

УДК 691.545

Г. И. Яковлев, доктор технических наук, профессор

К. А. Кисляков, аспирант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ВЛИЯНИЕ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЭФИРА ПОЛИКАРБОКСИЛАТА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ ИЗ МОЛОТОГО БОЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

Исследование по использованию молотого кирпичного боя для получения новых строительных материалов на основе цементных вяжущих и добавками высокодисперсного микрокремнезема с частицами наноразмерного уровня и добавки ETHACRYL.

Ключевые слова: техногенные отходы, кирпичный бой, цементное вяжущее, высокодисперсный микрокремнезем, эфиры поликарбоксилатов.

В настоящее время проводятся исследования по использованию высокоактивных компонентов, при введении которых в малых количествах ускоряются процессы твердения вяжущего и увеличиваются механические характеристики на сжатие цементного камня [1].

Для получения наибольшей прочности, плотности и морозостойкости цементных композиций большое применение получили суперпластификаторы на основе поликарбоксилатного эфира. В работе [2] исследовано комплексное взаимодействие модификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов и активных минеральных добавок для конструкционного бетона, за счет которых происходит повышение прочности в результате снижения водоцементного отношения при сохранении высокой щелочной среды.

Многочисленные исследования направлены также на снижение себестоимости продукции с использованием техногенных отходов и различных добавок, снижающих потребление цементного вяжущего без ухудшения физико-механических характеристик материала [3–5]. Отмечается эффективность использования молотых отходов керамического производства и высокодисперсного микрокремнезема на повышение водостойкости и морозостойкости материала [6–9].

В связи с этим влияние наномодифицирующей добавки на основе продукта металлургического производства и добавки эфира поликарбоксилатов ETHACRYL фирмы Arkema (Франция) на формирование оптимального состава и прочностные характеристики образцов из молотого боя кирпичной кладки из керамического и силикатного кирпича становится актуальной задачей.

В данной работе приведены результаты исследований по использованию техногенных отходов в виде молотого порошка кладки из керамического и силикатного кирпича. Кирпичная кладка модулировалась из кирпича и слоя раствора толщиной 10 мм. После помола полученный порошок просеивался через сито с диаметром отверстий 1,25 мм. Были изготовлены 3 группы образцов: первая – с молотым керамическим кирпичом, вторая – с молотым силикатным кирпичом, третья – смесь керамического и силикатного.

В качестве вяжущего для приготовления образцов использовался портландцемент марки ПЦ400-ДО. Размер образцов составлял 20×20×20 мм. Образцы испытывались на 3, 7, 14, 28-е сутки после изготовления. Для ускорения процессов твердения вяжущего и увеличения механических характеристик на сжатие цементного камня использовался микрокремнезем МК-85.

Высокодисперсный микрокремнезем является побочным продуктом металлургического производства при выплавке ферросилиция. Обладает высокой удельной поверхностью, порядка 20 м² на 1 г вещества.

Для каждой группы сформированы подгруппы – серии образцов с использованием цемента и микрокремнезема и добавки ETHACRYL.

В образцах серии № 1 содержание цемента 13 %, в образцах серии № 2 содержание цемента 12 % (как и в серии № 1), но дополнительно введен микрокремнезем МК-85 в количестве 5 % от общей массы образца. Добавка ETHACRYL использовалась в объемах 0,25, 0,5 и 1,0 % от массы цемента. Данные по составу приведены в таблице.

Процентное содержание компонентов исследуемых образцов

№ образца	Состав образцов, мас. %			Ethacryl HF, %	В/Т
	Цемент	Молотый кирпичный бой	Микрокремнезем		
1	13	87	0	0	0,30
2	12	83	5	0	0,29
1.1	13	87	0	0,25	0,24
2.1	12	83	5	0,25	0,23
1.2	13	87	0	0,5	0,28
2.2	12	83	5	0,5	0,29
1.3	13	87	0	1,0	0,27
2.3	12	83	5	1,0	0,28

В исследовании использовался микрокремнезем МК-85 (ТУ 14-106-709-2004 «Микрокремнезем конденсированный») Челябинского электрометаллургического комбината. Химический состав и данные рентгеновского анализа приводились в ранее опубликованных результатах исследования [10].

Добавка ETHACRYL представляет собой суперпластификатор, полученный из нового поколения поликарбоксилатного эфира. Ее применение обеспечивает высокую эффективность при низкой дозировке в производстве сборного и самоуплотняющегося бетона, а также сокращения потребности в воде. Позволяет достигать высокой прочности бетона в раннем возрасте. Использование этой добавки приводит к разжижению смеси (эффект диспергации).

