



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«Российский химико-технологический
университет имени Д.И. Менделеева»**

Миусская пл., д. 9, Москва, 125047
Тел.: +7 (499) 978-86-60; Факс: +7 (495) 609-29-64
E-mail: pochta@muctr.ru; https://www.muctr.ru
ОКПО 02066492; ОГРН 1027739123224
ИНН/КПП 7707072637/770701001

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора ФГБОУ ВО «Российский
химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»,

д-р технических наук, профессор

И. В. Воротынцев

на № _____ от _____

№ 119-30.02.2024



»

03

2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»

на диссертационную работу **Фанда Анны Юрьевны** на тему:

**«Стекловидные и стеклокристаллические эмалевые покрытия для
стальных облицовочных панелей»**, представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью разработки стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий для стальных облицовочных панелей с высокой атмосферостойкостью. Отсутствие производств, выпускающих стеклофритту для получения эмалевых покрытий для стальных панелей, способную бездефектно формироваться при минимальной толщине, препятствует выпуску современных антивандальных облицовочных материалов российского производства.

Выбранное автором направление исследований полностью вписывается в ряд национальных проектов РФ, направленных на решение задач импортозамещения.

Разработка составов стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий с широкой цветовой гаммой и высокими технико-эксплуатационными свойствами, а также подбор комплексной модифицирующей добавки, обеспечивающей бездефектное формирование покрытий, позволит производить конкурентоспособную продукцию полностью российского производства. В связи с этим, тема диссертационного исследования Фанда А.Ю. является современной и актуальной и представляет как теоретический, так и практический интерес.

Структура и содержание работы

Представленная диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение и приложение, изложена на 178 страницах машинописного текста, который включает 43 таблицы, 48 рисунков, список литературы из 152 источников, 1 приложение.

Работа построена логически верно и имеет последовательную структуру, главы соответствуют цели и задачам исследования. Положения, выносимые на защиту, полностью отражают содержание диссертационного исследования.

В диссертации представлен широкий литературный обзор в области сравнительного анализа различных облицовочных материалов и их свойств, а также составов и технологии стеклоэмалевых покрытий для стальных изделий. Особое внимание уделено анализу технологии получения белых и интенсивно окрашенных эмалевых покрытий, возможных способов их глушения и выбран наиболее оптимальный с точки зрения интенсивности и степени заглушенности (глава 1).

В главе 2 представлено достаточно подробное описание методологии синтеза эмалевых покрытий и методик исследования их свойств. Выполнен значительный объем экспериментальных исследований в области разработки и модификации составов стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий для стальных панелей с высокой атмосферостойкостью.

Глава 3 посвящена выявлению особенностей стеклообразования в алюмоборосиликатных системах, пригодных для получения эмалевых покрытий по стали, определены технологические параметры синтеза, выявлены оптимальные количества и соотношения основных оксидов в составе стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий с широким температурным диапазоном эксплуатации, установлен характер влияния комплексной модифицирующей добавки на бездефектное

формирование эмалевых покрытий на стали и физико-химические особенности формирования фазового состава композиции сталь–эмаль.

Автором проведена разработка составов эмалевых покрытий для стальных облицовочных панелей различных цветов, выполнен анализ их фазового состава и предложена методология оценки антивандальных свойств облицовочных эмалированных стальных панелей (глава 4), а в главе 5 представлены результаты опытно-промышленной апробации составов эмалевых покрытий для антивандальных стальных облицовочных панелей, которые по своим свойствам полностью удовлетворяют требованиям нормативной документации и могут использоваться для защиты и улучшения эстетико-потребительских качеств архитектурно-строительных сооружений.

Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обеспечена анализом значительного объема известных в научной литературе сведений по исследуемой теме, выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с использованием современного сертифицированного оборудования, согласованностью полученных результатов с известными из научно-технической литературы. Работа прошла неоднократную апробацию в виде докладов на научных конференциях различного уровня, довольно полно опубликована в рецензируемых журналах.

