

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
РХТУ.Р.02 РХТУ им. Д.И. Менделеева  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета  
от 15 октября 2020 г., протокол № 1

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Аунг Чжо Мо представившего диссертационную работу на тему «Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектическими добавками в системах  $Al_2O_3-TiO_2-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-SiO_2$ ,  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ » по научной специальности 05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Принята к защите 31 августа 2020 года на заседании Аттестационной комиссии РХТУ им. Д. И. Менделеева, протокол № 7.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 10 человек приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 76 ОД от 11 сентября 2020 г.

Соискатель Аунг Чжо Мо 1989 года рождения. В 2015 году окончил магистратуру на кафедре технологии композиционных материалов, конструкций и микросистем ТКМКиМ в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования МАТИ «Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», диплом серия 107724 номер 0861510 выдан 30 июня 2015 г.

В 2019 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектическими добавками в системах  $Al_2O_3-TiO_2-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-SiO_2$ ,  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ » по научной специальности 05.17.11– Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов защитил в 2020 году в диссертационном совете РХТУ.Р.02, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Диссертация выполнена на кафедре химической технологий керамики и огнеупоров Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии керамики и огнеупоров, Лукин Евгений Степанович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор кафедры технологии керамики и наноматериалов (ТКиН), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» Косенко Надежда Федоровна,

кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии обработки материалов (МиТОМ), Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Московский авиационный институт национальный исследовательский университет» Иванов Дмитрий Алексеевич.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 8 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе в 2 публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, и в 1 публикации в рецензируемых изданиях.

Публикации, в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Аунг Чжо Мо, Лукин Е. С., Попова Н. А. Влияние содержания добавки в системе  $Al_2O_3$ -MgO-MnO и температуры на спекание композиционной керамики на основе корунда // Новые огнеупоры. 2018. №7. С. 20 – 23. Moe A.K., Lukin E.S., Popova N.A., Effect of Additive Composition in the  $Al_2O_3$ -MgO-MnO System and Firing Temperature on Sintering of Composite Ceramic Based on Electromelted Corundum// Refractories and Industrial Ceramics, 2018, 59(4), pp. 342 – 345// <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2018-7-20-23> (Scopus, WoS). В статье исследовано влияние содержания добавки эвтектического состава в системе  $Al_2O_3$ -MgO-MnO на спекание композиционной керамики на основе электроплавленного корунда марки F-1000. Закристаллизованные фазы оказывают существенное влияние на упрочнение образцов керамики. Аунг Чжо Мо является главным автором работы, он проводил работу на всех видах оборудования для измельчения и смешения композитной шихты, прессования образцов на гидравлических прессах, проведение обжига образцов в печах с автоматическим регулированием режима.

2. Аунг Чжо Мо, Лукин Е. С., Попова Н. А. Структурно-механические свойства композиционного материала электроплавленный корунд – диоксид циркония модифицированный эвтектической добавкой в системе  $Al_2O_3$ -MnO-TiO<sub>2</sub> // Новые огнеупоры. 2020. №4. С. 46 – 50. Moe A.C., Lukin E.S., Popova N.A., Structural and Mechanical Properties of Electrofused-Corundum – Zirconia-Dioxide Composite Material Modified with a Eutectic Additive in the  $Al_2O_3$ -MnO-TiO<sub>2</sub> System// Refractories and Industrial Ceramics, 2020, 61(2), pp. 216 – 219// <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2020-4-46-50> (Scopus, WoS). В статье приведены результаты исследований структурно-механических свойств алюмоциркониевой композитной керамики с различным соотношением ЭПК и 3Y-TZP, сформированной по технологии полусухого формования с последующим свободным спеканием. Аунг Чжо Мо является главным автором работы, он овладел методами определения свойств изготовленных им образцов композитной керамики.

