

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 666.3 – 128:005.591.6

666.3(043.3)

Позняк
Анна Ивановна

**РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ
ОБЛИЦОВКИ СТЕН**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.17.11 – технология силикатных
и тугоплавких неметаллических материалов

Минск 2013

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре технологии стекла и керамики.

Научный руководитель

Левицкий И. А., заслуженный деятель науки Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

Батыновский Э. И., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бетонов и строительных материалов Белорусского национального технического университета;

Сакович А.А., кандидат технических наук, доцент, кафедры химической технологии вяжущих материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация

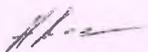
Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «НИИСМ»

Защита состоится 27 декабря 2013 г. в 10.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.02 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а) в аудитории 240 корпус 4, тел. (8-017) 327-51-71, факс (8-017) 327-62-17. E-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «26» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
доктор технических наук



А. Э. Левданский

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в зарубежной практике производства керамических плиток для внутренней облицовки стен наблюдается устойчивая тенденция снижения их материалоемкости, что достигается за счет уменьшения толщины изделий при сохранении высоких показателей механической прочности при изгибе и других физико-химических свойств. Известные технологии производства плиток сниженной материалоемкости предусматривают усложнение процесса их получения, использование дорогостоящих материалов и проведение высокотемпературного обжига.

Применение на отечественных предприятиях в используемых керамических массах значительного количества местных сырьевых материалов, которые характеризуются полиминеральностью и непостоянством химического состава, а также технологические особенности изготовления изделий методом полусухого прессования на поточно-конвейерных линиях однократным обжигом обуславливают необходимость проведения комплексных и систематических исследований, направленных на получение керамических плиток уменьшенной толщины для внутренней облицовки стен применительно к существующей технологии их производства и сырьевой базе Республики Беларусь.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертационная работа содержит научно-обоснованные результаты экспериментальных исследований в области изготовления керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен.

Связь работы с крупными научными программами и темами. Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г., № 585 «Новые неорганические и композиционные материалы для дорожного, промышленного и жилищного строительства, методы и средства измерений свойств строительных материалов», а также научному направлению кафедры технологии стекла и керамики БГТУ. Результаты настоящей диссертационной работы получены при выполнении следующих научно-исследовательских работ: задания 05 «Разработка составов и технологии получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен с использованием природного сырья и техногенных отходов» государственной программы научных исследований «Строительные материалы и технологии» (ГБ 11–161), № гос. регистрации 20111580, срок выполнения 2011–2013 гг.; «Разработка состава керамической массы для изготовления плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен» (ХД 11–434), срок выполнения 01.09.2011–31.01.2013 гг., грант Финанс-

БІБЛІОТЭКА
Беларускага дзяржаўнага
тэхналагічнага ўніверсітэта

1795 ар

разования РБ на выполнение научно-исследовательских работ аспирантами и соискателями «Исследование структурно-фазовых превращений при получении керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен» (ГБ 12–013), № гос. регистрации 20121547, срок выполнения 2012 г.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка составов сырьевых композиций и технологических параметров получения керамических плиток уменьшенной толщины для внутренней облицовки стен с комплексом требуемых эксплуатационных характеристик; выявление основных закономерностей формирования структуры и фазообразования во взаимосвязи с физико-химическими свойствами изделий на всех стадиях технологического процесса их изготовления однократным обжигом.

Объектом исследования являются керамические массы с использованием местного сырья, применяемые для изготовления плиток с высокими прочностными характеристиками для внутренней облицовки стен методом полусухого прессования на поточно-конвейерных линиях по технологии однократного обжига.

Предмет исследования – химико-минералогический состав и технологические характеристики ранее не применяемых сырьевых материалов – базальтов и туфов; процессы формирования структуры и фазообразования при получении плиток уменьшенной толщины на основе разработанных керамических масс; физико-химические свойства полуфабриката изделий на разных стадиях технологического процесса их изготовления.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- установление критериев снижения материалоемкости керамических плиток на основе проведения анализа данных научной литературы и патентных источников;
- обоснование и выбор системы сырьевых компонентов как основы для получения плиток внутренней облицовки стен; изучение химико-минералогического состава и поведения при термообработке компонентов керамической массы, вводимых для повышения механической прочности изделий на стадии обжига;
- установление закономерностей формирования структуры и фазового состава образцов керамических плиток с использованием магматических горных пород;
- изучение влияния технологических факторов (тонина помола керамических масс, гранулометрический состав пресс-порошка, давление прессования) на механическую прочность полуфабриката керамических плиток;
- исследование возможности армирования полуфабриката керамических плиток стекловолокном и волластонитом; выявление особенностей формирования структуры плиток на стадиях прессования и сушки;
- разработка технологических параметров изготовления керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен из разработанной сырьевой композиции.

Положения диссертационной работы, выносимые на защиту:

1. Взаимосвязь «состав – структура – свойства» керамических плиток, полученных в системе «глина легкоплавкая – глина огнеупорная – гранитоидные отсевы – доломит – песок кварцевый – бой плитки» по технологии однократного обжига, позволившая оптимизировать исходный состав сырьевой композиции и выявить факторы повышения механической прочности и снижения материалоемкости изделий.

2. Особенности структуры и технологических свойств базальтов и туфов Беларуси, подтверждающие возможность их использования в качестве компонентов, интенсифицирующих спекание керамических масс при получении плиток сниженной материалоемкости.

3. Зависимость физико-химических свойств, структуры и фазового состава керамических плиток от содержания базальта, туфа, вводимых как индивидуально, так и в комбинации, обеспечивающих присутствие в структуре обожженной керамики цепочечного клинопироксена – авгита и образование при термообработке достаточного количества маловязкого и реакционноспособного расплава, что в комплексе повышает механическую прочность изделий после обжига на 35,0–36,5 % по сравнению с образцами производственного состава.

4. Установленный химический критерий интенсификации процесса спекания сырьевых композиций, выраженный отношением оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, составляющим 8,6–9,1, при котором образуется расплава с реологическими характеристиками, обеспечивающими высокую степень спекания и величину открытой пористости керамического черепка, не превышающую 16,5–20,0 %.

5. Способы повышения механической прочности полуфабриката керамических плиток на стадиях прессования на 31–33 %, сушки – на 46,0–48,5 %, заключающиеся в армировании его структуры добавками стекловолокна, а также в оптимизации гранулометрического состава керамической массы и давления прессования, что обеспечивает снижение толщины плиток от $6,3 \pm 0,2$ мм до $5,5 \pm 0,2$ мм.

