

УДК 691.421

А.И. ФОМЕНКО, д-р техн. наук (fomenko@chsu.ru),
 А.Г. КАПТЮШИНА, канд. техн. наук, В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук (gryvs@mail.ru)
 ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет» (162600, г. Череповец, пр. Луначарского, 5)

Расширение сырьевой базы для строительной керамики

Рассмотрены вопросы расширения сырьевой базы производства керамического кирпича с высокими физико-механическими свойствами и малым коэффициентом теплопроводности за счет использования широко распространенных многотоннажных отходов кирпичного боя, образующегося при замене старой кирпичной кладки или дроблении брака. Исследовано влияние добавки этого отхода к глинистому сырью на технологические свойства сырьевых масс, предназначенных для изготовления строительного керамического кирпича. Определены основные физико-механические и теплотехнические свойства керамического черепка, позволяющие судить о возможности использования кирпичного боя в качестве техногенного сырья для получения керамического кирпича. Расчет экономического эффекта от использования в производстве вторсырья приводит к уменьшению себестоимости 1 т продукции по сравнению с действующим производством.

Ключевые слова: керамический кирпич, отощающие добавки, глинистое сырье, отходы кирпичного боя, физико-механические свойства, коэффициент теплопроводности.

A.I. FOMENKO, Doctor of Sciences (Engineering), (fomenko@chsu.ru), A.G. KAPTYUSHINA, Candidate of Sciences (Engineering), (a.kaptyushina@mail.ru), V.S. GRYZLOV, Doctor of Sciences (Engineering), (gryvs@mail.ru)
 Cherepovets State University (5, Lunacharsky Avenue, 162600, Cherepovets, Russian Federation)

Expansion of Raw Material Resources Base for Construction Ceramics

Issues of the expansion of a raw material resources base of production of ceramic brick with high physical-mechanical properties and small coefficient of heat conductivity due to the use of widespread large-tonnage waste of crushed brick which is formed when replacing the old brick masonry or crushing of rejected products are considered. The influence of an additive of this scrap to clay raw materials on technological properties of the raw masses intended for production of construction ceramic brick is investigated. Main physical-mechanical and heat-technical properties of ceramic crock making it possible to judge the possibility of using the crushed brick as anthropogenic raw materials for obtaining the ceramic brick are defined. Calculation of the economic effect of using the secondary raw materials in production leads to reduction in the prime cost of one ton of production in comparison with the current production.

Keywords: ceramic brick, leaning additives, clay raw materials, waste of brick crushing, physical-mechanical properties, heat conductivity coefficient.

В настоящее время для строительства новых гражданских и промышленных объектов наиболее востребованным материалом является керамический кирпич. Керамический кирпич отличается разнообразием цветов и форм, высокими прочностными характеристиками, долговечностью. Производство таких материалов ежегодно увеличивается, а с этим возрастают объемы использования природного минерального сырья. Основным сырьем для изготовления изделий строительной керамики являются глины. Глины, используемые в производстве строительных керамических изделий, в основном должны иметь низкую температуру обжига (950–1150°C) и большой интервал спекания черепка (70–200°C). Однако запасы высококачественных глин ограничены. Кроме того, большие объемы перерабатываемого сырья исключают возможность его дальних перевозок. Это определяет необходимость расширения сырьевой базы производства керамического кирпича путем использования новых видов доступного природного и техногенного сырья.

Производство керамического кирпича базируется в основном на местных легкоплавких глинах. Легкоплавкие глины наиболее распространены, разнообразны по составу и характеризуются значительным содержанием примесей. Вовлечение в производство глин низкой кондиции требует корректировки состава и тщательной подготовки керамической массы. Возможности использования легкоплавких глин в производстве керамики и критерии оценки качества изучены достаточно полно [1–9]. Для улучшения формовочных, сушильных и обжиговых свойств сырья и обеспечения получения готовых изделий с заданными свойствами в состав глинистых масс вводят отощающие добавки. В качестве отощающих добавок для керамических масс используют кварцевый песок, полевой шпат, шамот, шлаки, золы и другие природные и техногенные материалы. Запасы эффективных природных отощителей ограничены. Известные техногенные отощители также имеют огра-

ниченное применение, так как образуются на предприятиях, которые находятся, как правило, на больших расстояниях от керамических заводов.