Результаты испытаний серий образцов цементного бетона с различным содержанием добавок приведены на рис. 1 и 2.

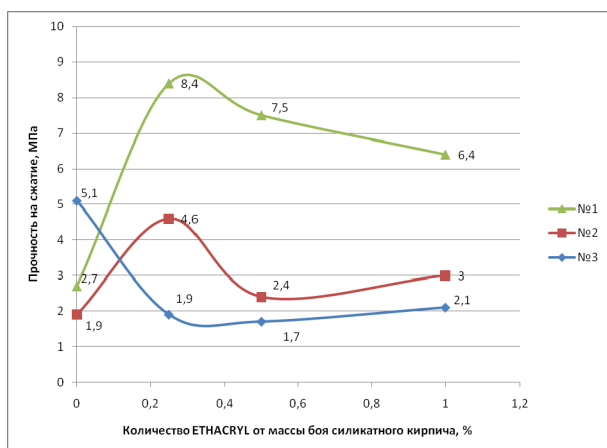


Рис. 1. Графики зависимости прочности на сжатие (28 сут.) от количества содержания ETHACRYL в образце, содержащие 0 % микрокремнезема от массы боя кирпича: 1 – серия образцов с боем керамического кирпича; 2 – серия образцов с боем силикатного кирпича; 3 – серия образцов с боем керамического и силикатного кирпичей

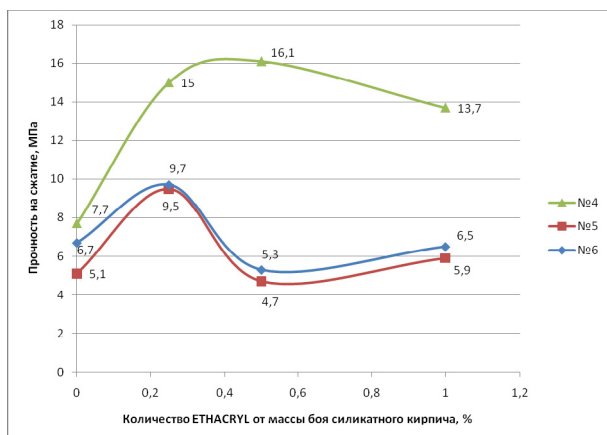


Рис. 2. Графики зависимости прочности на сжатие (28 сут.) от количества содержания ETHACRYL в образце, содержащие 6 % микрокремнезема от массы боя кирпича: 4 – серия образцов с боем керамического кирпича; 5 – серия образцов с боем силикатного кирпича; 6 – серия образцов с боем керамического и силикатного кирпичей

По результатам испытаний содержание 6 % микрокремнезема от массы боя кирпича обеспечивает увеличение прочности в 2 раза. Это обеспечивается для всех серий образцов (рис. 2).

Добавка ETHACRYL положительно отражается на прочности при содержании до 0,25 %. Дальней-

шее увеличение количества ETHACRYL приводит к снижению прочности. Для образцов из боя керамического кирпича повышение содержания ETHACRYL от 0 до 0,25 % приводит к возрастанию прочности в 2–2,5 раза.

Следует отметить, что увеличение подвижности с помощью ETHACRYL без использования микрокремнезема отрицательно сказывается на образцах на основе боя из силикатного кирпича (см. рис. 1, серия № 3). Добавление большого количества суперпластификатора способствует снижению гидротационных процессов в цементном камне, что приводит к появлению внутренних напряжений в структуре и уменьшению прочности.

Для оценки влияния высокодисперсного микрокремнезема и добавки Ethacryl на структуру цементного вяжущего была исследована микроструктура образцов на растровом электронном микроскопе Phenom G2 pure (рис. 3).

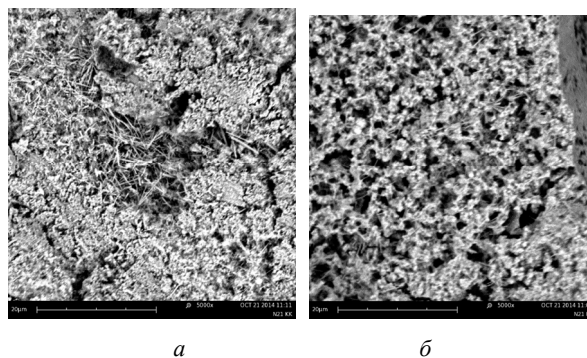


Рис. 3. Микроструктура образца № 2.1 (цемент – 13 %, бой кирпича – 87 %, микрокремнезем – 5 %, добавка ETHACRYL – 0,25 %): а – увеличение в $\times 5000$, б – увеличение в $\times 5000$

Благодаря высокой удельной поверхности микрокремнезем активно участвует в процессе гидратации и в начальный период твердения заполняет свободные пространства между гидратирующими зернами цемента. Добавка ETHACRYL не препятствует процессу гидратации цемента. Высокая подвижность смеси позволяет получить однородную структуру вещества.