Результаты диссертационной работы изложены в 18 научных работах, в том числе: 6 – в изданиях, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России; 2 – в иных зарубежных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science; 2 – патента РФ на изобретение.

Научная новизна

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, соответствует паспорту специальности 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов». Соискателем в ходе выполнения

диссертационной работы получены новые результаты в области технологии стекла и эмалирования стальных изделий.

Уточнены области и закономерности стеклообразования в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{R}_x\text{O}_y$, в которой могут быть синтезированы эмалевые покрытия, характеризующиеся определенными значениями структурных показателей ψ_B , $f_{\text{Si,B,Al}}$, обеспечивающих формирование единого алюмоборокремнекислородного каркаса с высокой степенью связанности и разработаны новые составы эмалевых покрытий с высокой атмосферной стойкостью, что позволяет эксплуатировать эмалированные облицовочные панели в широком температурном диапазоне (перепады температур от -30 до $+450$ °C, влажность до 99 %, солевой туман).

Установлена зависимость влияния количества и соотношения основных оксидов в составе эмалевых покрытий для стальных облицовочных панелей на их склонность к дефектообразованию и выявлено, что оптимальное соотношение стеклообразователей $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3$ для белых покровных эмалей – 3,2–3,6, для прозрачных покровных – 3,0–4,4, а соотношение модификаторов $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ для белых покровных эмалей 1,6–1,9, для прозрачных покровных – 11,5–15,0, что способствует формированию более прочных связей аморфной стеклообразной структуры, обеспечивающей оптимальные вязкостные характеристики расплава.

Установлены закономерности влияния комплексной модифицирующей добавки, снижающей поверхностное натяжение расплавов эмалевых покрытий в процессе их формирования на загрунтованной стальной основе при обжиге, что способствует образованию катионов K^+ и комплексов анионов $[\text{MoO}_4]^{2-}$, действие которых в поверхностном слое расплава стекла направлено на уменьшение площади его поверхности, что обеспечивает бездефектное формирование покровных эмалей.

Научная и практическая ценность диссертации

Высокая научная и практическая ценность диссертации не вызывает сомнений. Соискателем установлены физико-химические закономерности стеклообразования в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{R}_x\text{O}_y$ для получения эмалевых покрытий путем варьирования значений показателей связанности алюмоборокремнекислородного каркаса ψ_B и $f_{\text{Si,B,Al}}$ для белых и прозрачных эмалей. Сформулированы закономерности модификации составов эмалей с целью предотвращения дефектообразования посредством изменения поверхностной активности силикатных расплавов частичной заменой R_xO_y

оксидом калия, а также введением поверхностно-активного иона молибдена, что позволило получить качественные эмалевые покрытия для стальных облицовочных панелей с высокой атмосферостойкостью.

Автором изучены процессы, происходящих при формировании грунтовых и покровных эмалей на стали, и микро- и макроструктура системы сталь–эмаль, что обеспечило прочное сцепление субстрата и покрытия. В результате автором разработаны составы грунтовых стеклоэмалевых покрытий в стеклообразной системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{R}_x\text{O}_y$ с разной степенью тугоплавкости и высокой прочностью сцепления в системе сталь–эмаль. Разработаны 9 составов эмалевых покрытий для стальных облицовочных панелей различных цветов и оттенков с характерными показателями цвета RGB для разнообразия внешнего облика зданий и сооружения в зависимости от их сферы использования.

Разработанные автором составы рекомендованы к внедрению в отечественную промышленность на новых или действующих технологических линиях.

Апробация результатов работы

Опытно-промышленная апробация разработанных составов эмалевых покрытий различных цветов и оттенков для антивандальных стальных облицовочных панелей осуществлялась в производственных условиях ООО «ТД Сила Дон» (г. Ростов-на-Дону). Представленный в диссертации акт промышленных испытаний свидетельствует о востребованности данных эмалевых покрытий и их высоких технико-эксплуатационных свойствах.