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке и решении задач исследования, критическом анализе данных литературы и патентных источников, изготовлении образцов керамических плиток, изучении их свойств, структуры и фазового состава, графической, табличной и математической обработке экспериментальных данных и научной интерпретации результатов исследования, осуществлении промышленной апробации разработанного состава сырьевой композиции для изготовления керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен однократным обжигом.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор И. А. Левичкий осуществлял общее руководство работой, определял направления исследований, участвовал в обсуждении результатов и подготовке научных публикаций. Соавторами публикаций соискателя являются сотрудники кафедры технологии стекла и керамики,

РУП «Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт» и ОАО «Березастройматериаль», вклад которых состоял в выполнении экспериментальных исследований, обсуждении их результатов и обобщении научных выводов работы.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на следующих научно-технических конференциях: 64 и 65-ой региональной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием (Ярославль, 2010, 2012); IX и X Международных научно-технических конференциях «Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии» (Гродно, 2011, 2013); Международной научно-технической конференции молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» (Могилев, 2011, 2012); Международной молодежной научно-практической конференции «Научные стремления–2011» (Минск, 2011); Международной научно-технической конференции «Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления» (Минск, 2011); IV Международной конференции студентов и молодых ученых по химии и химической технологии (Киев, 2012); 76 и 77-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Минск, 2012, 2013); IV Международной конференции Российского химического общества им. Д. И. Менделеева (Москва, 2012); XXIX Международной конференции «Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма» (Судак, 2012); Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (Минск, 2012); III-ем Всероссийском молодежном инновационном форуме «МИЦ–2012» (Нижний Новгород, 2012); Международной научно-технической конференции «Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов» (Пенза, 2012); Международной научно-технической конференции «Технология–2013» (Северодонецк, 2013); 16-ой региональной конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы» (Вильнюс, 2013); 11-ой Международной конференции по современным строительным материалам «MSMST–2013» (Вильнюс, 2013); Белорусско-Германском семинаре «Энергоэффективность и ресурсосбережение» (Минск, 2013); Международном молодежном научном форуме «Ломоносов–2013» (Москва, 2013); VII конкурсе проектов молодых ученых (Москва, 2013).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 30 научных работ, в том числе 8 статей в научных журналах, материалы 11 конференций, тезисы 9 докладов, получено 2 патента на изобретение Республики Беларусь. Объем публикаций в рецензируемых журналах составляет 3,58 авторских листов, общий объем публикаций составляет 7,03 авторских листов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, библиографического списка и приложений. Полный объем диссертации – 180 страниц. Работа содержит 100 страниц машинописного текста, 55 рисунков, 28 таблиц, 10 приложений. Список источников литературы включает 167 наименований, из которых авторских работ – 30.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена аналитическому обзору литературы в области получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен; рассмотрены современные способы их производства и пути повышения механической прочности изделий в отпрессованном, воздушно-сухом и обожженном состоянии.

Выявлено, что увеличение механической прочности керамических материалов на стадиях прессования и сушки достигается за счет регулирования гранулометрического состава пресс-порошка и давления прессования, что повышает плотность полуфабриката и, соответственно, его прочность.

Анализ обзора литературы показал, что факторами, способствующими повышению механической прочности керамических плиток на стадии обжига, является введение добавок, обеспечивающих формирование требуемых кристаллических фаз и увеличивающих количество образующегося при обжиге расплава, и применение неорганических волокон, минералов с игольчатым габитусом кристаллов и других компонентов, армирующих структуру плиток. Однако сведения об армировании структуры керамических плиток для повышения их механической прочности весьма ограничены.

На основании аналитического обзора литературы сформулирована цель диссертационной работы и определены основные задачи исследования.

Во второй главе приведена характеристика сырьевых материалов, описана методика проведения экспериментальных исследований.

Определение физико-химических свойств керамических образцов осуществлялось по стандартным методикам керамического производства. Температурный коэффициент линейного расширения измерялся на электронном dilatометре DIL 402 PC фирмы «Netzsch» (Германия).

Фазовый состав образцов керамических плиток определялся рентгенографическим анализом на дифрактометрах ДРОН-3 (Россия) и D8 ADVANCE фирмы «Bruker» (Германия). Изучение макроструктуры образцов проводилось со шлифов с помощью оптического микроскопа марки Полам Р-111 (Россия), исследование микроструктуры и химического состава керамических плиток – с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, оснащенного системой локального химиче-

ского анализа EDX JED-2201 JEOL (Япония). Инфракрасные спектры поглощения образцов плиток снимались на спектрофотометре Specord-IR-75 (Германия). Гранулометрический состав проб определялся на лазерном микроанализаторе частиц «Analizette 22» фирмы FRITCH (Германия).

Регистрация тепловых эффектов в керамических массах при нагревании осуществлялась на приборе DSC 404 F1 Pegasus фирмы Netzsch (Германия) и устройстве совмещенного термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии TGA/DSC1 фирмы METTLER TOLEDO (Швейцария).

Построение графических зависимостей проводилось с использованием программного обеспечения MS Excel 2010 и OriginPro 8.0 SR5 на персональных ЭВМ.

В третьей главе приведены результаты оптимизации составов керамических масс для получения плиток внутренней облицовки стен с использованием местного полиминерального сырья Республики Беларусь по комплексу изученных физико-химических свойств и структурно-фазовых характеристик образцов изделий.

В качестве базовой теоретически обоснован и экспериментально подтвержден выбор системы сырьевых компонентов «глина легкоплавкая – глина огнеупорная – гранитоидные отсевы – песок кварцевый – бой плитки» (система КМГ). Исследуемая область составов включала, %*: глину огнеупорную 26–38, гранитоидные отсевы 26–38, доломит 11–23 при постоянном суммарном содержании песка кварцевого, глины легкоплавкой и боя плитки, составляющем 25 %. Механическая прочность при изгибе образцов плиток толщиной $7,5 \pm 0,2$ мм, полученных на основе вышеуказанной системы при температуре обжига 1110 ± 5 °С, составляет 16,6–28,2 МПа, водопоглощение – 13,9–21,3 %, усадка – 0,7–2,2 %. Установлено, что определяющее влияние на показатели физико-химических свойств изделий оказывает содержание доломита, что связано с процессами декарбонизации масс. Фазовый состав керамических плиток представлен кварцем (α -SiO₂), гематитом (α -Fe₂O₃) и плагиоклазом, состав которого изменяется от андезина ((Na, Ca)Al(Si, Al)₃O₈) до анортита (Ca[Al₂Si₂O₈]) при росте содержания доломита в исходной композиции.

По результатам изучения взаимосвязи «состав – структура – свойства» образцов плиток исследуемой области составов оптимизирована сырьевая композиция, обеспечивающая получение при температуре обжига 1110 ± 5 °С изделий с показателями механической прочности при изгибе 24,8–25,0 МПа, водопоглощения 15,3–15,4 %; усадки 1,3–1,4 %; пористости 24,4–24,5 %; плотности 1708–1710 кг/м³; ТКЛР $(6,93–6,97) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹; влажностного расширения 0,045–0,046 % и выявлены критерии повышения механической прочности и снижения материалоемкости керамических плиток.

