

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора

Скрипниковой Нелли Карповны на диссертационную работу

Бондаренко Марины Алексеевны на тему:

«Ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочных материалов

на основе стеклобоя», представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных

и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы исследования. Ресурсо- и энергосбережение является магистральным направлением повышения конкурентоспособности строительных материалов, в том числе и облицовочных, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Традиционные технологии облицовочных материалов требуют дорогостоящих и дефицитных сырьевых материалов. Разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии облицовочных материалов с использованием в качестве основного сырьевого материала стеклянных бытовых отходов и техногенных отходов промышленности позволит решить ряд острых производственных проблем в области сырья, в том числе снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Работа Бондаренко М.А. была выполнена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова по ряду тем, в том числе «Разработка научно-технологических основ (бережливого) модифицирования строительных композиционных стеклокристаллических материалов на основе местных источников сырья и техногенных отходов промышленности высококонцентрированными источниками энергии» № А-9/20 от 15.01.2020.

Общая характеристика работы.

Для отзыва предоставлена диссертация, изложенная на 190 страницах машинописного текста, которая состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 249 источников и 13 приложений, а также автореферат объемом 20 страниц.

Во введении автором обоснована актуальность темы диссертационной работы, определена степень разработанности данной темы, сформулированы цель и задачи работы, положения научной новизны, теоретическая и практическая значимость, методология, методы и объекты исследования, определены положения, выносимые на защиту, показана достоверность результатов исследований, апробация и внедрение результатов работы.

Первая глава посвящена имеющимся в научной литературе сведениям в области использованию различных видов стеклобоя в технологии

силикатных материалов, в том числе облицовочных, теплоизоляционных и других. Особое внимание уделено анализу сведений в области разрушения стекол щелочами, использованию стеклобоя в композиционных вяжущих, а также плазмохимическому модифицированию композитов.

Вторая глава посвящена методикам исследований и приводится развернутая характеристика объектов исследований.

В третьей главе приведено обоснование рабочей гипотезы и результаты разработки технологии облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя. Разработаны и запатентованы составы и безобжиговая ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочных материалов на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного гидроксидами натрия и калия. Особое внимание уделено изучению микроструктуры облицовочного материала и его фазового состава. Предложен механизм формирования макро- и микроструктуры облицовочного материала на основе стеклобоя модифицированного гидроксидами натрия и калия. Рассмотрены особенности дегидратации облицовочного материала. Значительный теоретический и практический интерес представляют результаты по огневой полировке облицовочного материала плазменной струей. Получены новые научные сведения в области плазмохимического модифицирования силикатных материалов, в частности в образовании зон микроликваций, обогащенных оксидом кремния, при огневой полировке облицовочных материалов. Данные процессы образования микроликваций приводят к существенному повышению эксплуатационных свойств, таких как твердость, водопоглощение, кислотостойкость и щелочестойкость.

Четвертая глава посвящена разработке технологии облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя в составе композиционного вяжущего. Показано, что при совместном помоле портландцемента со стеклобоем с содержанием дисперсного стекла 30-50 мас. % композиционные вяжущие обладают достаточно высокими эксплуатационными показателями. Рассмотрены особенности фазового состава композиционного вяжущего.

Автором уделено значительное внимание закономерностям дегидратации композитов с содержанием 30 и 50 мас. % дисперсного стекла и впервые получены выражения для данной системы, связывающие влияние скорости нагрева на смещение в область низких или высоких температур термических эффектов. Показано, что при гидратации, помимо традиционных фаз, в составе композитов образуются натриевые гидроалюмосиликаты типа гмеленита и томсонита.

В пятой главе рассмотрены вопросы, посвященные разработке технологии облицовочного материала на основе смешанного стеклобоя, отходов обогащения железистых кварцитов КМА и жидкого стекла. Установлены закономерности формирования фазового состава при термообработке, заключающиеся в образовании из перенасыщенного оксидами железа расплава гематита и гиперстена.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Научные положения, приведенные в работе, обоснованы и согласуются как с отечественными, так и зарубежными научными представлениями в области эффективности использования щелочей для модифицирования кремнесодержащих материалов и стекол, а также в области формирования фазового состава механоактивированного стеклобоя в составе композиционного вяжущего и закономерностях образования гематита и гиперстена из перенасыщенного оксидами железа расплава.