Основные положения диссертационной работы были представлены на различных научных конференциях: VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» (США, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Интеллектуальный и научный потенциал XXI века» (г. Казань, 2016 г.); 8-ой Международной конференции «Стеклопрогресс – XXI», (г. Саратов, 2016 г.); V Национальной конференции профессорско-преподавательского состава и научных работников «Результаты исследований – 2020» (г. Новочеркасск, 2020 г.); International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2021) (г. Севастополь, 2021 г.).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Фанда А.Ю., представляют интерес для предприятий, связанных с производством эмалированных стальных изделий и строительной индустрии с использованием только отечественной продукции.

Облицовочные панели, представляющие собой стальные листы со стекловидными и стеклокристаллическими покрытиями, перспективно применять в облицовке как жилых, так и производственных зданий, так как они сочетают прочность стали и высокие коррозионные свойства стеклоэмалевого покрытия. Применение такой облицовки возможно и для новых зданий и сооружений (станций метрополитенов, подземных переходов и автодорожных туннелей), и при реконструкции старых построек для выравнивания фасада, что позволит придать им современный привлекательный вид, повысить атмосферостойкость и шумоизоляцию.

Разработанные и модифицированные составы покрытий позволяют выпускать эффективные конкурентоспособные на внутреннем и внешнем рынках облицовочные панели. Работа полностью соответствует реализации национальной программы импортозамещения и затрагивает экономические аспекты.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В материалах диссертации и автореферата представлены результаты исследований влияния модифицирующих добавок только на бездефектное формирование и поверхностное натяжение расплава покрытия, но не приводятся результаты исследований их влияния на другие физико-химические и теплофизические свойства стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий, в частности, на температурный коэффициент линейного расширения.

2. Раздел, посвященный описанию экспериментальных методик (глава 2) описывает процесс подготовки шихты и измерения различных характеристик эмалей. По непонятным причинам довольно подробно описывается устройство вертикального стандартного кварцевого дилатометра и оптического микроскопа, достаточно было бы просто ограничиться ссылками. В многочисленных таблицах измеренных свойств значения ТКЛР

даются с точностью до второго знака после запятой, что вряд ли соответствует возможностям использованного дилатометра.

3. Автор проводит модификацию составов эмалевых покрытий с целью снижения поверхностного натяжения расплава, и как следствие, образования дефектов, однако в диссертации отсутствуют значения коэффициентов поверхностного натяжения и остается неизвестным, изменились ли они после модификации.

4. Для более полного изучения физикохимии синтеза и формирования покрытий на стали при обжиге целесообразно было бы логично выполнить исследования с помощью методов дифференциально-термического анализа и и дериватографии.

5. С целью оценки экономического эффекта результатов внедрения работы в производство было бы желательно привести расчеты технико-экономических показателей эффективности.

Высказанные замечания не влияют на общую высокую и положительную оценку данной работы и носят в основном рекомендательный характер.

Заключение

Диссертация **Фанда Анны Юрьевны** на тему: **«Стекловидные и стеклокристаллические эмалевые покрытия для стальных облицовочных панелей»** является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой содержится **решение научной задачи**, заключающееся в установлении закономерностей синтеза и механизма бездефектного формирования атмосферостойких покровных стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий для стали в процессе высокотемпературного обжига, **имеющей существенную значимость** для развития химической технологии стекла, стекловидных и стеклокристаллических эмалевых покрытий на стали. Полученные научные результаты, выводы и рекомендации обладают новизной, теоретической и практической значимостью. Текст диссертации написан хорошим языком, а содержание диссертации изложено логично и последовательно.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне, практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям пп.9–14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры «Химическая технология стекла и ситаллов» ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», протокол № 9 от 06.03.2024 г.

« 06 » 03 2024 г.  Сигаев Владимир Николаевич

Сайт: <https://www.muctr.ru/>

