

УДК 691.316

МАТЕРИАЛЫ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ

Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail:alfimovan@mail.ru

Одним из способов повышения качества силикатных материалов автоклавного твердения является увеличение удельной поверхности компонентов сырьевой смеси. Однако данная операция является неоправданной с позиции энергозатрат, в связи с чем актуальным становится использование компонентов, изначально имеющих высокую удельную поверхность, таких как отходы производства керамзитового гравия. Исследуемые отходы – это алюмосиликатные техногенные образования, которые представлены двумя видами тонкодисперсного сырья с различной термической историей. Первый вид осаждается на электрофильтрах на стадии сушки гранул при температуре 400–500°C, второй образуется на стадии сортировки керамзитового гравия после обжига при температуре 1130–1200°C. В ходе исследований установлено, что частичная замена кварцевого песка на отходы производства керамзита способствует образованию прочных сростков из микро- и субмикрористаллических гидросиликатов кальция, имеющих высокую дисперсность и большую поверхность соприкосновения, обеспечивающих хорошую адгезию к зернам заполнителя. Все это способствует увеличению прочности силикатного кирпича в 1,5–2 раза в сравнении с изделиями, полученными по традиционной рецептуре.

Ключевые слова: силикатный кирпич, автоклавная обработка, керамзит, техногенное сырье, алюмосиликатное сырье

AUTOCLAVE HARDENING MATERIALS WITH USING OF TECHNOGENIC ALUMINOSILICATE RAW MATERIALS

Alfimova N.I., Shapovalov N.N.

Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, Belgorod, e-mail:alfimovan@mail.ru

The increase of the specific surface of the raw mix components is one of a way to improve the quality of silicate autoclave hardening materials. But this operation is ungrounded from a position of power inputs that is why using of initially with high specific surface components such as production wastes of ceramic gravel becomes relevant. The studied waste is the aluminosilicate technological formation, presented by two types of fine-dispersed raw materials with various thermal histories. The first type is deposited on the electric filters at the stage of drying of granules at a temperature of 400–500°C, the second is formed at the stage of sorting of ceramic gravel after firing at a temperature of 1130–1200°C. In the course of the investigation it has been established that the partial replacement of silica sand in the wastes from the production of clayite is conducive to the formation of strong attachments of micro- and submicrocrystalline hydrosilicate calcium with high dispersion and large contact surface that ensures good adhesion to grains of aggregate. All this promotes to the increase of strength of sand-lime brick in to 1.5–2 times in comparison with the products from a traditional recipe.

Keywords: sand-lime brick, autoclave processing, clayite, technogenic raw materials, aluminosilicate raw materials

Одним из приоритетных направлений программы улучшения качества жизни населения является жилищное строительство, и, в частности, возведение индивидуально-го жилья. За последние годы общий ввод жилья увеличился в 1,4 раза, ввод индивидуальных жилых домов – в 2 раза. В связи с этим испытывается острая потребность в качественных и недорогих мелкоштучных материалах.

Силикатный кирпич в настоящее время по востребованности занимают третье место среди мелкоштучных стеновых материалов [2, 7, 10]. Согласно ближайшим прогнозам [3, 7], он не только сохранит в будущем свою рыночную нишу, но его производство получит дальнейшее развитие на современном технологическом уровне.

Производство силикатных материалов во всем мире базируется на традиционной технологии, а в качестве основного компонента используется кварцевый песок, что

затрудняет возможность получения высокопустотных изделий вследствие низкой прочности сырца и неоптимальной структурой матрицы. Решить эту проблему можно путем перехода на новые технологии и внедрения различных решений.

Одним из способов позволяющих повысить качество выпускаемой продукции, является увеличение удельной поверхности компонентов сырьевой смеси, что способствует повышению формуемости и прочностю сырца, интенсификации автоклавной обработки и ускорению образования гидросиликатов кальция. Однако дополнительный помол компонентов известково-кремнеземистой смеси ведет к росту энергетических затрат и отрицательно сказывается на себестоимости изделия.

В настоящее время рассмотрена возможность использования в качестве компонента сырьевой смеси не только природного, но и техногенного сырья, такого как шлаки,

зола ТЭЦ [5, 6], вскрышных пород горнодобывающей промышленности [4, 8] и т.д. [9, 12 и др.], которые изначально имеют высокую удельную поверхность и не требуют дополнительных затрат на помол. Применение такого сырья позволяет расширить сырьевую базу и снизить себестоимость производства силикатных строительных материалов, а также улучшить физико-механические характеристик конечного изделия.