В связи с использованием современного высокотехнологичного оборудования и стандартных методик достоверность результатов исследований не вызывает сомнений.

Новизна научных положений, выводов и рекомендации диссертационной работы заключается в следующем:

Автором разработаны научно-технологические решения получения облицовочных материалов на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного гидроксидами щелочных металлов, а также в составе композиционного вяжущего и с отходами обогащения железистых кварцитов КМА.

Разработана технология облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя в количестве 77,5-80% модифицированного NaOH и KOH в количестве 3,0-3,5% при совместном усреднении и последующей тепловлажностной обработке при 85°C, обеспечивающая получение конечного продукта с высокими эксплуатационными показателями.

Установлены закономерности структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя модифицированного KOH, заключающиеся в образовании в межпоровом пространстве столбчатых и игольчатых кристаллов первого типа размером 20-150 мкм и второго типа размером 2-5 мкм, растущие с поверхности механоактивированных частиц, что обеспечивает получение облицовочного материала с прочностью, на сжатие $25,8 \pm 0,2$ МПа, плотностью 1835 кг/м^3 и коэффициентом размягчения 0,89.

Установлен характер влияния огневой полировки высококонцентрированными источниками энергии облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного NaOH и KOH, заключающийся в образовании зон ликвации, обогащенных оксидом кремния, что обеспечивает его высокую долговечность за счет повышения твердости с 489 до 539 HV, водостойкости с 4/98 до 3/98 гидролитического класса, кислотостойкости с 98,2% до 98,8% и щелочестойкости с 97,1% до 97,5% огненнополированной поверхности.

Установлены закономерности структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя в составе композиционного вяжущего, заключающиеся в образовании цеолитоподобных натриево-кальциевых гидроалюмосиликатов типа гмеленита состава $(\text{Na}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и томсонита $\text{NaCaAl}_2\text{Si}_5\text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Установлены закономерности структурообразования и фазового состава облицовочного материала на основе стеклобоя, отходов обогащения железистых кварцитов КМА и жидкого стекла, заключающиеся в образовании при термической обработке пересыщенного оксидами железа расплава, с последующей кристаллизацией из расплава гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гиперстена ($\text{MgSiO}_3 \cdot \text{FeSiO}_3$).

Теоретическая и практическая значимость работы.

Соискателем предложен механизм структурообразования облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного щелочами, заключающийся в том, что диффузионно-контролируемый процесс взаимодействия щелочей с механоактивированными частицами стекла смещается в кинетическую область в условиях интенсивного перемешивания и повышенных температур с образованием зародышей кристаллизацией и последующим ростом силикатов натрия и калия состава: Na_2SiO_3 , $\text{Na}_6\text{Si}_{40}\text{O}_{83}$, Na_4SiO_4 , $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$, $\text{K}_6\text{Si}_2\text{O}_7$, K_4SiO_4 , $\text{K}_4\text{Si}_8\text{O}_{18}$, $\text{K}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, K_2SiO_3 .

Сформулированы теоретические представления о принципах разработки технологии облицовочных материалов на основе механоактивированного стекла, модифицированного гидроксидами KOH и NaOH.

Дополнены теоретические представления о процессах структуро- и фазообразования облицовочного материала на основе механоактивированного боя стекла, модифицированного KOH и NaOH.

Разработана и запатентована ресурсо- и энергосберегающая технология и составы облицовочных материалов на основе механоактивированного тонкодисперсного стекла, модифицированного КОН и NaOH.

Разработана ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочного материала на основе механоактивированного стекла в составе композиционного вяжущего. Показано, что при совместном помоле портландцемента и стеклобоя при достижении удельной поверхности 5800-6400 см²/г с содержанием дисперсного стекла 30-50 мас. % стеклобетон соответствует классу В30-В40, что удовлетворяет требованиям нормативных документов. Разработанные составы позволяют заменить часть дорогостоящего цемента на стеклобой.

