

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

**ИННОВАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ**

*Материалы IV Международной научно-
технической конференции
(19–20 февраля 2019 г.)*

Тверь 2019

УДК 338.45:69:620.1(082)
ББК 6531:38:30.3я43

Рецензенты: к. т. н., профессор, декан ФИТ Тверского технического университета Хабаров А.Р.; к. т. н. доцент кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов Национального исследовательского Московского государственного строительного университета Гальцева Н.А.

Инновации и моделирование в строительном материаловедении: материалы IV Международной научно-технической конференции (19–20 февраля 2019 г.) / под ред. В.В. Белова, А.А. Артемьев, В.Б. Петропавловской. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2019. 148 с.

Включены научные труды, посвященные возможностям математического моделирования, прогнозирования свойств и проведения автоматизированных расчетов, которые определяют сегодняшние инновационные подходы и методологию развития строительных технологий и процессов подготовки специалистов, работающих в данной сфере.

Предназначен для научных и инженерно-технических работников, научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, а также докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов вузов строительного профиля.

Подготовлен кафедрой производства строительных изделий и конструкций Тверского государственного технического университета.

Авторы предоставленных к опубликованию докладов несут ответственность за достоверность приведенных в них сведений.

Библиографический список

1. Белов, В.В. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография / В.В. Белов [и др.]. М.: Де Нова, 2012. 196 с.
2. Петропавловская, В.Б. Самоармированные гипсовые композиты: монография / В.Б. Петропавловская [и др.]. М.: Де Нова, 2015. 163 с.
3. Петропавловская, В.Б. Закономерности влияния зернового состава на свойства сырьевых смесей прессованных гипсовых материалов / В.Б. Петропавловская [и др.] // Строительные материалы. 2011. № 6. С. 4–5.

УДК 666.7-024

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЯЧЕИСТОЗАПОЛНЕННОЙ СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

А.Ю. Столбоушкин

ВВЕДЕНИЕ

Среди направлений развития исследований в области строительного материаловедения на ближайшие полвека [1] можно выделить несколько актуальных положений, которые легли в основу научной идеи формирования строительных керамических композитов из техногенного сырья. Это развитие теорий структурообразования строительных композитов и конструирования оптимальных структур строительных материалов, обеспечивающих достижение максимальных физико-технических свойств, а также строительного-технологического утилизация техногенных отходов.

Как правило, традиционные технологические способы производства строительных керамических материалов из природного сырья малоэффективны при переработке техногенных отходов, а получаемые изделия не обладают необходимыми физико-техническими свойствами [2]. Поэтому актуально развитие теоретических основ формирования рациональной структуры керамических композиционных материалов из техногенного сырья, результатом которого станут новые технологии производства строительных материалов [3].

Основная научная идея автора заключается в агрегации мало-кондиционных неорганических отходов в ядра с последующим образованием вокруг них прочной оболочки из глины и формированием материала, имеющего матричную структуру. В результате при обжиге и спекании оболочки получается прочный керамический материал, связанный воедино матрицей [4].

Для реализации научной идеи были сформулированы граничные условия создания керамических матричных композитов на основе

техногенного и природного сырья с учетом существующих технологий керамических строительных материалов:

при выборе сырьевых материалов необходимо ориентироваться на повсеместно распространенное мало- и умереннопластичное природное глинистое сырье полиминерального состава и алюмосиликатные техногенные отходы, запасы которых в настоящее время являются практически неисчерпаемыми [5, 6];

количество корректирующих добавок в составе шихты, обеспечивающих необходимые физико-механические свойства изделий матричной структуры на основе техногенных отходов, должно быть минимальным;

значения технологических параметров формования, сушки и обжига керамических матричных композитов должны находиться в пределах, принятых на большинстве действующих керамических предприятий;

новые технологии производства керамических матричных композитов, сориентированные на использование техногенного сырья, должны обеспечивать экологически безопасные и безвредные при эксплуатации строительные керамические материалы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе при постановке экспериментальной части для подтверждения научной идеи в качестве техногенного и природного сырья применялись следующие материалы:

отходы обогащения железных руд Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики «Евразруда»(Кемеровская обл.);

глинистые породы Западной Сибири.