Нами была рассмотрена возможность применения отходов керамзитового гравия в качестве сырья для изготовления силикатного кирпича. В настоящее время по объемам потребления керамзитовый гравий занимает первое место среди легких заполнителей, его производство распространено по всей территории Российской Федерации [11].

Исследуемые отходы – это алюмосиликатные техногенные образования, которые представлены двумя видами тонкодисперсного сырья с различной термической историей. Первый вид образуется на стадии сушки гранул (пыль, осаждающаяся на электрофильтрах (КПэ)) при температуре 400–500°C, второй – на стадии сортировки керамзитового (КПс) гравия после обжига при температуре 1130–1200°C.

С целью рассмотрения возможности использования керамзитовой пыли в качестве компонента формовочной смеси для изготовления мелкоструктурных прессованных материалов автоклавного твердения, а также выявления влияния высокотемпературного воздействия на изменение состава и свойств алюмосиликатного сырья, был проведен комплексный анализ отходов и исходной породы, используемой для производства керамзитового гравия [1].

Полученные результаты позволили выявить особенности фазово-структурного состояния исследуемого сырья в ряду термической истории «глина → керамзитовая пыль с электрофильтров → керамзитовая пыль с сортировки», заключающиеся в последовательной деструкции слоистых алюмосиликатов. Отходы производства керамзита с электрофильтров, образующиеся при температуре 400–500°C, представлены фазами незавершенной стадии минералообразования и являются техногенными аналогами природных глинистых сланцев. Отходы производства керамзита, образующиеся на стадии сортировки керамзитового гравия, обожженного при температуре 1130–1200°C, по своему минеральному и структурному состоянию соответствуют природным эффузивно-пирокластическим алюмосиликатным горным породам и представлены стеклофазой.

На основе установленных данных была сформулирована рабочая гипотеза исследований, заключающаяся в возможности улучшения физико-механических показателей силикатного кирпича за счет введения в состав сырьевой смеси керамзитовой пыли. При этом были выдвинуты предположения, что наибольший эффект будет достигаться при использовании того алюмосиликатного сырья, в составе которого преобладают фазы незавершенной стадии структурообразования.

Разработка составов силикатных материалов производилась путем определения необходимого количества извести, керамзитовой пыли, а также длительности и давления при изотермической выдержке в автоклаве с помощью метода математического планирования эксперимента (таблица).

Условия планирования эксперимента

Фактор		Уровень варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Натуральный вид	Код. вид				
Содержание керамзитовой пыли, % от песка	X ₁	5	15	25	10
Длительность изотермической выдержки, ч	X ₂	2	4	6	3
Давление автоклавирования, атм.	X ₃	6	8	10	2
Содержание CaO _{акт} , мас. %	X ₄	4	6	8	2

После статистической компьютерной обработки экспериментальных данных были получены зависимости физико-механических характеристик от варьируемых факторов (рис. 1).

Анализ полученных результатов показал, что использование отходов производства керамзита взамен части песка позво-

ляет получить изделия с более высокими физико-механическими характеристиками по сравнению с изделиями, полученными по традиционной рецептуре и технологии. Известково-песчаные (контрольные) образцы с содержанием 8 мас. % CaO_{акт} и запаренные при 10 атм. с длительностью изотермической выдержки 6 ч показали

прочность при сжатии 16 МПа. Введение отходов производства керамзита способствовало увеличению прочности до 100%. Так, например, замена песка на 15% пыли с электрофильтров позволяет достичь прочности 23 МПа (см. рис. 1, 1; б), на 25% –

32 МПа (см. рис. 1, 1; в), а при использовании пыли с сортировки – 21 и 25 МПа соответственно (см. рис. 1, 2; б, в). При этом указанные значения были достигнуты при сокращенных параметрах автоклавной обработки.

