

УДК 691.32

***ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩЕГОСЯ
ЭЛАСТИЧНОГО БЕТОНА***

Корнюхин А.В.*к.т.н., доцент,**Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пенза, Россия****Васючкова В.В.****магистр,**Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
Пенза, Россия***Аннотация**

В статье рассмотрен самовосстанавливающийся бетон с микрокапсулированным нитратом кальция. Рассмотрены его состав, вещества, способствующие приобретению самовосстанавливающихся свойств, пути решения проблем при разработке материала. Описаны возможные области применения, перспективы внедрения эластичного бетона в строительную сферу. Также в статье приведены основные преимущества и недостатки нового типа бетона. Актуальность статьи обусловлена необходимостью поиска наиболее эффективного способа предотвращения повреждений бетонной инфраструктуры и потребностью в увеличении срока службы конструкций зданий и сооружений. Основная цель написания статьи состояла в том, чтобы оценить использование нитрата кальция в качестве «лечебного средства» и

рассмотреть его влияние на механизмы самовосстанавливающихся бетонных материалов. В заключении статьи приведены основные выводы о применении капсул нитрата кальция в самовосстанавливаемом бетоне, сравнение характеристик рассматриваемых типов бетона.

Ключевые слова: самозалечивающийся бетон, эффективность в эксплуатации, устойчивость к трещинам, регенерация, долговечность.

APPLICATION IN CONSTRUCTION OF SELF-HEALING ELASTIC CONCRETE

Kornyukhin A.V.

PhD, Associate Professor,

Penza State University of Architecture and Construction,

Penza, Russia

Vasyuchkova V.V.

master,

Penza State University of Architecture and Construction,

Penza, Russia

Annotation

The article discusses self-healing concrete with microencapsulated calcium nitrate. Its composition, substances promoting the acquisition of self-healing properties, ways of solving problems in the development of the material are considered. Possible applications, prospects for the introduction of elastic concrete in the construction industry are described. The article also describes the main advantages and disadvantages of a new type of concrete. The relevance of the article is due to the

need to find the most effective way to prevent damage to concrete infrastructure and the need to increase the service life of structures of buildings and structures. The main purpose of writing this article was to evaluate the use of calcium nitrate as a healing agent and to consider its effect on the mechanisms of self-healing concrete materials. The article concludes with the main conclusions about the use of calcium nitrate capsules in self-healing concrete, a comparison of the characteristics of the concrete types under consideration.

Keywords: Self-healing concrete. Operational efficiency. Crack resistance. Regeneration. Durability.

Бетон представляет собой каменный строительный материал, который состоит из вяжущего вещества, крупного и мелкого заполнителя, а также воды. Как известно, бетон – один из долговечных материалов, обладающий повышенной огнестойкостью и прочностью [3]. Все же на сегодняшний день существует такая проблема, как нарушение структуры бетона вследствие воздействия с течением времени различных факторов, таких как: механические воздействия, вибрация, агрессивные среды. Это способствует появлению целому ряду опасных явлений. К ним относятся:

- нарушение герметичности стен, перекрытий и др.;
- коррозия арматуры;
- снижение прочности;
- коррозия бетона;
- нарастание процессов разрушения.

Такие процессы возможно предупредить в случае их обнаружения на начальном этапе. К сожалению, для обеспечения этого необходимы большие затраты денег и труда, к тому же сложно (порой невозможно) предсказать вероятные изменения.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Для устранения в бетоне незначительных повреждений применяют оштукатуривание цементно-песчаным раствором. В случае, когда структура бетона значительно нарушена, то предотвратить повреждение бетона можно при помощи торкретирования или устройства железобетонной обоймы. Главная задача для предотвращения повреждения бетона - выбор наиболее эффективного из способов. При торкретировании, как и при устройстве железобетонной обоймы, участвуют дополнительные материалы и оборудование, которые стоят денег [2]. В качестве альтернативы обычному бетону можно применять самовосстанавливающийся бетон, что позволит предотвратить в дальнейшем потребность в использовании каких-либо мер по устранению повреждений. К тому же, отсутствие потребности в восстановлении повреждений бетона, в свою очередь, вовсе устранил дополнительные затраты.