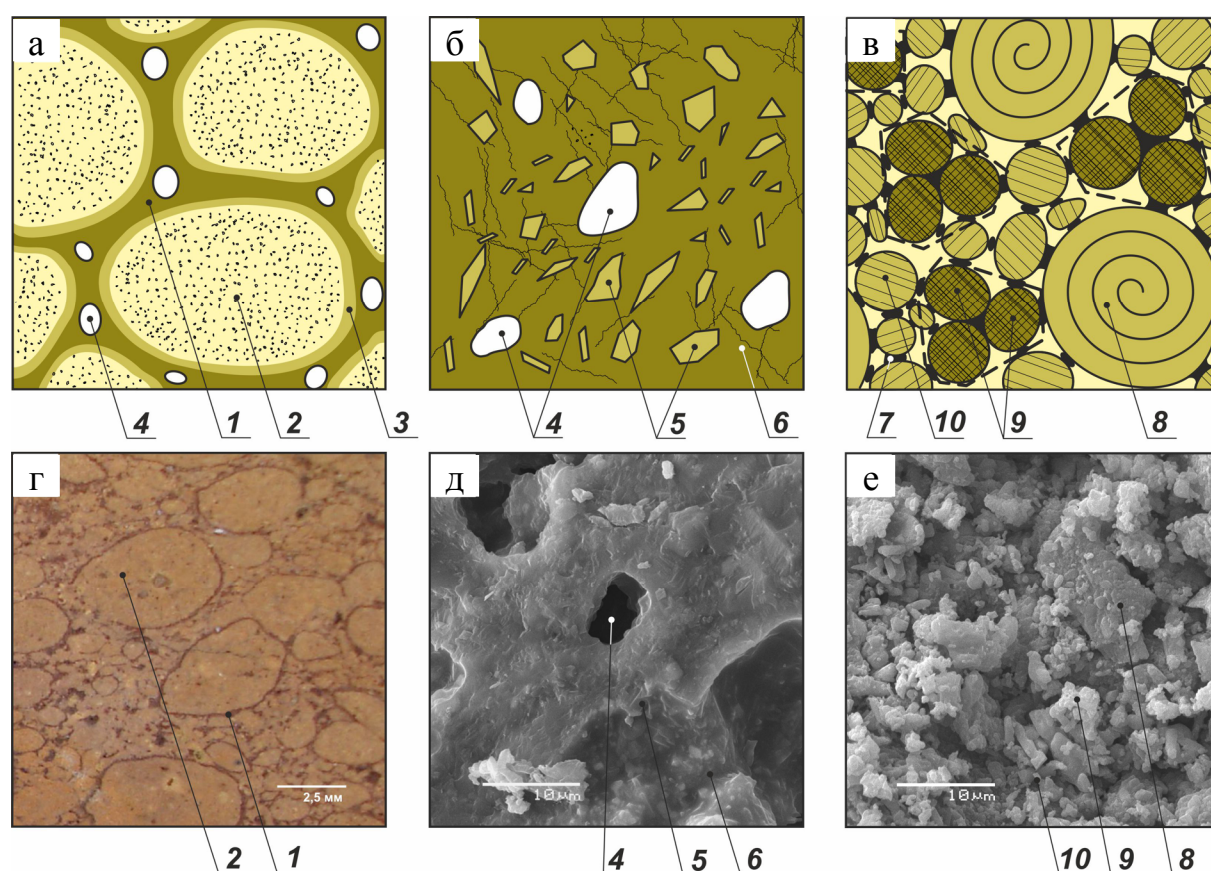
В качестве методов исследований использовались как стандартные, так и прецизионные методы анализа свойств строительных материалов. Исследование структуры и фазового состава проводилось комплексом методов: малоугловой рентгеновской дифрактометрии (с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD-6000); оптической микро-скопии (инструменты – геологический микроскоп МИН-8, поляри-зационный микроскоп Olympus GX-51); электронной микро-скопии (при-боры – электронный микроскоп JEM-100С, растровый электронный микро-скоп JSM-6460LV); термического анализа (инструмент – синхронный термический анализатор Setaram LabSys Evo).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с предложенными граничными условиями была разработана схема формирования ячеисто-заполненной структуры строительных керамических матричных композитов (рисунка–в). В данной работе экспериментальная апробация проведена на примере

шламистых железорудных отходов и умереннопластичного суглинка (рисунки г–е).

Для создания керамического матричного композита с ячеисто-заполненной структурой необходимо, согласно научной идее, провести грануляцию дисперсного техногенного сырья, нанести на поверхность гранул глинистую легкоплавкую компоненту шихты, отпрессовать из полученных гранул сырец, провести сушку и обжиг изделий. Такая технология позволяет формировать внутренний пространственный ячеисто-заполненный каркас (рисунки а, г). При обжиге дисперсионная среда продуцирует жидкую фазу (рисунки б, д), которая внедряется в периферийную зону дисперсной фазы (рисунки в, е) и после кристаллизации образует прочную матричную структуру.