Четвертая глава посвящена изучению особенностей структуры и свойств базальтов и туфов, разведанных на территории Республики Беларусь, в сравнении с

*Здесь и далее по тексту, если не оговорено особо, приведено массовое содержание.

базальтами и туфами, добываемыми в Украине (Ровенское месторождение); определению основных физико-химических свойств и структурно-фазовых характеристик керамических плиток, полученных с использованием вышеуказанных пород как индивидуально, так и их комбинаций.

Установлено, что минералогический состав исследованных базальтов представлен преимущественно клинопироксеном, а туфов – вулканическим стеклом (таблица 1), что подтверждает эффективность их использования для повышения механической прочности керамических плиток на стадии обжига.

Таблица 1 – Минералогический состав исследованных базальтов и туфов

Минералы	Содержание минералов, об. %				
	базальт толеитовый (Украина)	базальт оливиновый (Беларусь)	туф оливиново-вого базальта (Беларусь)	базальт толеитовый (Беларусь)	туф толеитового базальта (Беларусь)
Плагиоклаз	30,0–35,0	35,0–40,0	12,0–14,0	40,0–45,0	8,0–10,0
Клинопироксен	35,0–40,0	30,0–35,0	4,0–10,0	35,0–42,0	4,0–7,0
Полевой шпат	–	–	10,0–12,0	–	10,0–12,0
Рудные минералы	8,0–10,0	7,0–10,0	1,0–2,0	8,0–10,0	3,0–5,0
Хлорофит	15,0–25,0	12,0–15,0	–	5,0–10,0	–
Вулканическое стекло, литокласты базальтовой лавы	0,5–1,5	1,0–2,0	27,0–32,0	2,0–3,0	27,0–32,0
Анальцит	–	2,0–3,0	3,0–5,0	–	–
Хлорит	–	3,0–5,0	1,0–5,0	–	3,0–5,0
Глинистые минералы	–	–	24,0–27,0	–	32,0–34,0
Кварц	–	–	4,0–7,0	–	3,0–5,0

Установлена аналогия качественного и количественного химического и минералогического состава базальтов, разведанных на территории Беларуси, и добываемых в Украине, причем количественное содержание оксидов в породах колеблется в небольших пределах (1,0–3,0 %), что обуславливает и идентичность их технологических свойств. Определено, что тонкодисперсные туфы обладают наиболее выраженными свойствами плавней по сравнению с базальтами и гранитоидными отсевами, поскольку характеризуются значительным содержанием оксидов железа (12,8–14,8 %) и щелочных металлов (7,7–9,0 %) при наличии в составе вулканического стекла и глинистых минералов. Определена температура начала плавления пород, составляющая для толеитовых базальтов Украины и Беларуси 1160 ± 10 °С, оливинового базальта Беларуси – 1170 ± 10 °С. Туфы обоих месторождений начинают плавиться при 1100 ± 10 °С.

Разработаны и исследованы керамические массы с использованием толеитового базальта Ровенского месторождения (серия КМБ/т), аналогичного по петрохимиче-

скому типу толеитовому базальту Беларуси, и оливинового базальта Беларуси (серия КМБ/о), которыми заменялись гранитоидные отсевы в количестве от 2,5 до 25,0 % с шагом варьирования 2,5 %, при этом суммарное содержание обеих пород оставалось постоянным и составляло 29 %.

Результаты определения физико-химических свойств керамических плиток позволили установить оптимальное содержание толеитового базальта, введенного взамен гранитоидных отсевов, составляющее 15 %. Полученные при температуре обжига 1110 ± 5 °С керамические плитки имели следующие показатели свойств: механическая прочность при изгибе составляла 33,0–33,2 МПа, водопоглощение – 11,6–11,7 %, усадка – 1,4–1,5 %, ТКЛР – $(6,87–6,90) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Дальнейшая замена гранитоидных отсевов базальтом является нецелесообразной, поскольку наряду с продолжающимся ростом механической прочности при изгибе образцов (35,2–37,6 МПа) резко повышается их общая усадка (1,6–3,3 %) и происходит интенсивное окрашивание черепка в серо-коричневые тона. Установлено, что введение оливинового базальта взамен гранитоидных отсевов оказывает аналогичное толеитовому базальту влияние на физико-химические свойства образцов плиток и его оптимальное количество также составляет 15 %.

Выявлены особенности фазообразования и процесса спекания при обжиге масс серии КМБ/т, заключающиеся в формировании гематита и небольшого количества плаггиоклаза из расплава, сохранении реликтовых кристаллов авгита, кварца и плаггиоклаза в первом случае, и в обогащении жидкой фазы оксидами железа, кальция и магния, снижающими температуру ее образования и облегчающими проникновение в поровое пространство – во втором.

Наряду с присутствием кварца, плаггиоклаза, гематита и клинопироксена в керамических образцах с использованием оливинового базальта диагностируются кристаллы реликтового оливина. Однако повышение механической прочности плиток серий КМБ/т и КМБ/о обеспечивается, главным образом, присутствием в их структуре цепочечного авгита.

Поскольку сопутствующей породой базальтов являются туфы, содержание которых составляет 20–30 об. %, изучено влияние их совместного введения на физико-химические свойства плиток и структурно-фазовые превращения при термообработке сырьевых композиций. Разработаны и исследованы керамические массы на основе состава КМБ/т6, включающего, %: глину огнеупорную 32, гранитоидные отсевы 14, толеитовый базальт 15, доломит 14, песок кварцевый 7, глину легкоплавкую 13, бой плитки 5, в который туф вводился взамен базальта с шагом варьирования 2,5 % до полной замены последнего (серия БТ). Получены керамические плитки, показатели свойств которых после обжига при температуре 1110 ± 5 °С находятся в следующих пределах: плотность 1858–2400 кг/м³, пористость 12,0–18,2 %, водопоглощение 6,2–11,8 %, механическая прочность при изгибе 34,5–42,5 МПа, усадка 1,4–3,4 %, ТКЛР $(6,84–7,20) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹, влажностное расширение 0,042–0,049 %.

Установлено, что замена базальта туфом приводит к плавному уменьшению открытой пористости, водопоглощения, а также увеличению плотности и прочности, что связано с ростом количества и изменением состава образующегося при обжиге расплава, активно заполняющего поровое пространство (рисунок 1).



