovna**, *Sivkov Segrei Pavlovich*

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

* e-mail: mymrina_aleksandra@mail.ru

APPLICATION OF BIOMINERALIZATION FOR SURFACE REINFORCEMENT OF CONCRETE

Abstract

Concrete structures tend to crack formation that negatively affects on the structural integrity and strength of concrete. To avoid expensive restoration work allows an alternative method based on the processing of concrete surface by microorganisms.

Key words: cement stone, microbiologically induced calcium carbonate precipitation.