Модели (а–в) и микрофотографии (г–е) структуры керамического матричного композита: макроструктура (а, г), матрица (б, д), ядро (в, е): 1 – матрица (наполненное связующее); 2 – ядро (агрегированный наполнитель); 3 – переходный слой между матрицей и ядром; 4 – поры; 5 – наполнитель матрицы (кристаллическая фаза); 6 – связующее матрицы (стекловидная фаза); 7 – пиропластичная фаза; 8 – укрупненные агрегаты частиц; 9 – кластеры; 10 – неагрегированные частицы

Сформированный таким образом керамический матричный композит из техногенного сырья имеет полиструктурное строение [7]. При этом

гранулы из отходов выступают в роли заполнителя и образуют систему второго уровня. После прессования и обжига опудривающий слой, сформированный из глины, представляет собой наполненное связующее и образует систему первого уровня.

Условно процесс формирования микроструктуры матрицы в чистом виде вне контактных зон с поверхностью наполнителя и заполнителя керамического композита можно рассматривать как последовательный переход, происходящий под влиянием внешних воздействий, одних видов структур в другие: коагуляционная → конденсационная → кристаллизационная [8].

Коагуляционная структура формируется за счет сил межмолекулярного взаимодействия между частицами глины через прослойки жидкой среды, выдавливаемой из гранул влажного заполнителя (при этом влажность составляет порядка 9–12 %) в поверхностный опудривающий слой при прессовании.

В процессе сушки после удаления жидкой фазы образуется конденсационная структура при непосредственном взаимодействии частиц под влиянием ковалентных или ионных связей. В результате обжига стеновой керамики формируется кристаллизационная структура матрицы через кристаллизацию твердой минеральной фазы из расплава с последующим срастанием кристаллов в единую прочную систему. Сформированные таким образом внутренние поверхности раздела керамического матричного композита из техногенного сырья должны сохранять стабильность физико-технических показателей во время всего периода эксплуатации материала [9].

Петрографические и СЭМ-исследования керамического черепка на основе гранулированных шламистых отходов обогащения железных руд выявили в структуре материала характерные границы раздела фаз по поверхности контакта гранул (см. рисунок г). Отмечаются важные различия микроструктуры матрицы и ядра. Матрица имеет микропорфировую структуру с мелкими порфировыми включениями зерен минералов. Наблюдаются участки микропойки-литовой структуры с беспорядочными включениями мелких минеральных частиц (менее 1 мкм), лишенных кристаллографических очертаний и имеющих округлую форму (см. рисунок д). Напротив, структура ядер – агломератовая с зернами минералов в виде кристаллических обломков с острыми или оплавленными углами. Промежутки и пустоты между зернами частично или полностью заполнены минеральным веществом в виде щетки мелких кристаллов, расположенных на стенках пустот, формируя друзовую микротекстуру в гранулах (см. рисунок е).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате лабораторных и опытно-заводских испытаний [10] установлено, что прочность строительной керамики с матричной структурой из непластичных шламов обогащения железных руд (70–80 % по массе) и суглинка (20–30 % по массе) при суммарном содержании глинистых 5–6 % по массе составляет 15–24 МПа после обжига при 1 050 °С, что превышает аддитивную прочность керамического материала после обжига смеси компонентов в 1,5–2 раза.

Разработанная модель формирования ячеистозаполненной структуры строительных керамических матричных композитов позволяет использовать в качестве основного сырья малопригодные в технологии пластического формования материалы, обеспечивает при этом достижение максимальных физико-технических свойств, а также строительнотехнологическую утилизацию техногенных отходов.

Результаты исследования получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки РФ, шифр проекта № 7.7285.2017/8.9 «Фундаментальные исследования в области строительных керамических композиционных материалов с матричной структурой на основе техногенного и природного сырья».