Публикации, в рецензируемых изданиях:

1. Аунг Чжо Мо, Лукин Е. С., Попова Н. А. Влияние содержания добавки эвтектического состава на уплотнение и свойства композиционной керамики на основе электроплавленного корунда // Конструкции из композиционных материалов. 2020. №2. С. 28 – 32 (ВАК). В статье приведены результаты исследования уплотнения и фазообразования порошка добавки эвтектического состава в системе  $Al_2O_3$ -MgO-SiO<sub>2</sub> в заготовках на основе электроплавленного корунда в температурном диапазоне 1450-1550°C. Показано, что спекание на воздухе заготовок из гомогенной смеси электроплавленный корунд марки F-1000 и эвтектической добавки  $0,17Al_2O_3-0,21MgO-0,62SiO_2$  в мольном соотношении при 1550°C обеспечивает формирование плотного материала, содержащего максимальное количество 15%

масс эвтектической добавки. Аунг Чжо Мо является главным автором работы, он провел эксперименты по получению этих материалов, изучил особенности и характеристики образцов и определил оптимизированные соотношения ЭПК – эвтектическая добавка.

Помимо рецензируемых изданий, на Российских и международных конференциях опубликовано 5 научных работ. Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад автора составляет не менее 70%, заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе и обсуждении полученных результатов, написании работ.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Официального оппонента, доктора технических наук (02.00.04 Физическая химия, технические науки), профессора кафедры технологии керамики и наноматериалов (ТКиН), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» Косенко Надежды Федоровны. В отзыве отражены актуальность темы, научная новизна, достоверность и надежность полученных данных, общий обзор работы.

Замечания по диссертационной работе:

1) Спорным является утверждение о том, что в октаэдрической структуре  $Al_2O_3$  можно выделить группировки  $Al_2O_3$  (с. 17). Тем более, что автор в том же абзаце пишет, что основным структурным мотивом в оксиде алюминия служат алюмооксидные октаэдры. Общепринято мнение о кубической решетке  $\gamma$ -формы  $Al_2O_3$ , однако рис. 1.5 этому не соответствует. В табл. 1.3 "Кристаллические структуры для переходного оксида алюминия" приведена  $\alpha$ -форма, не относящаяся к переходным модификациям.

2) На с. 24 автор при перечислении физико-химические процессы, накладывающихся на спекание корундовой керамики, называет термическое разложение сырья. Вместе с тем, с учетом высокой температуры спекания корунда, скорее всего, все реакции термолиза сырья к этому времени закончатся.

3) Автором не обоснована длительность механоактивации смесей на основе электроплавленого корунда в планетарной мельнице (40 мин). Не очень понятна цель данной обработки: только измельчение компонентов (в первую очередь корунда) или повышение реакционной способности исходных веществ с учетом дальнейшей термообработки смеси при  $1200^\circ C$  и дополнительного измельчения.

4) Список литературы содержит лишь около 30 % источников, относящихся к периоду с 2000 г. Остальные цитируемые работы являются более старыми, в том числе около 30 % относятся периоду до 1980 г. Имеются повторные ссылки (позиции 9 и 32). Библиографическое описание журнальных статей не унифицировано. В источниках №№ 29, 36, 40, 91 не указано название издательства; №№ 4 и 69 – не указан год издания журнала; № 6 – отсутствует год защиты диссертации.

5) Имеются неудачные выражения, ошибки в согласовании слов и опечатки в тексте, например в последнем абзаце с. 13, первом абзаце с. 16 и др. Вряд ли модификацию  $\gamma-Al_2O_3$  стоит называть нестабильной (с.18). В своем температурном диапазоне данная форма является устойчивой. Неоднократно использован устаревший термин окись.

Заключение по работе положительное. Диссертационная работа, представленная к защите Аунг Чжо Мо, имеет новизну и практическую значимость в части отдельных результатов исследования, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

2. Официального оппонента, кандидата технических наук (05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), доцента кафедры материаловедения и технологии обработки материалов (МиТОМ), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Иванова Дмитрия Алексеевича. В отзыве отражены актуальность темы диссертации, оценка содержания диссертации, научной новизны и практической значимости и достоверность результатов.