Рисунок 1 – Зависимость механической прочности (1), водопоглощения (2) и усадки (3) керамических плиток от содержания туфа и базальта

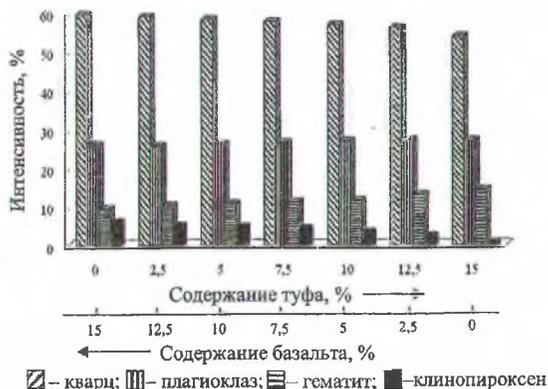


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности дифракционных максимумов кристаллических фаз от содержания туфа и базальта

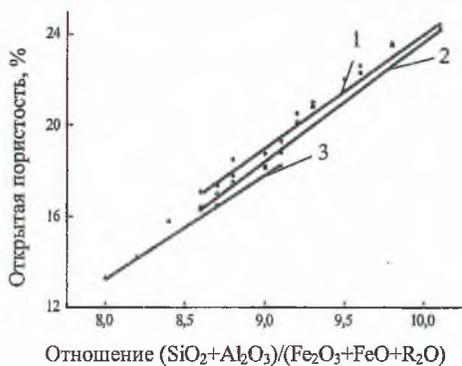
Дальнейшая замена базальта туфом приводит к значительной усадке образцов изделий (1,8–3,4 %) и их деформации.

Для исследуемых керамических масс установлен химический критерий интенсификации процесса спекания сырьевых композиций, выраженный отношением

Повышение механической прочности при изгибе объясняется не только увеличением количества жидкой фазы, которая является более легкоплавкой и подвижной по сравнению с таковой при использовании только базальта, но и присутствием клинопироксена (авгита), вносимого преимущественно базальтом (рисунок 2).

В результате определения физико-химических свойств образцов плиток серии БТ установлено оптимальное содержание базальта и туфа, составляющее 12,5–10,0 % и 2,5–5,0 %, соответственно. При этом наряду с высокими показателями механической прочности при изгибе (35,8–37,5 МПа), сохраняется требуемый уровень водопоглощения и усадки готовой продукции. Определенное соотношение базальта и туфа соответствует таковому в природных вендских трап-

оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{R}_2\text{O})$, которое при значениях 8,6–9,1 обеспечивает образование расплава с реологическими характеристиками, повышающими степень спекания и обуславливающими показатели открытой пористости керамического черепка 16,5–20,0 % (рисунок 3), что при рациональном сочетании кристаллических фаз определяет высокую механическую прочность при изгибе плиток (32,5–35,5 МПа).



Отношение $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{R}_2\text{O})$

1 – серия КМБ/т; 2 – серия КМБ/о; 3 – серия БТ

Рисунок 3 – Зависимость открытой пористости керамических плиток от отношения $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{R}_2\text{O})$

Пятая глава посвящена изучению способов повышения механической прочности керамических плиток на стадиях прессования и сушки с целью уменьшения их толщины. Данная задача решалась в двух направлениях – оптимизацией технологических параметров изготовления полуфабриката плиток (гранулометрический состав керамической массы, давление прессования) и армированием его структуры.

Отмечены некоторые отличия гранулометрического состава сырьевых композиций с использованием

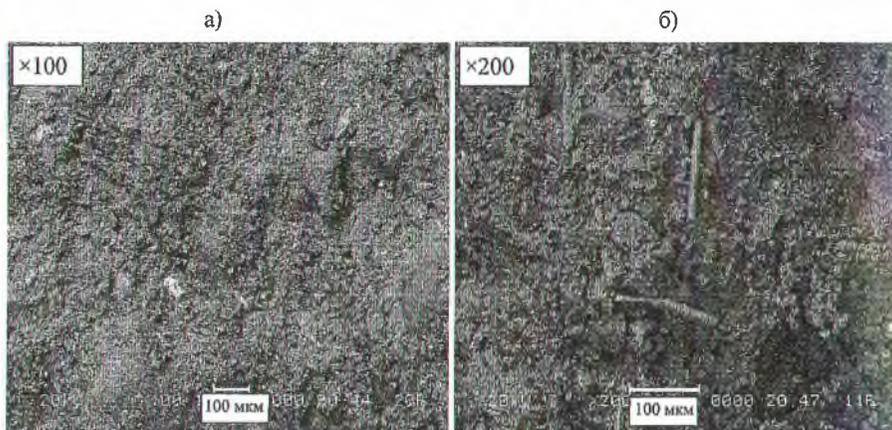
базальтов и гранитоидных отсеков после мокрого помола, которые заключаются в повышении содержания частиц мелкой фракции (менее 2 мкм) у первых по сравнению со вторыми. Установлено, что увеличение дисперсности частиц керамической массы, а именно присутствие частиц размером 0,1 мкм и менее приводит к повышению общей усадки образцов плиток от 1,2 до 1,5 %. При этом наблюдается смещение температуры разложения карбонатов на 10–15 °С в более низкотемпературную область, обусловленное ростом удельной поверхности частиц и их более активной реакционной способностью, что уменьшает вероятность появления дефектов на глазурованной поверхности керамических плиток при их однократном обжиге.

Увеличение давления прессования на второй ступени до 20–25 МПа позволило получить полуфабрикат плитки со значениями механической прочности при изгибе после прессования (0,62–0,63 МПа) и сушки (3,2–3,3 МПа). Его дальнейшее увеличение является нецелесообразным вследствие нарастания упругих деформаций, развития перепрессовочных трещин и, как следствие, снижения механической прочности образцов. Математическими расчетами, выполненными на основе уравнения А. С. Бережного, найдены коэффициенты, свидетельствующие о высокой способности порошков к уплотнению.

С целью армирования полуфабриката плиток на стадиях прессования и сушки использовалось рубленое стекловолокно, производимое на ОАО «Полоцк-Стекловолокно» на основе электроизоляционного стекла марки Е-13-12-4с, кото-

рое вводилось в состав керамической массы КМБ/т6 при помоле сырьевой композиции в количестве 0,5; 1,0; 1,5; 3,0 и 4,5 % сверх 100 %. Показатели механической прочности полуфабриката при изгибе составляли после прессования 0,8–0,88 МПа, после сушки 3,4–3,7 МПа.

Установлено, что наибольшее упрочнение полуфабриката происходит при введении стекловолокна в количестве 0,5–1,0 %. Это обеспечено армирующим воздействием волокон, длина которых составляет 50–200 мкм, сохраняющихся после помола и их равномерным распределением по объему прессовки (рисунок 4, а, б).