Известно, что одним из наиболее качественных отощителей глин является шамот. Шамот в отличие от других отощителей не снижает огнеупорность керамической массы, но является дорогим материалом и поэтому его не применяют для изготовления дешевых керамических изделий, в частности керамического кирпича. В то же время на полигонах и свалках продолжают накапливаться многотоннажные строительные отходы, в частности кирпичного боя, образующегося при замене старой кирпичной кладки или дроблении брака. Вследствие этого вовлечение таких отходов в ресурсный цикл является актуальной экономической и социально-экологической задачей. С точки зрения рационального природопользования бой кирпича глиняного представляет собой недоиспользованное сырье строительного назначения, способное обеспечить керамическую промышленность высококачественным отощающим материалом.

Проблема использования боя кирпича в настоящей работе решалась применительно к образцам отхода, образующегося при замене кирпичной кладки в процессе проведения ремонтных работ на предприятии МУП «Теплоэнергия» (г. Череповец). Объемы образования таких отходов на этом предприятии в среднем за год составляют до 300 т при лимитах размещения на полигоне 493 т/год.

В работе исследовали влияние добавки этого отхода к глинистому сырью на технологические свойства сырьевых масс, предназначенных для изготовления строительного керамического кирпича. Методами исследования являлись математическое моделирование при оптимизации составов сырьевой шихты и методы строительного материаловедения при изготовлении и испытании образцов целевого продукта. Количественное содержание каждого из компонентов в составе керамической массы, обеспечивающее необходимую температуру об-

Таблица 1

Химический состав глины

Компонент химического состава глины	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Содержание компонента, мас. %	64,5–66,1	20,9–22,1	0,6–0,8	4–4,5	3,1–3,5	1,6–2,1	0,4–0,3	0,2–0,3

Таблица 2

Составы керамических масс

Компоненты керамической массы	Номер состава					
	1 (контроль)	2	3	4	5	6
	Состав керамической массы, мас. %					
Глина	100	95	90	80	70	65
Кирпич керамический молотый	–	5	10	20	30	35

жига изделий, заданный фазовый состав и физико-механические свойства определяли расчетным и экспериментальными методами с привлечением математического планирования эксперимента.

В качестве глинистой составляющей использовались глины Кемского месторождения (Белозерский район Вологодской области). Сырье глинистое было испытано в соответствии с требованиями ГОСТ 9169–75 «Сырье глинистое для керамического кирпича» и нормативными методиками ГОСТ 21216–2014 «Сырье глинистое. Методы испытаний». По минеральному составу они относятся к полиминеральным, в основном монтмориллонитовым глинам, а по гранулометрическому – к среднедисперсным с включениями размером более 0,5 мм менее 5 мас. %. Химический состав исследованных проб глины приведен в табл. 1.

С целью определения возможности использования в составе керамической массы боя кирпича глиняного в качестве отощителя его измельчали путем сухого помола в шаровой мельнице до тонкости помола с остатком на сите № 008 не более 5 мас. %. Отсеянный на сите № 008 кирпич глиняный молотый в количестве 5–35 мас. % смешивали с глиной до получения однородной массы (табл. 2).

Для определения обжиговых свойств керамических масс изготавливали стандартные образцы-кубы размером 70×70×70 мм методом пластического формования. Изготовленные образцы выдерживали при температуре (20±2)°С в течение 24 ч и досушивали в сушильном шкафу при температуре (100±2) С в течение 4 ч. Обжиг образцов проводили в муфельной печи при температуре 900–950°С с выдержкой в течение 120 мин. Скорость подъема температуры задавалась в пределах 6–8 град/мин. После обжига образцы охлаждали до комнатной температуры. Оценку качества изготовленных в лабораторных условиях образцов керамического черепка проводили по показателям огневой усадки, водопоглощению, средней плотности (ГОСТ 7025–91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля

морозостойкости»), механической прочности при сжатии (ГОСТ 8462–85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе»), коэффициенту теплопроводности (ГОСТ 7076–99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме»). Образцы испытывались в лабораторных условиях. Предел прочности при сжатии определен путем испытания образцов на гидравлическом прессе. Испытание материала на водопоглощение проводили путем насыщения стандартных образцов водой и последующего высушивания их до постоянной массы. Теплопроводность материала определяли по значению коэффициента теплопроводности образцов, изготовленных в виде прямоугольного параллелепипеда размером 250×250×50 мм. Физико-механические показатели керамического камня представлены в табл. 3.