В США было проведено исследование бетона, в который добавляли микрокапсулы нитрата кальция. Целью эксперимента являлось определение оценки использования нитрата кальция в качестве «лечебного средства» и влияния на механизмы самовосстановления бетонных материалов [1].

За основу самовосстанавливающегося бетона взято важное свойство регенерации человеческого скелета, в котором немаловажную роль играет кальций, а он, в свою очередь, придает пластичность и прочность костям человека. Бактерии *Bacillus pseudofirmus* и *Sporosarcina pasteurii* входят в состав рассматриваемого бетона. Микроорганизмы имеют способность к выживанию в щелочной среде бетона без их обеспечения дополнительными питательными веществами. Образование карбоната кальция, содержащего 40% кальция, происходит при реакции взаимодействия вышеприведенных бактерий с водой. Благодаря действию влаги микроорганизмы начинают образовывать известковое вещество, играющее в бетоне роль «пластыря».

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Испытания на прочность на сжатие проводились в соответствии со стандартом ASTM C39, и испытанные цилиндры имели размеры 152 мм × 305 мм и 102 мм × 203 мм [3].

Модуль упругости бетона измеряли в соответствии со стандартом ASTM C469. После того как была измерена предельная прочность, был испытан модуль упругости до повреждения. Затем было выполнено модифицированное испытание модуля упругости после приложения 80% предельной нагрузки, чтобы вызвать повреждение, но сохранить целостность образцов. После этого образцы оставляли для лечения путем погружения в воду, и модуль упругости повторно проверяли через 14 дней. Затем образцы, содержащие микрокапсулы, и контрольные образцы сравнивали [4].

При разработке самовосстанавливающегося бетона было необходимо решить вопросы, такие как: питание бактерий и их количественный контроль.

Изначально первый вопрос намеревались решить при помощи добавления раствора сахара в состав бетона. После этого параметры бетона лишь ухудшились. Было принято решение об использовании лактата кальция в качестве источника питания, который минимально влиял на свойства бетона, или же не влиял вовсе [5].

Вторую проблему смогли решить впоследствии ввода микроорганизмов в спящий режим, в котором при обеспечении необходимых условий они имеют возможность находиться до 200 лет.

После этого изначальная мысль приобрела реальные очертания. В капсулы из биоразлагаемого пластика, имеющие размеры от 2 до 4 мм, помещают лактат кальция. Сами капсулы размещают в растворе бетона, добавляют различные химически активные вещества. Когда образовывается трещина в бетоне, внутрь проникает вода, и капсулы активизируются. Те

Дневник науки | www.dnevnikaui.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

начинают выделять известняк при потреблении пищевого ресурса, вследствие чего «рана» в теле бетона залечивается [4].

Микрокапсулы, содержащие нитрат кальция в качестве «лечебного средства», были испытаны на их способность к самовосстановлению бетона при их включении в вяжущее вещество [5]. Было исследовано влияние содержания микрокапсул для определения наилучшей концентрации (по массе цемента). Протестированные концентрации составляли 0,25%, 0,50%, 1,00%, 1,20% и 2,0%. Лабораторная оценка образцов бетона с микрокапсулами и без них основывалась на испытании на прочность при сжатии, модуле упругости и поверхностном удельном сопротивлении.

После того, как все образцы были повреждены и оставлены для лечения путем погружения в воду на 64-66 дней, были проведены испытания на прочность при сжатии [2]. Как правило, чем выше концентрация микрокапсул, тем ниже прочность на сжатие независимо от диаметра микрокапсул. Единственное исключение было обнаружено для микрокапсул, приготовленных при скорости перемешивания 1500 об/мин, так как образцы с концентрацией микрокапсул 0,50% имели более высокую прочность на сжатие, чем образцы с концентрацией микрокапсул 0,25%. Это связано с тем, что образцы с концентрацией микрокапсул 0,50% имели более низкое содержание воздуха, чем образцы с концентрацией микрокапсул 0,25%. Тем не менее, роль механизма заживления также могла быть способствующим фактором, учитывая, что восстановление модуля упругости было несколько выше для образцов с концентрацией микрокапсул 0,50%, чем для образцов с концентрацией микрокапсул 0,25%. Кроме того, образцы, приготовленные при скорости перемешивания 1500 об/мин, показали более высокие значения прочности на сжатие при более высоких концентрациях микрокапсул, чем образцы, приготовленные при скоростях перемешивания 450 и 800 об/мин [1].