Замечания по диссертационной работе:

1) Для получения керамических материалов с эвтектической добавкой  $Al_2O_3 - TiO_2 - MnO$  был использован порошок ЭПК марки F1000 (с размером частиц 10 – 12 мкм) и марки F600 (с размером частиц 20 – 25 мкм). При этом шихту для прессования получали путем механической обработки (МО) порошковой смеси в планетарной мельнице с использованием корундовых сферических помольных тел (корундовых шаров) в течение 40 – 60 минут с целью равномерного перемешивания и механоактивации. В данном случае можно утверждать, что в результате МО, вследствие интенсивного ударно-истирающего воздействия корундовых шаров, будет происходить существенное измельчение частиц ЭПК с изменением зернового состава, как порошка марки F1000, так и порошка марки F600. Тогда конечный зерновой состав этих измельченных порошков, по-видимому, не будет существенно отличаться. В связи с изложенным, следует объяснить, какая идея закладывалась в использование этих порошков (F1000 и F600) с учетом изменения их зернового состава в результате МО? Если в этом случае достигается повышение каких-либо конкретных свойств спеченных материалов, то необходимо было привести распределение частиц по размерам порошков F1000 и F600 после их МО в планетарной мельнице.

2) Как указано в работе, для материала, полученного из ЭПК (F1000) и эвтектики состава  $Al_2O_3 - TiO_2 - MnO$ , зафиксированы одинаковые значения относительной линейной усадки и открытой пористости при температуре обжига  $1450^\circ C$ ,  $1500^\circ C$  и  $1550^\circ C$  при одинаковом содержании эвтектического компонента (1,3,5,7% масс) (диссертант объясняет это неизменностью вязкости эвтектического расплава в выбранном температурном интервале). Но в этом случае, совершенно очевидно, что значения прочности при изгибе образцов (при заданных температурах обжига и при одинаковом содержании эвтектического компонента) не должны отличаться в пределах погрешности их измерения. Тогда как на рис.3.1.3 автореферата показано, что максимальные значения прочности при изгибе относятся к образцам, обожженным при температуре  $1550^\circ C$ . Если этот факт, имеет конкретную физико-химическую трактовку, то ее следует привести.

3) Для материала, полученного из ЭПК (F600) и эвтектики состава  $Al_2O_3 - TiO_2 - MnO$ , обожженного при  $1550^\circ C$ , приведены необъяснимые данные в табл.3.2.1 (см. автореферат). Из приведенных данных следует, что с увеличением количества эвтектического компонента (от 1 до 7 % масс) имеет место увеличение усадки, плотности (снижение пористости), но при этом наблюдается падение прочности при изгибе с 215 МПа до 208 МПа!!! Возможно, это техническая ошибка представления экспериментальных данных?

4) Для материала, полученного из ЭПК и эвтектики состава  $Al_2O_3 - MgO - MnO$ , максимальная усадка и прочность при изгибе (при нулевой пористости) достигается только при повышенном содержании (10 - 15 % масс) эвтектического компонента (рис. 4.2а, см.

автореферат), по сравнению с другими типами разработанных материалов. Такой же результат был зафиксирован для материала, включающего ЭПК и эвтектику состава  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{SiO}_2$  (табл. 5.1.2). Чем это можно объяснить? (в материалах диссертации нет физико-химической трактовки этого результата).

5) Для материала, состоящего из ЭПК и эвтектики состава  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ , зафиксированы самые низкие значения физико-механических свойств (рис. 5.2.2) в ряду разработанных материалов. Для понимания общих закономерностей получения разработанных материалов необходимо дать объяснение этому результату.

6) Как указано в материалах работы, получение композиционной керамики, содержащей в качестве упрочняющей фазы тетрагональный диоксид циркония, частично стабилизированный оксидом иттрия ( $t\text{-ZrO}_2$  3% мол.  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), предполагает механическое смешивание порошковых компонентов в планетарной мельнице. В этом случае частицы  $t\text{-ZrO}_2$  (3% мол.  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) будут подвергаться ударно-истирающему воздействию помольных керамических тел, что будет инициировать преждевременный  $t \rightarrow m$  переход с накоплением моноклинной фазы в составе шихты (это известный факт, поэтому смешивание порошковых компонентов при использовании  $t\text{-ZrO}_2$  рекомендуется проводить через суспензии). В связи с этим возникает вопрос: проводился ли контроль изменения фазового состава шихты (Z1 – Z5) после механического смешивания с целью определения наличия моноклинной фазы  $\text{ZrO}_2$ ? (наличие  $m - \text{ZrO}_2$  в любом количестве в составе шихты может существенно понижать механические свойства спеченного материала).

