

УДК 691.42

А.Г. АШМАРИН¹, канд. техн. наук, первый заместитель генерального директора; Л.Г. ИЛЮХИНА², генеральный директор; В.В. ИЛЮХИН³, генеральный директор; В.В. КУРНОСОВ⁴, канд. физ.-мат. наук, директор; В.И. СИНЯНСКИЙ⁵, канд. техн. наук, генеральный директор

¹ ЗАО «ВНИИстром им. Петра Петровича Будникова» (143981, Московская область, Люберецкий район, гп. Красково, ул. К. Маркса, 117);

² ООО «Стройкерамика» (429841, Республика Чувашия, Алатырский район, с. Атрадь, ул. Кирова, 2а);

³ ОАО «КОМАС» (436360, Московская область, Нарофоминский район, г. Апрелевка, ул. Мартовская, 8а);

⁴ ОАО «Электроавтомат» (429820, Республика Чувашия, г. Алатырь, ул. Б. Хмельницкого, 19а);

⁵ ООО «АВИС-Н» (140050, Московская область, Люберецкий район, гп. Красково, ул. Школьная, 2а)

Инновационные проекты производства конструктивных и теплоэффективных керамических материалов из местного сырья

Разработаны инновационные проектные решения производства керамических изделий различного назначения и научные основы регулирования процесса сокращенного цикла термической обработки керамических стеновых изделий компрессионного формования. Разработана специальная туннельная печь однорядного обжига кирпича непрерывного действия. Применены современные энерго- и ресурсосберегающие технологии как в производстве конструкционного и теплоэффективного кирпича, так и в производстве теплоэффективных блоков на основе местных кремнистых пород и вспенивающих добавок.

Ключевые слова: производство керамических изделий, сокращенный цикл обжига, изделия компрессионного формования, туннельная печь, однорядный обжиг, энерго- и ресурсосберегающие технологии, теплоэффективный кирпич, теплоэффективные блоки.

A.G. ASHMARIN¹, Candidate of Sciences (Engineering), L.G. ILJUHINA², Director General, V.V. ILJUHIN³, Director General,

V.V. KURNOSOV⁴, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Director, V.I. SINJANSKIY⁵, Candidate of Sciences (Engineering), Director General

¹ «VNIISrom im. Petra Petrovicha Budnikova» ZAO (117, K. Marksa Street, Kraskovo City Settlement, Lyuberetskiy Area, Moscow Region, 143981, Russian Federation);

² «Stroykeramika» OOO (2a, Kirova Street, Atrat Village, Alatyrskiy Region, Republic Chuvashiya, 429841, Russian Federation);

³ «KOMAS» OAO (8a, Martovskaya Street, Aprelevka, Narofominskiy Area, Moscow Region, 436360, Russian Federation);

⁴ «Elektroavtomat» OAO (19a, Khmelnietskogo Street, Alagir Area, Republic Chuvashiya, 429820, Russian Federation);

⁵ «AVIS-N» OOO (2a, Shkolnaya Street, Kraskovo City Settlement, Lyuberetskiy Area, Moscow Region, 143981, Russian Federation)

Innovative Projects of Producing Structural and Thermal Efficient Ceramic Materials from Local Raw Materials

Innovative design solutions of producing ceramic products for different purposes and scientific fundamentals of regulating the process of the shortened cycle of thermal treatment of ceramic wall products of compressing molding have been developed. A special tunnel kiln of continuous operation for single-row brick burning has been developed. Modern energy and resource saving technologies are used both in production of structural and heat-efficient brick and in production of heat-efficient blocks on the basis of local siliceous rocks and expanding agents.

Keywords: production of ceramic products, shortened cycle of burning, products of compressing formation, tunnel kiln, single-row burning, energy and resources saving technologies, heat efficient brick, heat efficient blocks.

В рамках Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р, и государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 января 2013 г. № 91-р, поставлена задача создания в России конкурентоспособной, устойчивой, структурно сбалансированной промышленности.

В этой связи надо отметить, что в отрасли керамических строительных материалов по-прежнему остается актуальным вопрос рационального использования имеющихся доступных сырьевых материалов, например больших запасов кремнистых пород (диатомитов, трепелов, опок), отходов добычи и обогащения углей, зол, шлаков и других отходов промышленного и сельскохозяйственного производства.

Большой вклад в разработку технологий и расширение использования кремнистых пород и отходов добычи и обогащения минеральных руд внесли такие ученые, как В.Д. Когляр, Г.И. Стороженко, А.Ю. Столбоушкин, Р.З. Рахимов, И.Ф. Шлегель и др. [1–4].