а – без добавки; б – содержание добавки 0,5 %

Рисунок 4 – Электронно-микроскопическое изображение поверхности скола полуфабриката плиток

Помимо армирования полуфабриката плитки рубленным стекловолокном в керамическую массу с этой же целью вводился микроволластонит фракционированный в количестве 1,0–5,0 % сверх 100 % с шагом 1 %. Установлено, что введение волластонита приводит к линейному возрастанию механической прочности при изгибе образцов на стадии прессования от 0,69 до 0,84 МПа и на стадии сушки от 2,9 до 3,38 МПа, что объясняется армированием структуры за счет игольчатого габитуса его кристаллов.

Повышение механической прочности при изгибе готовых изделий обусловлено сохранением кристаллов волластонита после обжига, что подтверждается присутствием дифракционных максимумов данной кристаллической фазы на дифрактограммах образцов плиток.

В результате исследований разработан оптимальный состав керамической массы для получения плиток сниженной материалоемкости, который включает, %: глину «Лукомль» 13, гранитоидные отсевы 14, глину марки ДНПК 32, базальт Ро-

венский 15, доломит 14, кварцевый песок 7, бой плитки 5 и стекловолокно, вводимое в количестве 1 % сверх 100 %.

Свойства керамических плиток на основе масс заводского и разработанного составов, полученных при температуре обжига 1110 ± 5 °С, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства керамических плиток

Свойства	Показатели свойств образцов плиток	
	на основе заводского состава	на основе разработанного состава
Усадка, %	1,0–1,1	1,4–1,5
Водопоглощение, %	15,0–15,2	11,5–11,7
Механическая прочность при изгибе, МПа:		
– после прессования;	0,40–0,43	0,83–0,85
– после сушки;	2,60–2,63	3,62–3,65
– после обжига	20,0–20,5	33,4–33,6
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^6 \text{ К}^{-1}$	6,85–7,00	6,87–6,90
Влажностное расширение, %	0,039–0,042	0,041–0,042
Толщина плиток, мм	7,5 \pm 0,2	5,5 \pm 0,2

В седьмой главе приведено описание технологических режимов получения керамических плиток для внутренней облицовки стен и результаты опытно-промышленной апробации разработанных сырьевых композиций на ОАО «Береза-стройматериалы» на линии однократного обжига плиток для внутренней облицовки стен РКК 250/63. Выпущена опытная партия керамических плиток уменьшенной толщины, отвечающая требованиям нормативно-технической документации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных в работе экспериментальных исследований установлена возможность снижения материалоемкости керамических плиток за счет уменьшения толщины изделий и сделаны следующие выводы.

1. В результате исследований физико-химических свойств, структуры и фазового состава керамических плиток, полученных на основе системы сырьевых композиций «глина легкоплавкая – глина огнеупорная – гранитоидные отсеvy – доломит – песок кварцевый – бой плитки» установлена взаимосвязь «состав – структура – свойства», позволившая оптимизировать исходный состав сырьевой композиции и определить пути повышения механической прочности изделий [2, 11, 13, 18, 20].

2. Выявлены факторы, обеспечившие снижение материалоемкости керамических плиток для внутренней облицовки стен путем уменьшения их толщины до $(6,3-5,5) \pm 0,2$ мм, заключающиеся в повышении механической прочности изделий на ста-

дии обжига за счет введения базальта или его комбинации с туфом; на стадиях пресования и сушки за счет оптимизации технологических параметров изготовления полуфабриката плиток и армирования его структуры введением рубленого стекловолокна или волластонита [10, 21].

3. Получены научные сведения об особенностях структуры, технологических, физико-химических свойствах и поведении при нагревании базальтов и туфов Беларуси, подтверждающие возможность их использования в качестве компонентов керамических масс для плиток внутренней облицовки стен. Установлена температура начала плавления толеитовых базальтов, составляющая 1150 ± 5 °С, которая на 20 °С ниже чем у оливиновых, что обусловлено присутствием в составе последних реликтовых кристаллов оливина. Тонкодисперсные глинистые минералы и значительное количество вулканического стекла в туфах (27–32 об. %) оказывают флюсующее воздействие, активно проявляющееся при температурах 1050–1100 °С. Выявлена близость химико-минералогического состава базальтов и туфов Беларуси и Украины, что определяет аналогичность их технологических и физико-химических свойств [3, 4, 12, 27].

4. Выявлено, что повышение механической прочности керамических плиток при введении базальта и его комбинации с туфом достигается за счет увеличения количества и изменения состава жидкой фазы, образующейся при обжиге. Значительное содержание легкоплавких оксидов железа (12,8–14,8 %) и оксидов щелочных металлов (8,1–9,0 %) обуславливает формирование маловязкого расплава при более низких температурах, который активно заполняет поровое пространство, что при рациональном сочетании кристаллических фаз повышает механическую прочность при изгибе керамического черепка на 35,0–36,5 % по сравнению с образцами производственного состава [1, 5, 8, 9, 14, 22, 23].

Установлен химический критерий интенсификации процесса спекания сырьевых композиций, выраженный отношением оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, при значениях которого 8,6–9,1 обеспечивается образование расплава с реологическими характеристиками, повышающими степень спекания и обуславливающими показатели открытой пористости керамического черепка 16,5–20,0 %.

5. Определено, что увеличение дисперсности частиц керамической массы, а именно присутствие частиц размером 0,1 мкм и менее, приводит к повышению общей усадки образцов плиток от 1,2 до 1,5 %. При этом смещение температуры разложения карбонатов на 10–15 °С в более низкотемпературную область, обусловленное ростом удельной поверхности частиц и их реакционной способности, уменьшает вероятность появления дефектов на глазурованной поверхности керамических плиток при их однократном обжиге.

Изучена зависимость степени уплотнения пресс-порошка от прилагаемого усилия и определено оптимальное давление прессования на второй ступени, со-

ставляющее 20–25 МПа, обеспечивающее получение целостных прессовок с повышенными показателями механической прочности при изгибе после прессования (0,62–0,63 МПа) и сушки (3,2–3,3 МПа) [15, 17, 28].

6. Изучено влияние армирующих добавок стекловолокна и волластонита на механическую прочность полуфабриката плиток. Установлено, что наиболее существенное упрочнение структуры плиток происходит при введении добавки стекловолокна в количестве 0,5–1,0 %, что обуславливает повышение прочности после формования на 31–33 %, после сушки – на 46–48,5 % и возможность уменьшения толщины изделий до $(6,3-5,5) \pm 0,2$ мм за счет сохранения волокон после совместного мокрого помола композиций и их равномерного распределения в полуфабрикate, релаксирующих возникающие напряжения и препятствующих его разрушению. Показано, что введение волластонита также способствует армированию структуры полуфабриката плиток, обусловленное игольчатым габитусом кристаллов, однако в меньшей степени, чем при введении стекловолокна [24, 25, 26].