Результаты экспериментальных работ показали, что предлагаемый состав керамической массы обеспечивает получение керамического кирпича с малым коэффициентом теплопроводности и без ухудшения остальных эксплуатационных характеристик. Керамический камень, изготовленный с добавкой порошка кирпичного боя, характеризуется достаточно высокой механической прочностью и имеет марку М100 и М150, что соответствует нормативным требованиям ГОСТ 530–2015 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия». Оптимальное содержание измельченного боя кирпича керамического 10–30 мас. %. При его увеличении более 30 мас. % значительно снижается прочность при сжатии и повышается водопоглощение образцов, а при уменьшении его содержания менее 10 мас. % свойства практически не меняются. По сравнению с контрольным образцом, не содержащим порошка кирпичного боя, образец, содержащий 30 мас. % кирпичного порошка соответствует нормативным требованиям. Изделия, изготовленные с добавкой боя кирпичного керамического, имели достаточную насыщенность цвета и чистоту цветового тона.

Таким образом, выполненными исследованиями установлена возможность использования вышедшего из употребления кирпичного боя в качестве техногенного сырья для получения керамического кирпича. Добавка порошка боя кирпичного в сырьевую шихту не вызывает снижения физико-механических показателей изготавливаемых изделий и улучшает их цветовые характеристики. Отходы кирпичного боя могут быть рекомендованы для частичной замены природного песка в производстве керамического кирпича.

Предварительный расчет экономической эффективности от использования техногенного сырья для получе-

Таблица 3

Физико-механические свойства керамического черепка

Свойства	Составы керамических масс						Нормативные требования
	1 (контроль)	2	3	4	5	6	
Предел прочности при сжатии, МПа	17,93	17,07	16,2	13,72	12,75	10,89	10–15
Усадка, %	9,7	9,5	9,2	8,7	8,3	8,1	Не нормируется
Водопоглощение, %	17,65	18,05	18,87	19,31	20,1	20,27	Не менее 6
Средняя плотность, кг/м ³	1649,65	1627,24	1581,82	1536,25	1513,99	1491,38	Свыше 1400
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,335	0,31	0,262	0,248	0,189	0,165	Высокой эффективности до 0,2; эффективные 0,24–0,36

ния строительного керамического кирпича по сравнению с действующим производством показал снижение себестоимости 1 т на 28,8%. При этом учитывалась плата за размещение отходов, величина предотвращенного экологического ущерба окружающей природной среде, а также заготовительная стоимость. Применение предлагаемой керамической массы расширит сырьевую базу производства керамического кирпича, позволит утилизировать широко распространенные многотоннажные отходы, загрязняющие окружающую среду, получить удешевление керамической массы за счет использования многотоннажного отхода, доступного для заводов, изготавливающих керамический кирпич. Используемый в составе керамической массы измельченный бой кирпича глиняного является доступным для заводов, изготавливающих керамический кирпич. Его применение значительно снизит стоимость продукции при сохранении эксплуатационных свойств получаемых изделий.

Работа выполнена в рамках государственного научного гранта Вологодской области. Договор № 24 от 15.09.2015 г.


