

Список литературы: 1. Пат. 74444 Украины, МПК В28С5/14. Змішувач для приготування будівельної суміші / *Емельянова И.А., Баранов А.Н., Блажко В.В., Тугай В.В.*; заявник та патентовласник ХДТУСА. – опубл. 15.12.05, Бюл. 12. 2. *Емельянова И.А.* Особенности рабочего процесса принудительно-гравитационного бетоносмесителя / *И.А. Емельянова, В.В. Блажко, А.И. Анищенко* // Научный вестник строительства. – 2009. – Вып. 54. – С. 317 – 325.

Поступила в редколлегию 25.07.11

УДК 666.9

А.А. ПЛУГИН, докт. техн. наук, проф., УГАЖТ, Харьков,
М.Г. САЛИЯ, аспирант, ХГТУСА, Харьков,
Т.А. КОСТЮК, канд. техн. наук, доц., ХГТУСА, Харьков

ИЗОТРОПНОЕ МИКРОАРМИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Досліджено вплив комплексної органомінеральної добавки, що включає тонкодисперсний кальцит і скловолокно, на властивості цементного каменю гідроізоляційних сухих сумішей.

Исследовано влияние комплексной органоминеральной добавки, включающей тонкодисперсный кальцит и стекловолокно, на свойства цементного камня гидроизоляционных сухих смесей.

The influence of complex organomineral supplements, including fine-grained calcite and glass on the properties of cement waterproofing dry mixes.

В настоящее время для гидроизоляции широко применяются сухие смеси на основе портландцемента. Несмотря на применение водоредуцирующих добавок, их недостатком является склонность к усадке при твердении, приводящей к образованию микротрещин и снижению водонепроницаемости. Одним из традиционных путей снижения усадки таких составов является введение глиноземистого клинкера, гипса или других компонентов, обеспечивающих расширение цементного камня [1, 2]. Однако этим процессом трудно управлять, а цементный камень впоследствии может подвергнуться деструкции вследствие перекристаллизации гидросульфоалюминатов и т.п.

Цель работы – теоретическое и экспериментальное обоснование повы-

шения водонепроницаемости цементного камня без введения глиноземистого клинкера и т.п.

Выполнен анализ литературных данных по исследуемой проблеме. Установлено, что широкие возможности для управления физико-механическими и гидрофизическими свойствами цементного камня открывает применение минеральных добавок, основывающееся на анализе его структуры как «микробетона Юнга» [1, 3].

В [4] установлено, что цементный камень портландцемента с добавками карбонатных пород по показателям прочности, коррозионной стойкости, морозостойкости не уступает бездобавочному портландцементу. Отмечается также, что вместо C_3AH_6 образуются C_4AH_x и гидрокарбоалюминат кальция $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ – гексагональные пластинчатые кристаллы, образующие прочно сросшиеся агрегаты в виде плотных войлочных скоплений с отчетливой щетинообразной зоной на поверхности карбонатных частиц. Однако в [4] лишь констатируются соединения и их морфология, природа же контактов и взаимодействий между элементами структуры не анализируется.

Физико-механические свойства материалов на основе портландцемента, особенно прочности на изгиб и растяжение, износостойкости повышают также введением волокнистых компонентов – асбеста, стекловолокна, стальной или полипропиленовой фибры [1; 2 и др.].

В [5, 6] показано, что важная роль в формировании свойств цементного камня принадлежит электроповерхностным свойствам его составляющих и взаимодействиям между ними. Так, в [7] установлено, что в смеси из перлитового песка, портландцемента и комплексной добавки в порах перлита, обладающего отрицательным поверхностным зарядом, образуются кристаллы гидроалюминатов кальция с положительным поверхностным зарядом. В [8] на основе учета электроповерхностных взаимодействий было достигнуто повышение прочности и снижение усадки цементного камня за счет введения комплексной добавки, включающей дисперсный кальцит.