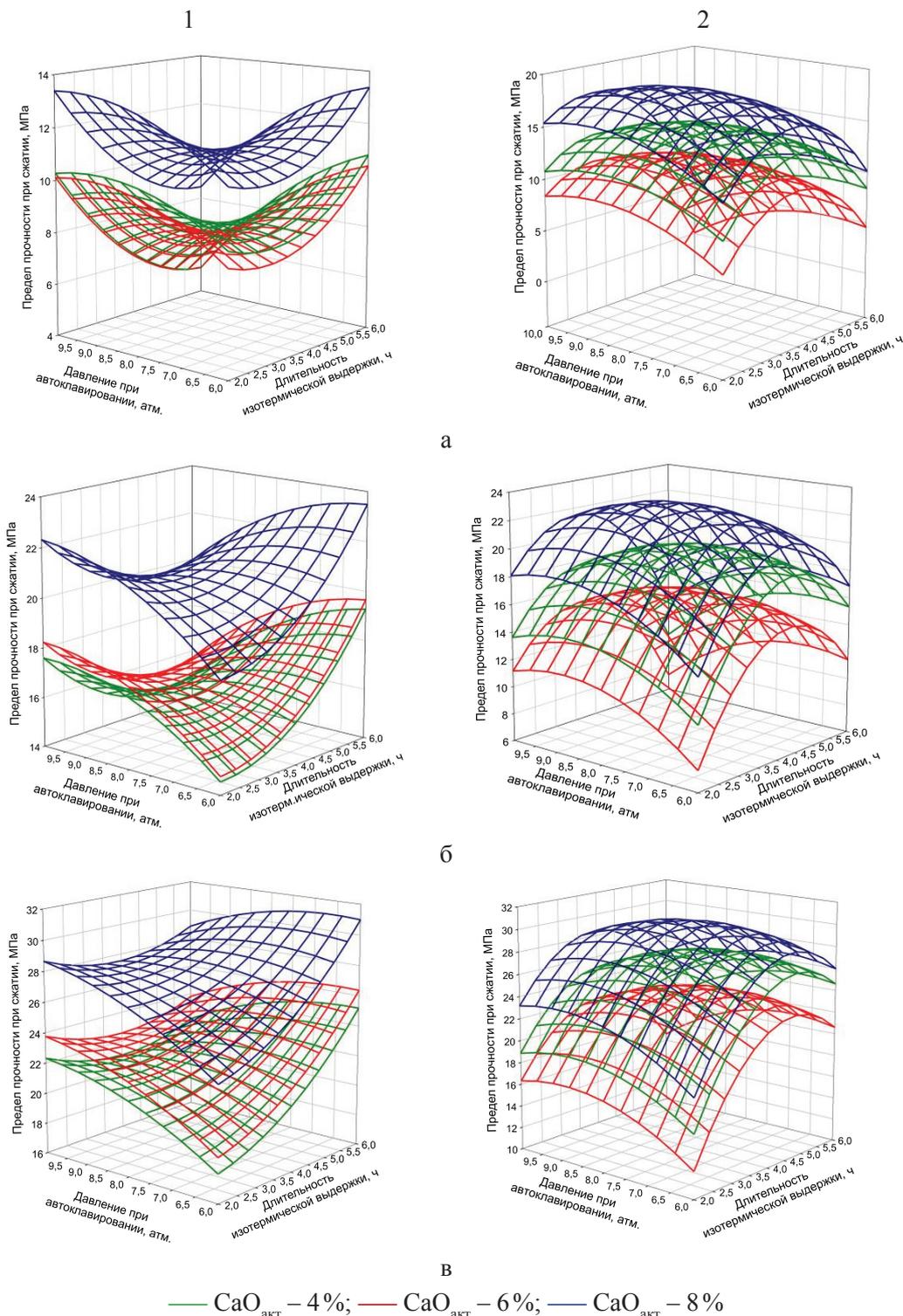


Рис. 1. Номограммы зависимости прочности при сжатии силикатных изделий от вида (1 – КПэ; 2 – КПс), содержания керамзитовой пыли (а – 5%; б – 15%; в – 25%), содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$, длительности изотермической выдержки и давления при автоклавировании

Исследование характера новообразований с помощью термического анализа показало, что цементирующие соединения в образцах с добавлением отходов производства керамзита так же, как и в известково-песчаных (контрольных) образцах, представлены низкоосновными гидросиликатами кальция CSH(B). На кривой ДТГ во всех образцах присутствует пик при температуре 440–460°C, соответствующий дегидратации гидроксида кальция. Однако в образцах с 25%-м содержанием отходов производства керамзита площадь пика уменьшается, что объясняется более полным связыванием извести за счет большей активности керамзитовой пыли в сравнении с кварцевым песком.