Список литературы

1. Семенов А.А. Состояние российского рынка керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 9–12.
2. Лисачук Г.В., Шукина Л.П., Цовма В.В. и др. Оценка пригодности глинистого сырья для производства стеновой и фасадной керамики // *Стекло и керамика*. 2013. № 3. С. 14–19.
3. Довженко И.Г. Исследование влияния металлургических шлаков на сушильные свойства керамических масс для производства лицевого кирпича // *Стекло и керамика*. 2013. № 12. С. 24–27.
4. Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Веревкин К.А. Керамический кирпич на основе различных глин: фазовый состав и свойства // *Строительные материалы*. 2010. № 11. С. 47–49.
5. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М.: ГЕОС, 2013. 576 с.
6. Ашмарин Г.Д., Кондратенко В.А., Ласточкин В.Г., Павленко А.П. Керамические экологически чистые теплоэффективные стены – реальность современного строительства // *Строительные материалы*. 2011. № 12. С. 10–11.
7. Ткачев А.Г., Яценко Е.А., Смолий В.А. и др. Влияние углепромышленных отходов на формовочные, сушильные и обжиговые свойства керамической массы // *Техника и технология силикатов*. 2013. № 2. С. 17–21.
8. Столбоушкин А.Ю., Бердов Г.И., Столбоушкина О.В., Злобин В.И. Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из тонкодисперсных отходов обогащения железных руд // *Известия вузов. Строительство*. 2014. № 1. С. 33–42.
9. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Химическая технология керамики. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 496 с.


References

1. Semyonov A.A. The State of the Russian Market of Ceramic Wall Materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 9–12. (In Russian).
2. Lisachuk G.V., Schukina L.P., Tsovma V.V., Belostotskaya L.A., Trusova Yu.D. Estimating the applicability of clay raw materials for wall and facing ceramics production. *Steklo i keramika*. 2013. No. 3, pp. 14–19. (In Russian).

3. Dovzhenko I.G. The influence of metallurgical slurries on drying behaviour of ceramic masses for lining brick production. *Steklo i Keramika*. 2013. No. 12, pp. 24–27.
4. Zubekhin A.P., Yatsenko N. D., Verevkin K.A. Keramichesky a brick on the basis of various clays: phase structure and properties. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 11, pp. 47–49. (In Russian).
5. Osipov V.I., Sokolov V.N. Gliny i ikh svoistva. Sostav, stroenie i formirovanie svoistv [Clays and their properties. Composition, structure and formation of properties]. Moscow.: GEOS. 2013. 576 p.
6. Ashmarin G.D., Kondratenko V.A., Lastochkin V.G., Pavlenko A.P. Ceramic Ecological Heat-Efficient Walls – the Reality of Contemporary Construction. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 12, pp. 10–11. (In Russian).
7. Tkachev A.G., Yatsenko E.A., Smolii V.A. et al. Influence of coal-mining waste on the molding, drying and burning properties of ceramic masses. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2013. No. 2, pp. 17–21. (In Russian).
8. Stolboushkin A.Yu., Berdov G.I., Stolboushkina O.V., Zlobin V.I. Firing temperature impact on structure forming in ceramic wall materials produced of fine dispersed iron ore enrichment wastes. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2014. No. 1, pp. 33–42. (In Russian).
9. Andrianov N.T., Balkevich V.L., Belyakov A.V., Vlasov A.S., Guzman I.Ya., Lukin E.S., Mosin Yu.M., Skidan B.S. Khimicheskaya tekhnologiya keramiki [Chemical engineering ceramics]. Moscow: ООО РИФ «Стройматериалы». 2011. 496 p.



Новосибирский
государственный
аграрный университет



Международная научно-техническая конференция

«Ресурсы и ресурсосберегающие технологии в строительном материаловедении»

Февраль 2016 г.

МВК «Новосибирск Экспоцентр»

Темы конференции


1. Теоретические и методологические вопросы развития науки по оценке ресурсов для строительного материаловедения.
2. Физико-химические исследования процессов, обеспечивающих качественные показатели для строительных композитов.

3. Пути совершенствования качества и технологического обеспечения строительных материалов за счет применения добавок и технологических приемов направленного действия.
4. Экономико-организационные вопросы эффективного внедрения ресурсосберегающих технологий в строительном комплексе.

Конференция проводится во время работы международной выставки SibBuild-2016

Информационная поддержка

Научно-технический и производственный журнал



Оргкомитет

Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
Тел/факс: (383) 223-52-96