Выдвинута гипотеза о повышении физико-механических свойств, в т.ч. водонепроницаемости цементного камня за счет введения комплексной добавки, включающей дисперсный кальцит, стекловолокно и ускорители твердения – хлорид и нитрат кальция $CaCl_2$ и $Ca(NO_3)_2$. Стекловолокно, являясь подложкой для образования продуктов гидратации, обеспечит своеобразное изотропное микроармирование цементного камня их пространственной структурой, насыщенной электрогетерогенными контактами (рис. 1), что

обеспечит повышение прочности на растяжение и предотвращение усадки даже при растворении стекловолокна в щелочной среде цементного камня.

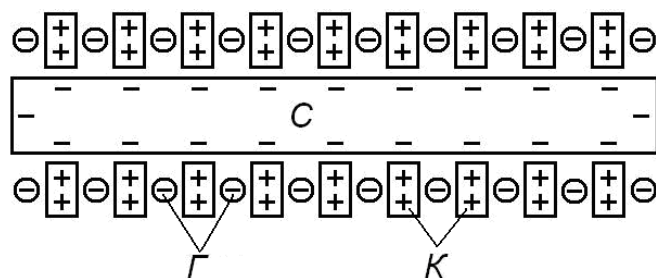


Рис. 1. Предполагаемая структура продуктов гидратации цемента вокруг стекловолокна:

С – стекловолокно; К – кристаллогидраты портландита, гидроалюминатов и гидросульфоалюминатов кальция; Г – частицы гидросиликатного геля

Результаты исследований. Поверхностный заряд стекловолокна определен исходя из его среднего стехиометрического состава $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2$ [1] и электроповерхностных потенциалов оксидов [5] по методике [5]:

- абсолютный электроповерхностный потенциал:

$$\psi_{\text{эн}}^0 = (2,207 + 1,37 + 6 \times 0,56) / 8 = +0,217 \text{ В};$$

- равновесный электроповерхностный потенциал при $\text{pH} = 12$ (порового электролита цементного камня):

$$\psi_{\text{эн}}^p = \psi_{\text{эн}}^0 - 0,059 \text{pH} = 0,217 - 0,059 \times 12 = -0,499 \text{ В},$$

где 2,207; 1,37; 0,56 – абсолютные электроповерхностные потенциалы Na_2O , CaO и SiO , соответственно.

Таким образом, в среде цементного камня стекловолокно обладает отрицательным поверхностным потенциалом $\psi_{\text{эн}}^p = -0,499 \text{ В}$ зарядом и может быть подложкой для кристаллизации продуктов гидратации с положительным поверхностным зарядом, что соответствует схеме на рис. 1.

Проведены электронно-микроскопические исследования сколов цементного камня добавкой стекловолокна и комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 с помощью сканирующего электронного микроскопа. Результаты исследований представлены на рис. 2 ÷ 4.

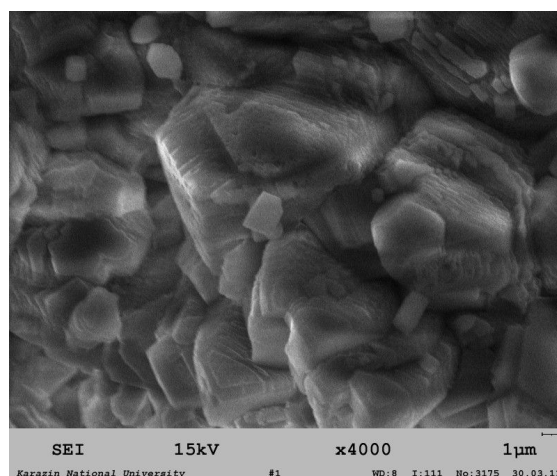
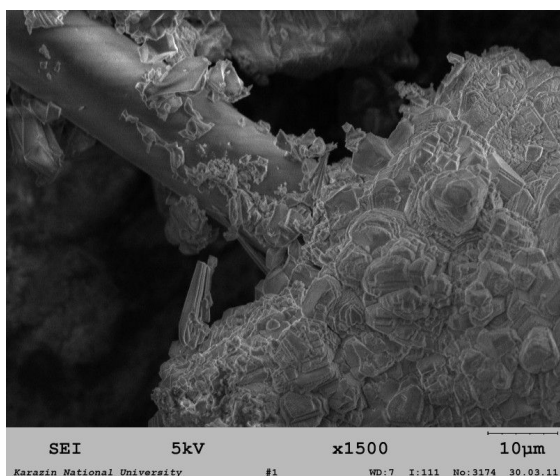