Библиографический список

1. Чернышов, Е.М. К проблеме развития исследований и разработок в области материаловедения и высоких строительных технологий: основные акценты / Е.М. Чернышов // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии: материалы XV Академических чтений РААСН. В 2 т.Т. 1.Казань: КазГАСУ, 2010. С. 8–9.
2. Верещагин, В.И. Моделирование структуры и оценка прочности строительной керамики из грубозернистых масс / В.И. Верещагин, А.Д. Шильцина, Ю.В. Селиванов // Строительные материалы. 2007. № 6. С. 65–68.
3. Столбоушкин, А.Ю. Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин // Строительные материалы. 2011. № 2. С.10–13.
4. Столбоушкин, А.Ю. Керамические стеновые материалы матричной структуры на основе неспекающегося малопластичного техногенного и природного сырья / А.Ю. Столбоушкин[и др.] // Строительные материалы. 2016. № 08. С. 19–23.
5. Абдрахимов, В.З. Экологические, теоретические и практические аспекты использования алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения без применения природного традиционного сырья / В.З. Абдрахимов[и др.] // Экология и промышленность России. 2013. № 5. С. 28–32.

6. Бурученко, А.Е. Возможности использования вторичного сырья для получения строительной керамики и ситаллов / А.Е. Бурученко // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. 2013. Вып. № 3 (18). С. 7–14.

7. Хрулев, В.М. Состав и структура композиционных материалов / В.М. Хрулев, Ж.Т. Тентиев, В.М. Курдюмова. Бишкек: Полиглот, 1997. 124 с.

8. Сайбулатов, С.Ж. Особенности формирования коагуляционной структуры в системе «углеотходы – вода» / С.Ж. Сайбулатов[и др.] // Проектирование, строительство и эксплуатация транспортно-коммуникационных сооружений: межвузовский сборник научных трудов. Алматы: КазАТК, 2000. Вып. 9. С. 66–69.

9. Портной, К.И. Структура и свойства композиционных материалов / К.И. Портной[и др.]. М.: Машиностроение, 1979. 255 с.

10. Столбоушкин, А.Ю. Исследование эксплуатационных свойств керамического кирпича матричной структуры / А.Ю. Столбоушкин[и др.] // Строительные материалы. 2017. № 9. С. 9–13.

УДК 539.3: 519.6.502

ОПИСАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛАБОНЕЛИНЕЙНЫХ ОРТОТРОПНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*А.А.Трещев, Ю.А.Завьялова, М.А.Лапина, Ю.А.Монастырев,
В.Д.Чибрикина*

ВВЕДЕНИЕ

В современном строительстве и аппаратостроении все чаще стали применяют легкие анизотропные материалы, обладающие повышенной прочностью. Наиболее распространенный класс анизотропии этих материалов – ортотропный класс. Даже такой «древний» материал, как древесина, является ортотропным телом с цилиндрической анизотропией. Что уж говорить о современных стекло-, боро-, графитопластиках и поликарбонате. При одновременном повышении прочности усложняется и структура данных материалов, которая зачастую приводит к функциональной связи жесткости и прочности от качественной картины НДС, что не вписывается в рамки классической теории прочности и материаловедения. Данный факт однозначно не положен в единую и общепризнанную деформационную и прочностную теорию, применимую к этим материалам и свободную от грубых недостатков. Здесь рассматривается вариант теории, который может послужить долгие годы проектировщикам и материаловедам.

Столбоушкин А.Ю.

Разработка модели формирования ячеистозаполненной структуры
строительных керамических матричных композитов..... 87

***Трещев А.А., Завьялова Ю.А., Лапина М.А., Монастырев Ю.А.,
Чибрикина В.Д.***

Описание деформирования слабонелинейных ортотропных
композитных материалов 92

Трофимов В.И., Джабаров А.С., Леушкин В.Ю., Некрасов А.А.

К вопросу повышения эффективности работы дорожных покрытий
в сложных условиях строительства..... 98

Фомина О.А., Столбоушкин А.Ю., Зенков П.С.

К вопросу оценки цветовой характеристики декоративных
керамических материалов..... 104

***Фишер Х.-Б., Петропавловский К.С., Новиченкова Т.Б.,
Петропавловская В.Б.***

Высокообжиговые вяжущие вещества на основе сульфата кальция... 109

Цыбина Р.З., Куляев П.В., Баркая Т.Р., Гавриленко А.В.

Получение поризованных изделий на базе местного глинистого
сырья..... 115

Метаданные статей..... 119

Инновации и моделирование в строительном материаловедении

*Материалы IV Международной научно-технической конференции
(19–20 февраля 2019 г.)*

Редактор Я.А. Петрова
Корректор Ю.А. Якушева
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Подписано в печать 07.10.2019

Формат 60x84/16

Физ. печ. л. 9,25

Тираж 100 экз.

Усл.-печ.л. 8,6

Заказ № 58

Бумага писчая

Уч.-изд.л. 7,1

С – 58

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22