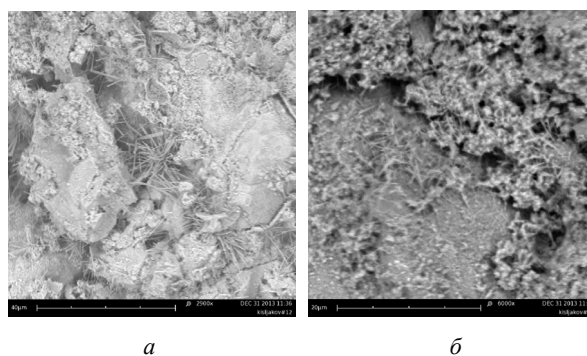


Рис. 4. Микроструктура образца № 1 (цемент – 12 %, бой кирпича – 87 %): а – увеличение $\times 2900$; б – увеличение $\times 6000$

Отсутствие добавки микрокремнезема и ETHACRYL приводит к формированию менее плотной структуры. Отчетливо видны пустоты между зернами кирпича. Игольчатые образования расположены на поверхности образца, слабо поддерживая структуру (рис. 4).

Заключение

Использование высокодисперсного микрокремнезема с частицами наноразмерного уровня в качестве добавки не только ускоряет процесс набора прочности в первые семь суток, но и обеспечивает увеличение прочности в 2 раза.

Использование высокодисперсного микрокремнезема позволяет снизить расход цементного вяжущего с увеличением прочностных характеристик строительного материала.

Применение добавки ETHACRYL в качестве суперпластификатора эффективно в объеме до 0,25 %. Дальнейшее увеличение содержания ETHACRYL не позволяет повысить уровень прочности материала.

Библиографические ссылки

1. Пудов И. А. Наномодификация портландцемента водными дисперсиями углеродных нанотрубок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2013. – 19 с.
2. Гамалий Е. А. Комплексные модификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и активных минеральных добавок для тяжелого конструкционного бетона : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2009. – 23 с.
3. Яковлев Г. И., Кисляков К. А. Использование молотого боя кирпичной кладки для производства цементных бетонов с наномодифицирующей добавкой на основе продукта металлургического производства // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 1. – С. 121–126.
4. Кисляков К. А., Яковлев Г. И. Бой кирпича как исходное сырье для производства строительных материалов // Строительная наука и производство глазами молодых : матер. науч.-техн. конф. молодых ученых инженерно-строительного факультета (11–12 февраля 2014 г., Ижевск). – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2014. – С. 58–60.
5. Kisyakov K. A. The use of scrap brick for cement concrete production. "Fourth forum of young researchers" In the framework of International Forum "Education Quality – 2014" – April 23, 2014, Izhevsk, Russia. – P. 25–26.
6. Соколов А. А. Композиционные шлакощелочные вяжущие с добавками молотого боя керамического кирпича, растворы и бетоны на их основе : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2006. – 21 с.
7. Халиуллин М. И., Рахимов Р. З., Гайфуллин А. Р. Композиционные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости с применением керамзитовой пыли в качестве активной минеральной добавки // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий : Сб. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 2010. – С. 30–35.
8. Коровяков В. Ф. Водостойкие гипсовые вяжущие нового поколения // Международная неделя строительных материалов в МГСУ – Современные строительные материалы : сб. трудов. – М. : Изд-во МГСУ, 2009. – С. 118–125.
9. Муртазаев А. Ю., Батаев Д. К.-С., Абуханов А. З., Хадизов В. Х. Формирование себестоимости строительных компонентов, полученных с использованием керамического кирпичного боя // Экономические науки. – 2012. – № 2. – С. 100–103.
10. Laukaitis A., Keriene J., Kligys M., Mikulskis D., Lekunaite L. Influence of amorphous nanodispersive SiO₂ additive on structure formation and properties of autoclaved aerated concrete. Mater Sci (Medz'iagotyra). – 2010; 16 (3). – P. 257–263.

* * *

G. I. Yakovlev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
K. A. Kisyakov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Influence of nano-additive based on products by metallurgical production and polycarboxylate ether on strength parameters of cement materials with brick scrap

The paper presents the research of applying the ground scrap brick for new building materials based on cement binders, additives of finely micro-silica with nanoscale particles and ETHACRYL additive.

Keywords: industrial waste, scrap brick, cement binder, finely micro-silica, polycarboxylate ethers.

Получено: 10.11.14