7. Определены оптимальные технологические параметры изготовления керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен.

Разработанные составы керамических масс прошли опытную апробация в условиях ОАО «Безеастройматериалы». Выпущена партия плиток толщиной $6,3 \pm 0,1$ мм в количестве 3500 м², которые характеризуются высокими показателями механической прочности на всех стадиях изготовления изделий, по основным физико-химическим свойствам соответствуют требованиям нормативно-технической документации [6, 7, 16, 19]. Рецептуры керамических масс для получения плиток сниженной материалоемкости защищены патентами Республики Беларусь [29, 30].

Рекомендации по практическому использованию

Установлены зависимости пористости керамических плиток от количественного соотношения оксидов в сырьевых композициях и определены области их оптимальных значений, которые позволят прогнозировать указанные показатели свойств и решать рецептурные задачи.

Проведенные производственные испытания керамических масс оптимального состава в условиях ОАО «Безеастройматериалы» показали возможность получения керамических плиток уменьшенной на 2,0–2,5 мм толщины с требуемыми показателями физико-химических свойств готовой продукции и механической прочностью, обеспечивающей целостность изделий на всех стадиях технологического процесса их изготовления.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи

1. Баранцева, С. Е. Применение вендских базальтов Беларуси для керамических плиток внутренней облицовки стен / С. Е. Баранцева, И. А. Левицкий, О. Ф. Кузьменкова, А. И. Позняк // Строительная наука и техника. – 2011. – № 6. – С. 49–51.

2. Позняк, А. И. Получение плиток для внутренней облицовки стен на основе местного сырья / А. И. Позняк, И.А. Левицкий, С. Е. Баранцева // Стекло и керамика. – 2012. – № 3. – С. 3–7.

Pozniak, A. I. Production of interior facing tiles using local raw materials / A. I. Pozniak, I. A. Levitskii, S. E. Barantseva // Glass and Ceramics. – 2012. – Vol. 69, No. 3–4. – P. 77–80.

3. Позняк, А. И. Базальтовые и гранитоидные породы как компоненты керамических масс для плиток внутренней облицовки стен / А. И. Позняк, И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева // Стекло и керамика. – 2012. – № 8. – С. 17–22.

Poznyak, A. I. Basaltic and granitic rocks as components of ceramic mixes for interior wall tiles / A. I. Poznyak, I. A. Levitskii, S. E. Barantseva // Glass and Ceramics. – 2012. – Vol. 69, No. 7–8. – P. 262–266.

4. Кузьменкова, О. Ф. Вендские траппы Беларуси – перспективное сырье для силикатной промышленности / О. Ф. Кузьменкова, И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Литосфера. – 2012. – № 2 (37). – С. 130–148.

5. Позняк, А. И. Фазовый состав и структура базальтсодержащей керамики для плиток внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2012. – Т.17, № 3. – С. 43–48.

6. Левицкий, И.А. Повышение механической прочности керамических плиток для внутренней облицовки стен / И.А. Левицкий, А. И. Позняк, С. Е. Баранцева // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2013. – № 2. – С. 97–102.

7. Levitskii, I. A. Researches in the field of producing ceramic tiles of lower material capacity for interior wall facing / I. A. Levitskii, S. E. Baranceva, A. I. Pozniak // Engineering Structures and Technologies. – 2013. – № 5(1). – P. 1–10.

8. Levitskii, I. A. Effects of the basaltic tuff additions on the properties, structure and phase composition of the ceramic tiles for interior wall facing / I. A. Levitskii, A. I. Pozniak, S. E. Baranceva // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 57. – P. 707–713.

Материалы конференций

9. Позняк, А. И. О возможности снижения материалоемкости керамических плиток для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // Научные стремления–2011: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 14–18 нояб-

ря 2011 г.: в 2 т. / НАН Беларуси, Совет молодых ученых; редкол.: А. Н. Волченко [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 1. – С. 865–868.

10. Позняк, А. И. Проблемы получения облицовочных керамических плиток сниженной материалоемкости / А. И. Позняк // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 17–18 ноября 2011 г. / Беларус.-Российский ун-т; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2011. – С. 197.

11. Левицкий, И. А. Рециклинг отходов камнедробления и ресурсосбережение при производстве плиток внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 ноября 2011 г. / БГТУ; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 65–68.

12. Кузьменкова, О. Ф. Петругрия гранов вендской Волинско-Брестской провинции / О. Ф. Кузьменкова, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк, В. Г. Лугин // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: материалы XXIX Междунар. конф., Судак, 14–18 сентября 2012 г., Москва, 21–22 сентября 2012 г. / ГЕОХИ РАН. – М., 2012. – С. 83–84.

13. Левицкий, И. А. Импортозамещение при производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 ноября 2012 г.: в 2 ч. / БГТУ; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 1. – С. 38–42.

14. Левицкий, И. А. Ресурсосберегающая технология изготовления керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: материалы IX Междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 20–21 октября 2011 г. / ГНУ НИЦПР НАНБ; редкол.: А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2012. – С. 110–114.

15. Позняк, А. И. Повышение механической прочности полуфабриката керамических плиток / А. И. Позняк // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 30–31 ноября 2012 г. / Беларус.-Российский ун-т; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2012. – С. 81.

16. Позняк, А. И. Ресурсо- и энергосберегающая технология получения плиток для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк, И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева // Новые энерго- и ресурсосберегающие наукоемкие технологии в производстве строительных материалов: сб. статей Междунар. науч.-техн. конф., Пенза, декабрь, 2012 г. / Приволжский Дом знаний; под ред. В. И. Калашникова. – Пенза, 2012. – С. 61–64.

17. Позняк, А. И. Исследования в области получения керамических плиток сниженной материалоемкости / А. И. Позняк // Технологія–2013: матеріали міжнар.

наук.-техн. конф., Северодонецьк, 26–27 квіт. 2013 р.: у 2 ч. / Технол. ін-т Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля; редкол.: М. А. Глікін [і інш.]. – Северодонецьк, 2013. – Ч. 1. – С. 172–175.

18. Левицкий, И. А. Технологические тенденции ресурсосбережения при получении керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Энергоэффективность и ресурсосбережение: материалы Белорусско-Германского семинара, Минск, 3–5 июля 2013 г. / БНТУ. – Минск, 2013. – С. 125–127.

19. Poznyak, A. Ceramic tiles of reduced thickness for interior wall facing / A. Poznyak, I. Levitskii, S. Barantseva // Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні системи: матеріали конференції КМН–2013, Львів, 2013 / Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; редкол.: З. Г. Назарчук. – Львів, 2013. – С. 296–299.

