

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук

Волокитина Олега Геннадьевича на диссертационную работу
Зайцева Сергея Викторовича на тему: «Огнеупорные материалы на основе
искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава
с защитным покрытием», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных
и тугоплавких неметаллических материалов

Для отзыва были представлены:

- диссертационная работа, состоящая из 5 глав, заключения, списка литературы, 7 приложений, объемом 221 страница машинописного текста;
- автореферат диссертации.

Актуальность темы диссертации

Диссертация Зайцева Сергея Викторовича посвящена разработке огнеупорных материалов на основе искусственных керамических вяжущих (ИКВ) муллит-карборундового состава с защитными покрытиями, предназначенных для эксплуатации в условиях высоких температур и агрессивных сред. Вопросы, связанные с повышением коррозионной стойкости и долговечности огнеупоров, являются предметом исследований многих научных школ России и мира. Особое внимание уделяется совершенствованию технологий производства огнеупорных материалов, включая использование наноструктурированных материалов и защитных покрытий, для повышения устойчивости к воздействию расплавов металлов, шлаков и стекла. Не менее важным и своевременным является решение задачи повышения эксплуатационных характеристик огнеупоров в сочетании ИКВ на основе высокоглиноземистого шамота и карбида кремния с защитными покрытиями из корунда и шпинели, наносимыми методом детонационного напыления. Такой подход позволяет получить огнеупорные материалы с улучшенными физико-механическими свойствами, низкой пористостью и высокой устойчивостью к агрессивным средам.

В связи с этим, разработка технологии получения огнеупоров на основе ИКВ муллит-карборундового состава с защитными покрытиями, обеспечивающими снижение смачиваемости поверхности и повышение коррозионной стойкости, является актуальной и требует комплексных научных, теоретических и практических решений, направленных на получение высокоэффективных огнеупорных материалов, способных работать в экстремальных условиях металлургической и стекольной промышленности.

Обоснованность, новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации, являются теоретически обоснованными и экспериментально подтвержденными. Результаты, представленные автором в рамках заявленной в диссертации темы, являются достаточными по объему и составу, а также согласуются с фундаментальными основами технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Достоверность исследований подтверждается их соответствием, опубликованным в научной литературе данным и корректно принятыми допущениями.

Результаты исследований диссертационной работы опубликованы в 19 научных публикациях, в том числе 10 статей в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз, рекомендованных ВАК РФ, получен патент РФ на изобретение.

Новизна научных положений, выводов и рекомендации заключается в следующем:

Соискателем разработано научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее получение высокоглиноземистых огнеупоров на основе искусственных керамических вяжущих (ИКВ) муллит-карборундового состава и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с защитными структурно-сопряженными покрытиями корунда и шпинели из порошков глинозема и смеси глинозема и периклаза, формируемыми методом детонационного напыления, что позволяет получать изделия с повышенными физико-механическими и коррозионными характеристиками.

Установлен характер влияния технологии получения и состава ИКВ системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-SiC}$ на процессы структурообразования суспензии и защитного слоя материала после обжига. Совместный постадийный мокрый помол карбида кремния и высокоглиноземистого шамота, за счет различия в твердости, обеспечивает повышение интенсивности измельчения и увеличение объемной концентрации твердой фазы по сравнению с отдельным помолом. Выявлено рациональное соотношение $\text{SiC}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (30/70 %), при котором: происходит изменение характера реологического поведения с тиксотропно-дилатантного на тиксотропный, сопровождающееся резким снижением эффективной вязкости; после обжига при 1300 °С на поверхности в результате кристаллизации муллита формируется защитный слой, обеспечивающий снижение открытой пористости (до 2–3 %) и уменьшение степени окисления SiC в процессе эксплуатации.

Выявлены особенности механизма формирования структурно-сопряженных

покрытий на огнеупоре методом детонационного напыления. При нанесении порошков глинозема и смеси глинозема и периклаза (79:21 %) происходит формирование высокотемпературных покрытий: для корундового покрытия – полиморфный переход $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с остаточной фазой $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (23 %); для шпинельного – за счет диффузионного взаимодействия между MgO и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с сохранением избыточного периклаза (11 %).