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки сколов цементного камня с добавкой стекловолокна на 28 сутки твердения

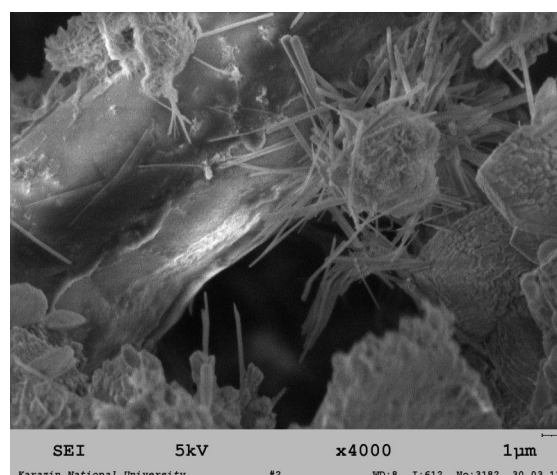
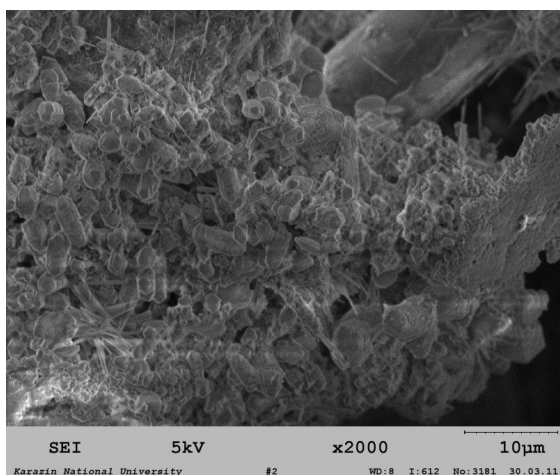


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки сколов цементного камня с комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 на 7 сутки твердения.

На рис. 2 приведены электронно-микроскопические снимки (ЭМС) цементного камня с добавкой только стекловолокна на 28 сутки твердения. Из рис. 2 видно, что стекловолокно (диаметр волокон до 10 мкм) обросло продуктами гидратации – преимущественно гексагональными пластинчатыми кристаллами размером до 5 мкм, характерными для портландита.

На рис. 3 представлены ЭМС цементного камня с комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ на 7 сутки твердения. Из рис. 3 видно, что стекловолокно обросло продуктами гидратации, в составе которых имеются иглообразные кристаллы длиной до 5 мкм, характерные для этtringита, гидрокарбоалюминатов, гидрохлоралюминатов кальция, а на поверхности стекловолокна наблюдаются следы эрозии.

На рис. 4 приведены ЭМС того же цементного камня на 14 сутки твердения. Из рис. 4 видно, что стекловолокно обросло продуктами гидратации – гексагональными (характерными для портландита, гидромоносульфатоалюмината кальция) и кубическими (характерными для гидроалюмината кальция) кристаллами размером до 2 мкм.