Тезиси докладов

20. Позняк, А. И. Керамические массы для плиток внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // тезиси докладов 64-й региональной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и магистрантов высших учебных заведений с междунар. участием, Ярославль, 20 апреля 2011 г.: в 2 ч. / Ярославский гос. техн. ун-т.; редкол.: И. Г. Абрамов [и др.]. – Ярославль, 2011. – Ч.1. – С. 433.

21. Левицкий, И. А. Ресурсосбережение при производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: тезиси докладов IX междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 20–21 октября 2011 г. / ГНУ НИЦПР НАНБ; редкол.: А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2011. – С. 44–45.

22. Позняк, А. И. Керамические массы для получения плиток сниженной материалоемкости / А. И. Позняк // тезиси докладов 65-й региональной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и магистрантов высших учебных заведений с междунар. участием, Ярославль, 18 апреля 2012 г.: в 2 ч. / Ярославский гос. техн. ун-т.; редкол.: И. Г. Абрамов [и др.]. – Ярославль, 2012. – Ч.1 – С. 26.

23. Позняк, А. И. Особенности получения керамических плиток сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // збірка тез доповідей IV Міжнар. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології, Київ, 4–6 квітня 2012 р. / Нац. техн. ун-т України «Київський політехн. ін-т»; укладач О. В. Гайдай. – Київ, 2012. – С. 201.

24. Позняк, А. И. Влияние волластонита на прочность керамических плиток для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк, С. С. Ходов // Грани науки – 2012 [Электронный ресурс]: сб. тезисов I Всероссийской интернет-конф. – Электрон. текстовые данные (8,5 Мб). – Казань: СМУиС, 2012 г. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

25. Левицкий, И. А. Пути снижения материалоемкости керамических плиток для внутренней облицовки стен / И. А. Левицкий, А. И. Позняк, С. Е. Баранцева // Химическая технология и биотехнология новых материалов и продуктов: тезисы докладов IV Междунар. конф. Российского химического общества им. Д. И. Менделеева, Москва, 24–25 октября 2012 г.: в 2 т. / РХТУ им. Д. И. Менделеева, ИФХЭ им. А. Н. Фрумкина РАН; редкол.: А. Ю. Цивадзе [и др.]. – М., 2012. – Т. 1. – С. 222–224.

26. Позняк, А. И. Влияние гранулометрического состава пресс-порошка на прочность керамических плиток для внутренней облицовки стен / А. И. Позняк // Грани науки – 2013 [Электронный ресурс]: сб. тезисов II Всероссийской интернет-конф. – Электрон. текстовые данные (21,2 Мб). – Казань: СМУиС, 2012 г. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

27. Левицкий, И. А. Базальты и туфы Республики Беларусь – перспективное сырье для керамической промышленности / И. А. Левицкий, О. Ф. Кузьменкова, А. И. Позняк, С. Е. Баранцева // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: тезисы докладов X междунар. науч.-техн. конф., Гродно, 15–16 октября 2013 г. / ГНУ НИЦПР НАНБ; редкол.: А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 76–77.

28. Позняк, А. И. Керамические плитки сниженной материалоемкости для внутренней облицовки стен, полученные по технологии однократного обжига / А. И. Позняк // тезисы докладов VII Конкурса проектов молодых ученых, Москва, 29 октября 2013 г. / РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 2013. – С. 30–31.

Патенты Республики Беларусь

29. Керамическая масса для изготовления плиток внутренней облицовки стен: пат. 16637 Респ. Беларусь, МПК6 С04 В 33/02 / Н. В. Жук, И. А. Левицкий, О. Л. Сакович, С. Е. Баранцева, А. И. Позняк; заявитель Белорус. гос. технолог. ун-т. – № а20110941; заявл. 07.07.2011; опубл. 27.08.2012 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 104.

30. Керамическая масса для изготовления плиток для внутренней облицовки стен: пат. 16997 Респ. Беларусь, МПК6 С04 В 33/02 / И. А. Левицкий, Н. В. Жук, С. Е. Баранцева, О. Л. Сакович, А. И. Позняк; заявитель Белорус. гос. технолог. ун-т. – № а2011355; заявл. 14.10.2011; опубл. 26.12.2012 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 91.

РЭЗЮМЭ

Пазняк Ганна Іванаўна

Рэсурсазберагальная тэхналогія атрымання керамічных плітак для ўнутранай абліцоўкі сцен

Ключавыя словы: керамічная плітка, аднакратны абпал, механічная трываласць, фазавы састаў, структура, рэсурсазберажэнне.

Мэта работы: распрацоўка саставаў сыравінных кампазіцый і аптымізацыя тэхналагічных параметраў атрымання керамічных плітак паменшанай таўшчыні для ўнутранай абліцоўкі сцен з комплексам патрабуемых эксплуатацыйных характарыстык; выяўленне асноўных заканамернасцяў фарміравання структуры і фазатварэння ва ўзаемасувязі з фізіка-хімічнымі ўласцівасцямі вырабаў на ўсіх стадыях тэхналагічнага працэсу іх вырабу аднакратным абпалам.

Метады даследвання: стандартныя метадыкі керамічнай вытворчасці, рэнтгенафазавы аналіз, дыферэнцыяльная сканавальная каларыметрыя, сканавальная электронная мікраскапія, электронна-зондавы аналіз.

Атрыманая вынікі: Устаноўлена ўзаемасувязь «састаў – структура – уласцівасці» керамічных плітак, атрыманых у сістэме «гліна легкаплаўкая – гліна вогнетрывалая – гранітоідныя адсевы – даламіт – пясок кварцавы – бой пліткі» па тэхналогіі аднакратнага абпалу, якая дазволіла аптымізаваць зыходны састаў сыравіннай кампазіцыі, які забяспечвае атрыманне вырабаў з паказчыкамі механічнай трываласці пры выгіне 24,8–25,0 МПа, водапаглыннаннем 15,3–15,4% і ўсаджваннем 1,3–1,4%. Выяўлены асаблівасці структуры, паводзін пры награванні і ўласцівасцяў базальтаў і туфаў Беларусі, што пацвердзіла мэтазгоднасць іх выкарыстання ў якасці кампанентаў керамічных мас. Устаноўлена, што ўвядзенне базальту і туфу ў аптымальнай колькасці за кошт рацыянальнага спалучэння крышталічных фаз кварцу, плагіяклазу, гематыту, клінапраксену і малавязкай, рухомай вадкай фазы, якая ўтвараецца пры абпале, абумоўліваюць высокія паказчыкі механічнай трываласці пры выгіне керамічных плітак, якія на 35,0–36,5 % вышэйшыя ў параўнанні з вырабамі вытворчага саставу. Устаноўлены хімічны крытэрыі інтэнсіфікацыі працэсу спякання сыравінных кампазіцый, выяўлены адносінамі аксідаў $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, пры значэннях якога 8,6–9,1 забяспечваецца атрыманне расплаву з рэалагічнымі характарыстыкамі, якія абумоўліваюць паказчыкі адкрытай сітаватасці керамічнага чарапка 16,5–20,0 %. Прыведзены залежныя ступені ўшчыльнення прэс-парашку ад прыкладваймага ўздзеяння ўстаноўлена вобласць аптымальнага ціску прасавання. Паказана, што найбольшае ўмацаванне паўфабрыкату дасягаецца пры ўвядзенні сечанага шкловалакна ў колькасці 0,5–1,0 % звыш 100 %, што абумоўлівае павышэнне яго трываласці пасля фармавання на 31–33 %, пасля сушкі на 46–48,5 % і магчымасць памяншэння таўшчыні вырабаў да $(6,3 - 5,5 \pm 0,2)$ мм.