Анализ патентов последних лет в области получения теплоизоляционных строительных материалов (патенты РФ: № 2513807 «Способ получения теплоизоляционных блоков», Васкалов В.Ф., Орлов А.Д., Ведяков И.И.; № 2255060 «Способ получения пеностекла», Леонов В.З.; Дудко М.П., Зиновьев А.А.; № 2332364 «Способ изготов-

ления долговечного пеностекла», Климов А.А., Климов Д.А., Климов Е.А., Климов Т.В. и др.) показывает, что все работы в этом направлении ведутся по пеностекляной технологии. Стоимость таких материалов колеблется в пределах 15–20 тыс. р. за 1 м³. На наш взгляд, перспективным направлением получения теплоизоляционных строительных материалов является производство пенокерамических материалов на основе минерального сырья и вспенивающих добавок.

В статье «Керамические экологически чистые теплоэффективные стены – реальность современного строительства» [5] были представлены работы, проводимые коллективом ЗАО «ВНИИстром им. Петра Петровича Будникова», по созданию теплоэффективных керамических материалов из сырья, содержащего активный кремнезем (трепелы, диатомиты, опоки). В данных работах пористый керамический материал получался за счет разложения кальцинированной соды с выделением углекислого газа в присутствии каустической соды. Перечисленные щелочные компоненты позволяют получать материал с низкой теплопроводностью и достаточно высокой прочностью, но приводят к удорожанию изделий и повышению класса опасности производства (каустическая сода относится ко 2-му классу токсичности).

С целью устранения указанных недостатков в последнее время проведены работы по получению теплоэффективных керамических материалов без использования каустической соды. В результате получен материал на основе трепелов, в том числе с содержанием карбонатов, и вспенивающих добавок. Получены теп-

Таблица 1

Глина месторождения Барсуки	Химический состав сухого вещества, мас. %												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ППП	Сумма
Усредненная проба	78,32	0,81	9,54	3,64	0,06	0,92	0,87	0,83	2,41	0,15	<0,05	2,67	100,38

Таблица 2

Глина месторождения Барсуки	Минеральный состав. Содержание, мас. %								
	Кварц	Плагио-клаз	Полевой шпат	Иллит-сметит	Иллит	Каолинит	Вермикулит	Доломит	Амфиболы
Усредненная проба	58±6	3±1	1±1	21	6	3	4	1	2±0,5

Таблица 3

Глина месторождения Барсуки	Содержание фракции в мас. %, размер фракции в мм					Классификация глинистого сырья по количеству и размеру включений
	1–0,063	0,063–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
Усредненная проба	1,38	66,13	9,6	11,93	10,96	Грубодисперсное

лоизоляционные материалы плотностью 250–350 кг/м³ и теплоизоляционно-конструкционные материалы плотностью 600–750 кг/м³ [6–12].

Проведенный рентгеноструктурный анализ полученного керамического материала показал, что все минеральные фазы нерастворимы в воде и устойчивы к воздействиям окружающей среды. В случае использования кремнистых пород с повышенным содержанием карбонатов наряду с традиционными для керамики минералами (кварц, альбит, гематит) формируются силикаты кальция (волластонит, диопсид), также устойчивые к любым воздействиям окружающей среды.

ЗАО «ВНИИСтром им. Петра Петровича Будникова», ЗАО «КОМАС», ООО «АВИС-Н» при участии ООО «Стройкерамика» и ОАО «Электроавтомат» Республики Чувашия разработаны проекты производства пенокерамических материалов мощностью 50 тыс. м³/год и керамического кирпича мощностью 45 млн шт. усл. кирпича нормального формата с использованием разработанной и опробованной технологией компрессионного формования с сокращенным циклом термической обработки на основе глинистого сырья, кремнистых пород и кварцевого песка. Установлено, что получение керамических стеновых материалов высокого качества при сокращенных сроках термической обработки обусловлено формованием изделий из пресс-порошков с влажностью ниже критической (влажности в момент прекращения усадки изделия).

С учетом особенностей технологии однорядной сапки кирпича на тычок, разработана специальная туннельная печь однорядного обжига кирпича непрерывного действия (в отличие от традиционных печей обжига с периодическим перемещением вагонеток) производительностью 45 млн шт. усл. кирпича формата 1НФ в год. Режим работы печи трехсменный; число рабочих дней в году – 350; длина обжигового канала 176,4 м, ширина рабочего пространства печи 4,7 м; количество вагонеток 63 шт., количество кирпича формата 1НФ на вагонетке 1100–1150 шт. Скорость движения состава вагонеток не менее 140 мм/мин.

Контроль и управление процессом обжига полностью автоматизирован, характеризуется стабильными режимами температуры и топливопотребления. Температура обжига до 1200°С. Расход природного газа около 400 м³/час.