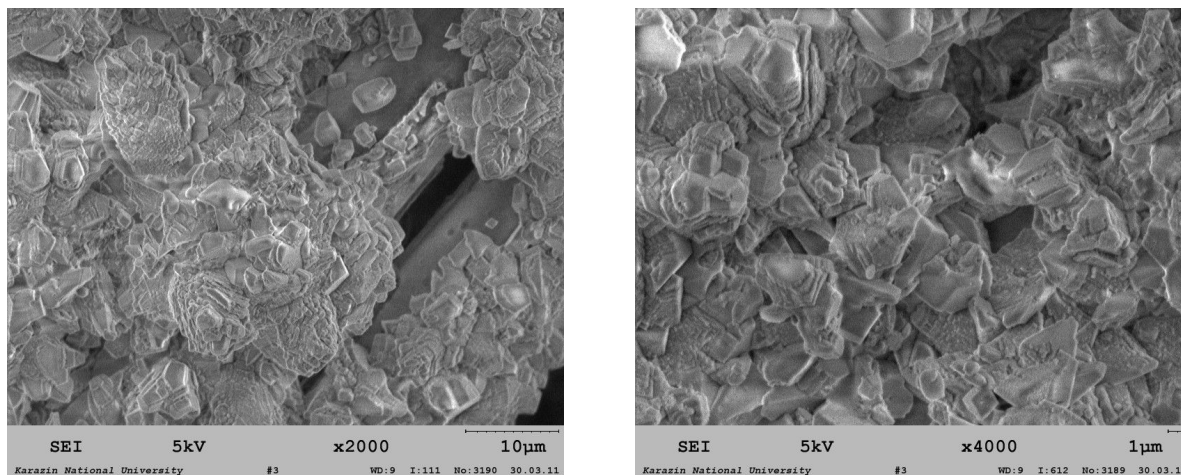


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки сколов цементного камня с комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 на 14 сутки твердения.

На рис. 5 представлены ЭМС того же цементного камня на 28 сутки твердения.

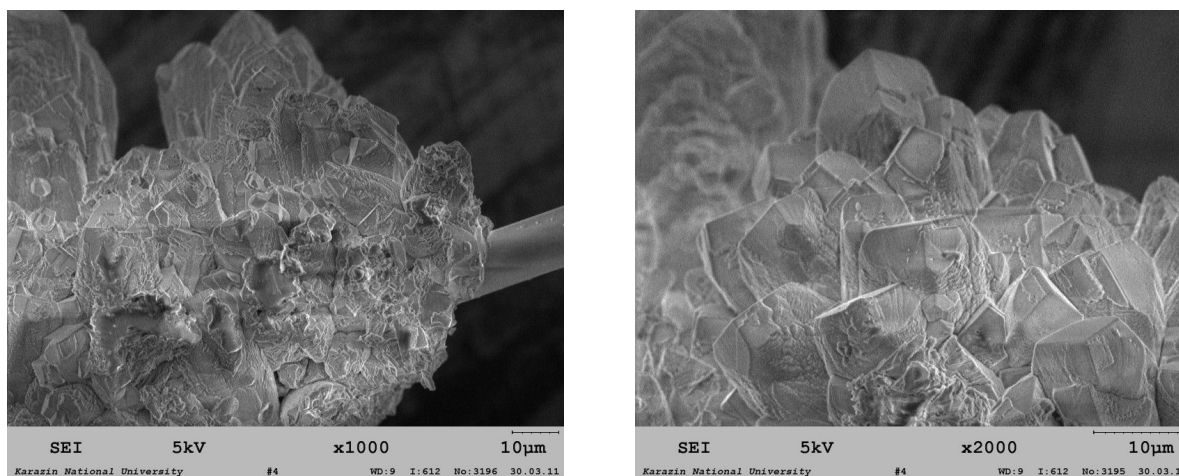


Рис. 5. Электронно-микроскопические снимки сколов цементного камня с комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 на 28 сутки твердения

Из рис. 5 видно, что стекловолокно обросло продуктами гидратации, среди которых наблюдаются преимущественно гексагональные (характерны

для портландита, гидромосульфоалюмината кальция) и кубические (гидроалюмината кальция) кристаллы размером до 10 мкм.

На большинстве приведенных снимков между кристаллами просматриваются мелкие частицы и агрегаты гидросиликатного геля, обладающего отрицательным поверхностным зарядом.

Таким образом, электронно-микроскопические снимки соответствуют схеме рис. 1.

Были исследованы зависимости прочности на сжатие и изгиб, марки по водонепроницаемости мелкозернистого бетона с комплексной добавкой дисперсного кальцита, стекловолокна, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и CaCl_2 от содержания кальцита и стекловолокна. Результаты исследования представлены на рис. 6.