При программном разложении профиля ИК-поглощения в интервале волновых чисел 800–1300 см⁻¹ на элементарные спектральные профили волновые числа максимумов были соотнесены с литературными источниками. На волновом плече профиля поглощения образцов с керамзитовой пылью с электрофильтров были обнаружены полосы, соответствующие кремнекислородным слоям, цепям диортогрупп и изолированным кремнекислородным тетраэдрам. Учитывая тот факт, что высокоосновные гидросиликаты кальция представляют из себя в основном островные силикаты, обнаруженные полосы поглощения кремнекислородных тетраэдров с безмостиковой и/или с одной связью ло-

гично могут быть отнесены к структурному мотиву высокоосновных гидросиликатов кальция, в частности, α -C₂SH. Это свидетельствует о том, что частичная замена песка на алюмосиликатное сырье, представленное незавершенными фазами структурообразования, способствует формированию полиминеральной системы с новообразованиями различной основности.

Анализ характера новообразований, выполненный с помощью РЭМ-изображений, показал, что в образцах контрольного состава после автоклавирования по традиционному режиму (2 + 6 + 2, давление 10 атм.) основная масса сложена дощатыми и пластинчатыми новообразованиями, образующими сростки (рис. 2, а). Исходя из формы и морфологии формирующихся кристаллов, их можно отнести к микрокристаллическим низкоосновным гидросиликатам кальция тоберморитовой группы. В образцах с использованием отходов производства керамзита, прошедших автоклавирование при давлении 6 атм., наблюдается уменьшение размера новообразований (рис. 2, б, в), это можно объяснить высокой дисперсностью керамзитовой пыли, обуславливающей ее большую реакционную способность при автоклавировании (значительно увеличивается растворимость силикатной и алюминатной частей, а также скорость протекающих реакций).

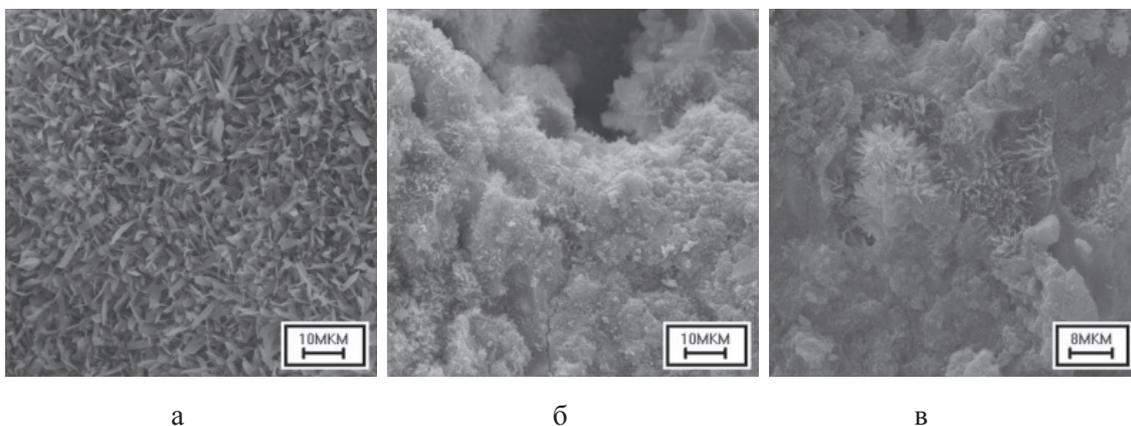


Рис. 2. Микроструктура новообразований силикатных образцов: а – контрольный состав; б – состав с 25% КПэ; в – состав с 25% КПэ

Таким образом, при применении керамзитовой пыли при производстве силикатных автоклавных материалов в конечных изделиях формируется плотная матрица, созданию которой способствует образование прочных сростков из микро- и субмикрокристаллических гидросиликатов кальция, имеющих высокую дисперсность и большую поверхность соприкоснове-

ния, обеспечивающих хорошую адгезию к зернам заполнителя. Все это способствует увеличению прочности силикатных изделий в 1,5–2 раза в сравнении с изделиями, полученными по традиционной рецептуре.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 гг.