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы заключается в дополнении теоретических представлений о технологии огнеупорных материалов в части расширения спектра сырьевых компонентов за счет использования ИКВ на основе карбида кремния и высокоглиноземистого шамота, а также применения технологии детонационного напыления для создания защитных покрытий.

Разработана технология получения ИКВ на основе высокоглиноземистого шамота и карбида кремния, заключающаяся в совместном постадийном помоле компонентов в соотношении 70:30 % при влажности 13 % с получением суспензии плотностью 2,41 г/см³, объемной концентрации твердой фазы 0,65, содержанием частиц менее 100 нм 1,2 %, остатком на сите № 0,063 менее 4 %. Предел прочности при сжатии отливок ИКВ после обжига при 1300 °С составляет 131 МПа.

Разработаны составы огнеупорных масс для вибро- и полусухого прессования на основе ИКВ и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с соотношением 50:50 % и влажностью 6,9 %, которые при удельном давлении прессования 0,1 МПа и 50 МПа, соответственно, температуре обжига 1300 °С, позволяют получать изделия с низкими показателями открытой пористости – 12 и 14 %, соответственно, усадкой при обжиге – 0,35 %, пределом прочности при сжатии 78 и 80 МПа.

Определены оптимальные технологические режимы детонационного нанесения защитных керамических покрытий на поверхности высокоглиноземистых огнеупоров с применением многокамерного кумулятивно-детонационного устройства (МКДУ).

Разработана установка для оценки смачиваемости поверхности огнеупорных материалов, позволяющая использовать в качестве тестовых жидкостей высокотемпературные силикатные расплавы.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы и автореферата:

1. Почему в качестве контроля выбран именно огнеупор МКС-72? Были ли рассмотрены другие промышленные аналоги для более объективного сравнения?

2. В работе соискатель использует «многокамерное кумулятивно-детонационное устройство (МКДУ)», однако термин «кумулятивно-детонационное» не является общепринятым в классификации оборудования детонационного напыления. Не является ли это терминологической неточностью? Какова физическая суть конструкции?

3. Каким образом учитывалось возможное изменение соотношения фаз α - Al_2O_3 и γ - Al_2O_3 по толщине покрытия при послойном нанесении, учитывая, что термическое воздействие на нижние слои в процессе многопроходного напыления могло привести к их более полному переходу в α -фазу по сравнению с верхними слоями?

4. В главе 5.2 диссертации приведены значения адгезии для корундового (5,3 МПа) и шпинельного (4,7 МПа) покрытий. Какие факторы обусловили разницу в адгезии? Как эти значения соотносятся с требованиями промышленных стандартов?

5. В тексте диссертационной работы и автореферате упоминается, что процесс детонационного нанесения подходит для плоских поверхностей. Каковы перспективы и возможные трудности адаптации разработанной технологии для нанесения покрытий на огнеупорные изделия сложной геометрии?

Отмеченные вопросы и замечания не снижают общее положительное мнение о диссертационной работе Зайцева С.В., представленной на отзыв.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Зайцева Сергея Викторовича представляет собой самостоятельно выполненную, законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой содержится решение актуальной научной задачи по разработке технологии получения высокоглиноземистых огнеупоров на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава с использованием высокоглиноземистого шамота в качестве заполнителя и защитным покрытием, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки).

Диссертация и автореферат написаны грамотным техническим языком, оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ.

В связи с вышеизложенным считаю, что диссертационная работа на тему «Огнеупорные материалы на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава с защитным покрытием» соответствует критериям пп.

Официальный оппонент:

Волокитин
Олег Геннадьевич

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Волокитин О.Г.

Личную подпись официального оппонента Волокитина О.Г. заверяю

проректор по учебной работе Песцов Д.Н.

08 августа 2025 г.