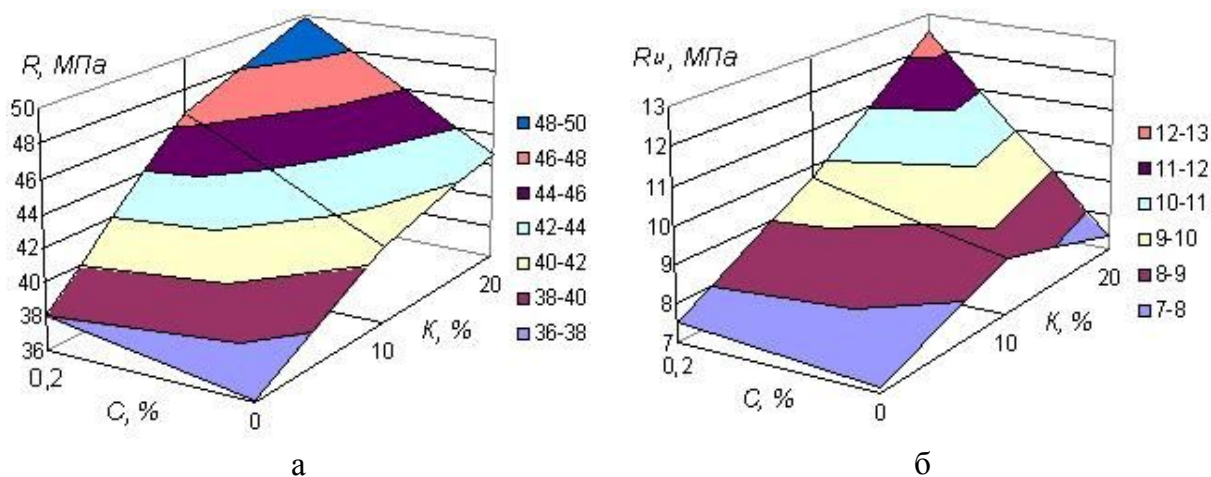


Рис. 6. Зависимость прочности на сжатие R (а) и изгиб R_n (б) мелкозернистого бетона от содержания дисперсного кальцита K , % от массы цемента и стекловолокна C , % от массы цемента.

Выводы:

1. Установлено, что в среде цементного камня стекловолокно обладает отрицательным поверхностным зарядом и является подложкой для кристаллизации продуктов гидратации с положительным поверхностным зарядом – портландита, гидроалюминатов, гидросульфоалюминатов кальция, а при введении добавок кальцита и хлоридов – гидрокарбоалюминатов, гидрохлоралюминатов кальция. Это обеспечивает своеобразное изотропное микроармирование цементного камня плотной пространственной структурой, насыщенной электрогетерогенными контактами между кристаллогидратами и частицами гидросиликатного геля даже при растворении стекловолокна в щелочной среде цементного камня.

2. Установлено, что совместное введение кальцита и стекловолокна обеспечивает увеличение прочности мелкозернистого бетона на сжатие на 38 %, прочности при изгибе – на 76 %, марки по водонепроницаемости – до W10.

Список литературы: **1.** Горчаков Г.И. Строительные материалы / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с. **2.** Кривенко П.В. Строительное материаловедение / [П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, В.Б. Барановский и др.]. – К.: Основа, 2007. – 704 с. **3.** Юнг В.Н. Основы технологии вяжущих веществ / В.Н. Юнг. – М.: Промстройиздат, 1951. – 355 с. **4.** Тимашев В.В. Свойства цементов с карбонатными добавками / В.В. Тимашев, В.М. Колбасов // Цемент. – 1981. – № 10. – С. 10 – 12. **5.** Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: дисс. ... доктора хим. наук: 02.00.01 / А.Н. Плугин. – К., 1989. – 282 с. **6.** Плугин А.А. Управління міцністю дрібнозернистого бетону одразу після формування на основі урахування електроповерхневих властивостей його складових / А.А. Плугин, Т.О. Костюк, В.І. Бабушкін // Науковий вісник будівництва. – 1999. – Вип. 7. – С. 63 – 67. **7.** Бондаренко Д.А. Суха будівельна суміш для отримання теплоізоляційних матеріалів зниженої паро проникності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.05. / Д.А. Бондаренко. – Х., 2010. – 20 с. **8.** Плугин А.А. Применение карбонатных добавок в цементных составах для гидроизоляционных и реставрационных работ зданий и сооружений / [А.А. Плугин, Т.А. Костюк, М.Г. Салия и др.] // Сб. научн. тр. Института строительства и архитектуры. – М.: МГСУ, 2011. – Разд. 7. – С. 224 – 227.

Поступила в редколлегию 25.07.11