Размещение обжигаемых изделий в один ряд обеспечивает оптимальный характер теплообмена для сырца, сокращает длительность обжига и гарантирует однородность и высокое качество продукции. Загрузка и выгрузка изделия выполняется программируемым манипулятором.

Небольшая удельная нагрузка на под вагонетки уменьшает металлоемкость ее конструкции и требуе-

мую мощность механизма перемещения. Конструкция корпуса печи модульная с применением современных волокнистых огнеупорных материалов.

Глубокое использование теплоты от сжигания топлива (природного газа) за счет применения рекуперативных автоматизированных горелочных устройств, возврата части высокотемпературных дымовых газов в зону предварительного нагрева и рекуперация тепла отходящих дымовых газов в дымовой трубе особой конструкции гарантируют низкий удельный расход тепла и вредных выбросов при проведении процесса обжига.

Применение в технологии обжига керамических изделий рекуперативных горелок предусматривает производить эвакуацию сернистых газов из зоны их образования непосредственно в дымовую трубу. В результате этого в зону подготовки и сушки поступает чистый теплоноситель от горелок, установленных в зоне подготовки, и горячий воздух из зоны рекуперации, что позволяет получать высококачественную продукцию даже в случае применения высокосернистого сырья.

В проекте применены современные энерго- и ресурсосберегающие технологии не только по производству конструкционного и теплоэффективного кирпича, но и теплоэффективных блоков на основе местных кремнистых пород и вспенивающих добавок.

Для производства теплоэффективных пенокерамических блоков могут применяться кремнистые породы как с невысоким содержанием карбонатов, так и кремнистые породы с содержанием карбонатов до 30 %. При этом доказана возможность использования этих пород посредством изменения состава вспенивающих добавок и легкоплавких компонентов шихты.

В проведенных работах были изучены физико-химические и технологические свойства кремнистых пород и глины Ново-Айбесиновского и Первомайского № 2 (придорожный участок) месторождений Алатырского района Республики Чувашия. Трепел Ново-Айбесиновского месторождения с высоким содержанием кальция использовался для получения керамического кирпича, а для получения пенокерамических изделий – трепел месторождения Первомайское № 2 (придорожный участок) с низким содержанием карбонатов. При получении пенокерамических блоков минеральные сырьевые материалы измельчались до тонины 10–20 мкм.

Также были проведены работы по исследованию и выпуску опытной партии кирпича из сырьевых материалов месторождения Барсуки, принятых для производства на проектируемом кирпичном заводе мощностью 30 млн шт. усл. кирпича компрессионного формования в Венёвском районе Тульской обл. Особенностью сырья Веневского района является высокое содержание SiO₂

(до 80%), из-за чего выпуск изделий методом пластического формования проблематичен. Свойства глин месторождения Барсуки приведены в табл. 1–3.

Подготовлен пресс-порошок фракции 0,1–2,5 мм с влажностью 8%, из которого на Кривандинском кирпичном заводе (Шатурский район Московской обл.) был отформован кирпич на прессе СМК-1085В Могилевского завода (Республика Беларусь) с пяти-гнездовой пресс-формой завода «Красный Октябрь» (г. Харьков, Украина).

Режим прессования:

– удельное усилие 200 кг/см²

– цикл прессования 8 с;

Список литературы

1. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терехина Ю.В. Аргиллитоподобные глины Юга России – перспективное сырье для производства клинкерного кирпича // *Научное обозрение*. 2014. № 7–3. С. 847–850.
2. Никитин А.И., Стороженко Г.И., Казанцева Л.К., Верещагин В.И. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе трепелов Потанинского месторождения // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 34–37.
3. Столбоушкин А.Ю., Столбоушкина О.А., Иванов А.И., Сыромясов В.А., Пляс М.Л. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе отходов обогащения углистых аргиллитов // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2013. № 2–3 (650–651). С. 28–36.
4. Камалова З.А., Медяник Ю.В., Ермилова Е.Ю., Рахимов Р.З., Стоянов О.В. Оценка возможности использования глинистых и кремнеземистых пигментов РТ для окрашивания строительных материалов // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 16. С. 37–40.
5. 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.
6. Патент РФ 2397068. Технологическая линия для производства керамических строительных изделий методом компрессионного формования. Ашмарин Г.Д., Курносков В.В., Ласточкин В.Г. Опубл. Б.И. № 23 от 20.08.2010 г.
7. Патент РФ 2406049. Туннельная печь-сушилка. Ашмарин Г.Д., Курносков В.В., Беляев С.Е., Ласточкин В.Г. Опубл. Б.И. № 34 от 10.12.2010 г.
8. Патент РФ 2440946. Сырьевая смесь для изготовления керамических теплоэффективных стеновых изделий. Ашмарин Г.Д., Илюхин В.В., Илюхина Л.Г., Ашмарин Д.Г. Опубл. Б.И. № 3 от 27.01.2012 г.
9. Патент РФ 2515107. Сырьевая смесь для изготовления керамических изделий. Ашмарин Г.Д., Илюхин В.В., Илюхина Л.Г., Ашмарин Д.Г. Опубл. Б.И. № 13 от 10.05.2014 г.
10. Ласточкин В.Г., Ашмарин Г.Д., Курносков В.В., Беляев С.Е. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 8–9.
11. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Илюхин В.В., Татьяничков А.В. Инновационные технологии высокоэффективных керамических строительных изделий на основе кремнистых пород // *Строительные материалы*. 2011. № 7. С. 28–30.
12. Ласточкин В.Г., Илюхин В.В., Ашмарин Г.Д., Синянский В.И., Курносков В.В. Технология керамического кирпича компрессионного формования с сокращенным циклом термической обработки // *Строительные материалы*. 2013. № 4. С. 42–43.