Праведзены прамысловыя выпрабаванні сыравінных кампазіцый ва ўмовах ААТ «Бярозабудматэрыялы» і ажыццёўлены выпуск доследнай партыі керамічных плітак зніжанай матэрыялаёмнасці ў колькасці 3500 м².

Галіна выкарыстання: керамічная прамысловасць.

РЕЗЮМЕ

Позняк Анна Ивановна

Ресурсосберегающая технология получения керамических плиток для внутренней облицовки стен

Ключевые слова: керамическая плитка, однократный обжиг, механическая прочность, фазовый состав, структура, ресурсосбережение.

Цель работы: разработка составов сырьевых композиций и оптимизация технологических параметров получения керамических плиток уменьшенной толщины для внутренней облицовки стен с комплексом требуемых эксплуатационных характеристик; выявление основных закономерностей формирования структуры и фазообразования во взаимосвязи с физико-химическими свойствами изделий на всех стадиях технологического процесса их изготовления однократным обжигом.

Методы исследования: стандартные методики керамического производства, рентгенофазовый анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, сканирующая электронная микроскопия, электронно-зондовый анализ.

Полученные результаты. Установлена взаимосвязь «состав – структура – свойства» керамических плиток, полученных в системе «глина легкоплавкая – глина огнеупорная – гранитоидные отсевы – доломит – песок кварцевый – бой плитки» по технологии однократного обжига, позволившая оптимизировать исходный состав сырьевой композиции, обеспечивающий получение изделий с показателями механической прочности при изгибе 24,8–25,0 МПа, водопоглощением 15,3–15,4 % и усадкой 1,3–1,4 %. Выявлены особенности структуры, поведения при нагревании и свойств базальтов и туфов Беларуси, что подтвердило целесообразность их использования в качестве компонентов керамических масс. Установлено, что введение базальта и туфа в оптимальных количествах за счет рационального сочетания кристаллических фаз кварца, плагиоклаза, гематита, клинопироксена и образующейся при обжиге маловязкой, подвижной жидкой фазы обуславливают высокие показатели механической прочности при изгибе керамических плиток, которые на 35,0–36,5 % выше по сравнению с образцами производственного состава. Установлен химический критерий интенсификации процесса спекания сырьевых композиций, выраженный отношением оксидов $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, которое при значениях 8,6–9,1 обеспечивает образование расплава с реологическими характеристиками, обуславливающими показатели открытой пористости керамического черепка 16,5–20,0 %. Приведены зависимости степени усадки пресс-порошка от прилагаемого усилия и установлена область оптимальных давлений прессования. Показано, что наибольшее упрочнение полуфабриката достигается при введении рубленого стекловолокна в количестве 0,5–1,0 % сверх 100 %, что обуславливает повышение его прочности после формования на 31–33 %, после сушки на 46–48,5 % и возможность уменьшения толщины изделий до $(6,3-5,5 \pm 0,2)$ мм.

Проведены производственные испытания сырьевых композиций в условиях ОАО «Березастройматериаль» и осуществлен выпуск опытной партии керамических плиток сниженной материалоемкости в количестве 3500 м².

Область применения: керамическая промышленность.

SUMMARY

Pozniak Anna Ivanovna

Resourcesaving technology for production of ceramic tiles for interior wall facing

Keywords: ceramic tile, single firing, mechanical strength, phase composition, structure, resource saving.

The work aim: the development of the raw tracks and optimization of process parameters of obtaining of ceramic tiles of reduced thickness for interior wall facing with the complex required characteristics; identifying the basic laws of structure and phase formation in relation to the physic-chemical properties of the products at all stages of the process of producing by single firing.

Investigation methods: standard ceramic-making techniques, X-ray-phase analysis, differential scanning calorimetry, scanning electron microscopy, electron-probe analysis.

The obtained results: The relation between the "composition – structure – properties" of ceramic tiles produced in the system of "fusible clay – refractory clay – granitoid siftings – dolomite – quartz sand – tiled wastes" by the single firing technology is established and allow to optimize the initial composition of the raw tracks which provides to obtain of products with indicators of mechanical strength bending 24,8–25,0 MPa, water absorption 15,3–15,4 % and shrinkage of 1,3–1,4 %. The features of the structure, behavior during heating and properties of basalts and tuffs of Belarus are identified and confirmed the practicability of their use as components of ceramic materials. It is found that the introduction of basalt and tuff in optimal amounts ensure the high indicators of mechanical bending strength of ceramic tiles, that is 35,0–36,5 % higher in comparison to the production samples due to the rational combination of crystalline phases of quartz, plagioclase, hematite, and clinopyroxene and formed during the firing of low-viscous, mobile liquid phase. The chemical criterion of the intensification of the raw composition sintering, expressed by ratio of oxides $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ is established, which for values of 8,6–9,1 provides forming a melt with a rheological characteristics that determine the indicators of open porosity of ceramic matrix of 16,5–20,0 %. The dependences of the degree of compaction of molding powder from the applied force are shown and the area of the optimum compaction pressure is set. It is shown that the maximum hardening is achieved by the introduction of chopped glass fiber at 0,5–1,0 % in excess of 100 %, which results in increase of strength after forming at 31–33 %, after drying to 46–48,5 % and reducing of products thickness to (6,3–5,5±0,2) mm.

The production tests of raw compositions under conditions of OJSC "Berezastroimaterialy" are conducted and the experimental batch of ceramic tiles of reduced material capacity in the amount of 3,500 m² is realized.

Field of application: Ceramic industry.

Научное издание

Позняк Анна Ивановна

**РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ
ОБЛИЦОВКИ СТЕН**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов

Ответственный за выпуск А. И. Позняк

Подписано в печать 25.11.2013. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 60 экз. Заказ 481.

Издатель и полиграфическое оформление:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0150477 от 16.01.2009.

ЛП № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.