Таблица 1 - Сравнение характеристик обычного и самовосстанавливающегося бетонов

Характеристики	Обычный бетон	Самовосстанавливающийся бетон
Образование трещин	+	временно
Долговечность	до 100 лет	более 200 лет
Плотность бетона	до 2500 кг/м ³ и выше	до 1800 кг/м ³
Прочность при сжатии	B15	B25
Прочность при изгибе	Vtb6,8	Vtb8
Способность к регенерации	-	+

В итоге эксперимента были сделаны следующие выводы.

- Концентрация добавленных микрокапсул и их размер оказали непосредственное влияние на прочность бетона на сжатие. По мере увеличения концентрации микрокапсул прочность бетона снижалась. При увеличении размера микрокапсул содержание воздуха в бетоне увеличивалось.
- Поверхностное удельное сопротивление было практически одинаковым для контрольных и микрокапсулсодержащих образцов, за исключением контрольных образцов и смесей с 0,25% микрокапсулами, которые имели высокую поверхностную проницаемость.
- Самовосстанавливающийся бетон показал лучшие значения модуля упругости в результате нагружения-разгружения образцов до 80% от разрушающей нагрузки. При этом оптимальная концентрация микрокапсул зависела от размеров микрокапсул. Самые большие микрокапсулы были изготовлены при скорости перемешивания 450 об / мин, а самые маленькие микрокапсулы были изготовлены при скорости перемешивания 1500 об / мин. В целом, концентрация микрокапсул от 0,50% до 1,00% давала наилучшие результаты.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

В целом, результаты этого исследования показали, что хотя микрокапсулы вызывали снижение прочности бетона на сжатие, они повышали способность самовосстановления бетона. Данный тип бетона, в сравнении с обычным бетоном, обладает способностью к регенерации, а также более эластичен, устойчив к трещинам и на 40-50% легче.

При воздействии достаточно сильных изгибающих нагрузок данный бетон не ломается, а после снятия нагрузки с его поверхности, бетон запускает процесс самовосстановления.

Анализируя показатели самовосстанавливающегося бетона и обычного (таблица 1), можно сделать вывод, что первый является более эффективным в эксплуатации и имеет перспективу внедрения при строительстве ответственных конструкций, будь то дороги или мосты. В жилом строительстве его распространению препятствует высокая цена. Сейчас 1 м³ бетона без микрокапсул стоит в 3 раза дешевле инкапсулированного бактериями бетона. В настоящее время это является единственным минусом разработанного бетона. Конечно, цена самозалечивающегося бетона будет выше цены обычного, но все же такая разница сможет окупить себя за достаточно долгий срок эксплуатации бетонных сооружений без стороннего вмешательства человека.

Библиографический список:

1. Jose Milla, Marwa M. Hassan, Tyson Rupnow, Mohamed Al-Ansari and Gabriel Arce. «Effect of self-healing calcium nitrate microcapsules on concrete properties»: [Electronic resource] / Transportation Research Record // Academia: 2016. №2577. URL: https://www.academia.edu/31013208/Effect_of_Self_Healing_Calcium_Nitrate_Microcapsules_on_Concrete_Properties/

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Специальные бетоны: учебное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин – М.: Инфра-Инженерия, 2012.
3. Мещеряков Ю.Г., Фёдоров С.В. Строительные материалы: учебник / Ю.Г. Мещеряков, С.В. Фёдоров – СПб.: ЦИПК, 2013.
4. Татьяна О.А. Исследование влияния тонкодисперсных карбонатных добавок на свойства растворов и бетонов // Успехи в химии и химической технологии. – 2008. – Т. XXIII, №7. – С.10-13.
5. Хомченко Г.П. Общая химия: учебник / Г.П. Хомченко – М.: Новая волна, 2008.

Оригинальность 85%