– размер кирпича 250×120×65 мм.

Отформованный кирпич был посажен на вагонетку, которая сразу помещалась в зону разогрева печи при температуре 120°C, минуя сушилку. Полный цикл обжига составил 18 ч при температуре обжига 1020°C. Получен кирпич без дефектов с высокими физико-механическими показателями, которые были испытаны на предмет соответствия ГОСТ 530–2012.

По данным сертификационных испытаний, кирпич по прочности соответствует марке 300, по морозостойкости – F25, средняя плотность 1964 кг/м³ для класса 2 (класс средней плотности изделий от 1410 до 2000 кг/м³), водопоглощение 12,5%.

References

1. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Kotlyar A.V., Terekhina Y.V. Argillite-type clays of the South of Russia – promising raw material for clinker brick manufacturing. *Nauchnoe obozrenie*. 2014. No. 7–3, pp. 847–850. (In Russian).
2. Nikitin A.I., Storozhenko G.I., Kazantseva L.K., Vereshchagin V.I. Heat-insulating materials and products on the basis of tripolis of Potanin deposit. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 8, pp. 34–37. (In Russian).
3. Stolboushkin A.Y., Stolboushkina O.A., Ivanov A.I., Syromyasov V.A., Plyas M.L. Wall ceramic materials of matrix structure from cleaning rejects of coaly argillites. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 2–3 (650–651), pp. 28–36. (In Russian).
4. Kamalova Z.A., Medyanik Yu.V., Ermilova E.Yu., Rakhimov R.Z., Stoyanov O.V. Assessment of possibility of use of clay and silicic pigments of RT for coloring of construction materials. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. No. 16, pp. 37–40. (In Russian).
5. 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).
6. Patent 2397068 RF. Tekhnologicheskaya liniya dlya proizvodstva keramicheskikh stroitel'nykh izdelii metodom kompressionnogo formovaniya [The technological line for production of ceramic construction products by method of compression formation]. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Lastochkin V.G. Published B.I. No. 23. 2010.
7. Patent 2406049 RF. Tunnel'naya pech'-sushilka [Tunnel furnace dryer]. Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Belyaev S.E., Lastochkin V.G. Published B.I. No. 34. 2010.
8. Patent 2440946 RF. Syr'evaya smes' dlya izgotovleniya keramicheskikh teploeffektivnykh stenovykh izdelii [Raw mix for production of ceramic heat-effective wall products]. Ashmarin G.D., Ilyukhin V.V., Ilyukhina L.G., Ashmarin D.G. Published B.I. No. 3 (27.01.12).
9. Patent 2515107 RF. Syr'evaya smes' dlya izgotovleniya keramicheskikh izdelii [Raw mix for production of pottery] Ashmarin G.D., Ilyukhin V.V., Ilyukhina L.G., Ashmarin D.G. Published B.I. No. 13. 2014.
10. Lastochkin V.G., Ashmarin G.D., Kurnosov V.V., Belyaev S.E. Justification of efficiency of compression formation of ceramic construction materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 8–9. (In Russian).
11. Ashmarin G.D., Lastochkin V.G., Ilyukhin V.V., Tat'yanchikov A.V. Innovative technologies of highly effective ceramic construction products on the basis of siliceous breeds. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 7, pp. 28–30. (In Russian).
12. Lastochkin V.G., Ilyukhin V.V., Ashmarin G.D., Sinyanskiy V.I., Kurnosov V.V. Technology of a ceramic brick of compression formation with the reduced cycle of heat treatment. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 4, pp. 42–43. (In Russian).