Список литературы

1. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 3. – С. 21–24.
2. Бажитов С.В. Конкуренция между кирпичным строительством и новыми видами строительных технологий // Строительные материалы. – 2008. – № 11. – С. 62–63.
3. Барина Л.С. Куприянов Л.И., Миронов В.В. Силикатный кирпич в России: современное состояние и перспективы развития // Строительные материалы. – 2008. – № 11. – С. 4–9.
4. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазоносной провинции // Известия вузов. Технические науки. – 2006. – № 3. – С. 67–70.
5. Воронин В.П., Заровнятных В.А., Шикирянский А.М. Эффективный силикатный кирпич на основе золы ТЭС и порошкообразной извести // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 24–25.
6. Миронова А.С. Техногенное сырье в производстве стеновых и отделочных материалов // Строительные материалы. – 2010. – № 2. С. – 62–63.
7. Понамарев И.Г. Российский рынок силикатного кирпича // Строительные материалы. – 2009. – № 9. – С. 4–11.
8. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 10. – С. 79–79.
9. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко, С.И. Алфимов // Бетон и железобетон. – 2006. – № 6. – С. 16–18.
10. Семенов А.А. Анализ состояния российского рынка силикатного кирпича // Строительные материалы. – 2010. – № 9. – С. 4–5.
11. Семенов А.А. Состояние российского рынка керамзита // Строительные материалы. – 2010. – № 8. – С. 4–5.
12. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения / С.И. Алфимов, Р.В. Жуков, А.Н. Володченко, Д.В. Юрчук // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 2. – С. 59–60.

References

1. Alfimova N.I., Cherkasov V.S. Perspektivy ispol'zovaniya othodov proizvodstva keramzita v stroitel'nom

- materialovedenii // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2010, no. 3, pp. 21–24.

2. Bazhitov S.V. Konkurencija mezhdru kirpichnym stroitel'stvom i novymi vidami stroitel'nyh tehnologij // Stroitel'nye materialy, 2008, no. 11, pp. 62–63.

3. Barinova L.S. Kuprijanov L.I., Mironov V.V. Silikatnyj kirpich v Rossii: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya // Stroitel'nye materialy, 2008, no. 11, pp. 4–9.

4. Volodchenko A.N., Zhukov R.V., Alfimov S.I. Silikatnye materialy na osnove vskryshnyh porod Arhangel'skoj almazonosnoj provincii // Izvestija vuzov. Tehnicheskie nauki, 2006, no. 3, pp. 67–70.

5. Voronin V.P., Zarovnjatnyh V.A., Shikirjanskij A.M. Jеffektivnyj silikatnyj kirpich na osnove zoly TJeS i poroshkoo-braznoj izvesti // Stroitel'nye materialy, 2008, no. 8, pp. 24–25.

6. Mironova A.S. Tehnogennoe syr'e v proizvodstve stenovyh i otdelochnyh materialov // Stroitel'nye materialy, 2010, no. 2, pp. 62–63.

7. Ponomarev I.G. Rossijskij rynek silikatnogo kirpicha // Stroitel'nye materialy, 2009, no. 9, pp. 4–11.

8. Poputnye produkty gornodobyvajushhej promyshlennosti v proizvodstve stroitel'nyh materialov / A.N. Volodchenko, V.S. Lesovik, S.I. Alfimov, R.V. Zhukov // Sovremennye naukoemkie tehnologii, 2005, no. 10, pp. 79–79.

9. Silikatnyj beton na netradicionnom syr'e / A.N. Volodchenko, R.V. Zhukov, Ju.V. Fomenko, S.I. Alfimov // Beton i zhelezobeton, 2006, no. 6, pp. 16–18.

10. Semenov A.A. Analiz sostojanija rossijskogo rynka silikatnogo kirpicha // Stroitel'nye materialy, 2010, no. 9, pp. 4–5.

11. Semenov A.A. Sostojanie rossijskogo rynka keramzita // Stroitel'nye materialy, 2010, no. 8, pp. 4–5.

12. Tehnogennoe syr'e dlja silikatnyh materialov gidracionnogo tverdenija / S.I. Alfimov, R.V. Zhukov, A.N. Volodchenko, D.V. Jurchuk // Sovremennye naukoemkie tehnologii, 2006, no. 2, pp. 59–60.

Рецензенты:

Логанина В.И., д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, сертификация и аудит качества», ФГБОУ ВПО ИГАСУ, г. Пенза;

Евтушенко Е.И., д.т.н., профессор, проректор по научной работе ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 16.04.2013.