Разработаны и запатентованы составы на основе СБО, отходов обогащения железистых кварцитов КМА и жидкого стекла. Показано, что жидкое стекло способствует интенсивному образованию стеклофазы, уплотнению материала и существенно снижает температуру термообработки.

Разработанные технологии рекомендованы к широкому промышленному внедрению на действующих технологических линиях с использованием только отечественного оборудования.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена выполнением экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с использованием аттестованного и поверенного оборудования.

Приведенные в работе результаты экспериментальных исследований подкреплены их значительным объемом и теоретическим обоснованием. Массив экспериментальных данных имеет высокую воспроизводимость и обработан методами математической статистики с заданной вероятностью и доверительным интервалом.

Результаты исследований не противоречат имеющимся в научной литературе сведениям.

Автореферат диссертации достаточно полно и всесторонне отражает основные аспекты диссертационного исследования, актуальность работы, её цель и задачи, положения, выносимые на защиту, теоретическую и практическую значимость и выводы по работе.

Основные положения работы изложены в 24 научных публикациях, в том числе: 9 – в изданиях, входящих в перечни рецензируемых научных изданиях и международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК РФ; 2 – в иных зарубежных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Получено 10 патентов и 8 свидетельств о регистрации ноу-хау.

При ознакомлении с материалами диссертационной работы Бондаренко М.А. возникли следующие вопросы и замечания:

1. В обзорной части не уделено должного внимания высокотемпературному влиянию плазменной струи на процессы, протекающие при плазмохимическом модифицировании силикатных материалов;

2. Во второй главе не приведено пояснений по определению прочности сцепления огненнополированной поверхности с основой.

3. В третьей главе автором установлено, что при модифицировании стеклобоя гидроксидом натрия образуются пластинчатые кристаллы, а при модифицировании стеклобоя гидроксидом калия - игольчатые и столбчатые кристаллы силикатов. Однако в работе отсутствуют пояснения по данному вопросу.

4. При исследовании микроструктуры облицовочного материала, модифицированного КОН, было установлено наличие игольчатых и столбчатых кристаллов первого типа и второго типа. В работе не приведено достаточно полного объяснения этим новым научным сведениям.

5. Не раскрыт механизм образования микроликваций, обогащенных диоксидом кремния, при огневой полировке облицовочного материала на основе механоактивированного стеклобоя, модифицированного гидроксидами натрия и калия.

6. В работе нет достаточно аргументированного объяснения:

— как определялась толщина оплавленного слоя после огневой полировки;

— влияние толщины оплавленного слоя на прочность сцепления оплавленного слоя с основой.

7. Как известно, в условиях воздействия высоких температур плазмы на силикатные материалы происходит инконгруэнтное испарение оксидов, например, разложение диоксида кремния на монооксид кремния и атомарный кислород с последующим образованием соединений нестехиометрического состава. В работе отсутствуют сведения по данному вопросу.

8. В тексте диссертации имеются опечатки, редакционные неточности.

Замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертации Бондаренко М.А.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Диссертация **Бондаренко Марины Алексеевны** представляет собой самостоятельно выполненную, завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой **содержится решение научной**

задачи, заключающееся в создании ресурсо-энергосберегающей технологии облицовочных материалов на основе стеклобоя, **имеющей значение для развития** соответствующей отрасли знаний – химической технологии, в области стекла, керамики и композиционных вяжущих материалов, содержащую научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной, а также теоретической и практической значимостью. Диссертация написана грамотным техническим языком, материал изложен в логической последовательности.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа на тему **«Ресурсо- и энергосберегающая технология облицовочных материалов на основе стеклобоя»** соответствует критериям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Бондаренко Марина Алексеевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (специальность 05.23.08 – «Технология и организация промышленного и гражданского строительства»), профессор, профессор кафедры «Прикладная механика и материаловедение» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»


Скрипникова Нелли Карповна
«29» ноября 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ТГАСУ, корпус 2, 1 этаж, аудитория 109.

тел. +7-913-108-39-57, e-mail: nks2003@mail.ru

Подпись профессора Скрипниковой Нелли Карповны заверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО ТГАСУ  Ю.А. Какушкин