7) Все полученные керамики относятся к классу композиционных керамических материалов. Для них принципиально важно знать, какой тип связи реализуется по границе раздела компонентов, составляющих эти композиты? Можно ли полагать, что по границе раздела «зерно ЭПК – закристаллизованная эвтектика» реализуется адгезионно-химический тип связи? При этом следует отметить, что диссертант ошибочно называет частицы ЭПК монокристаллами (см. стр. 13 автореферата).

Заключение по работе положительное. По научному уровню полученным результатам и содержанию, Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

3. Ведущей организации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова». Диссертационная работа рассмотрена на заседании кафедры технологии стекла и керамики, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», протокол № 2 от «25» сентября 2020 г. В отзыве отражены актуальность темы, сформулированные и решенные задачи, научная новизна, практическая значимость, конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов работы.

Замечания по диссертационной работе:

1) В главе 3 в разделе 3.2 представлены экспериментальные данные по составам, термообработанным при 1500 и 1550°C. Следовало бы привести данные после обжига при 1450°C, с целью проведения сравнения свойств составов, представленных в разделе 3.1.

2) В главе 6 на стр. 91 указано, что порошок электрокорунда представляет собой полидисперсную смесь из частиц размером 3-15 мкм., но исходя из данных рис. 6.1 (а), где приведена микрофотография порошка размер частиц составляет от 20 мкм и выше.

3) В главе 6 на рис. 6.3 (стр. 95) отсутствует размерная шкала, что затрудняет идентифицировать размер частиц.

4) Есть неудачные выражения и опечатки в тексте.

Заключение по работе положительное. Диссертация Аунг Чжо Мо представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

4. Кандидата технических наук, начальника лаборатории разработки и внедрения конструкционной керамики АО «Композит» Санниковой Светланы Николаевны на автореферат диссертации. В отзыве на автореферат отмечается актуальность исследований, научная ценность и практическая значимость полученных результатов.

Замечания по автореферату:

1) В автореферате не приведено название оборудования для проведения дисперсионного анализа порошков.

2) В разделе 5.1 указывается фазовый состав добавки: кордиерит, протоэнстатит и кристобаллит, однако отсутствуют подтверждающие данные РФА.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки работы. Отмечено, что соискатель Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

5. Доктора технических наук, профессора заведующего кафедрой инженерной физики и физики материалов, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» Шаяхметова Ульфата Шайхизамановича на автореферат диссертации. В отзыве на автореферат отмечается цель работы и задачи, научная новизна и практическая значимость работы.

Замечания по автореферату:

1) Орфографические ошибки, например, стр. 1 сверху вторая строка, слово «оксиды», стр. 2 п.4 первая строка, слово «ламинарное»; из текста автореферата не конкретизировано минимально допустимое количество эвтектических оксидных систем в составах.

Заключение по работе положительное. Отмечено, что соискатель Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

6. Доктора технических наук, профессора директора научно-образовательного инновационного центра «наноматериалы и нанотехнологии» Национального исследовательского томского политехнического университета Хасанова Олега Леонидовича на автореферат диссертации. В отзыве отражены актуальные проблемы исследования, цель и задачи работы и достоинства полученных результатов.

Замечания по автореферату:

1) В п.1 научной новизны работы указывается тривиальное, априори известное утверждение, которое трудно отнести к научной новизне: «Проведенные исследования показали, что характер изменения усадки и пористости композитов в зависимости от температуры обжига определяется составом эвтектической добавки оксидной системы количеством добавки и температурой образования расплава». Однако приведенные содержательные количественные данные не вызывают сомнений.

2) Требуется пояснения термин «равнокристаллическая структура» (п.4 Научной новизны, с14, общий вывод 4) – что имеется в виду? Этот термин не является общеупотребительным.

3) По таблице 3.1.2: почему для более плотного образца (пористость 0,1%), спеченного 1500°C, но имеющего большую пористость 0,2%? Та же тенденция имеется для остальных сопоставимых образцов в этой таблице – с пористостью 0,2 и 0,4%.

4) В автореферате встречаются стилистические, грамматические ошибки (например, на стр.3, стр.12 в разделе 5.2, стр.14).

В целом рассматриваемая работа заслуживает положительной оценки. Отмечено, что соискатель Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

7. Кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» Тарасовского Вадима Павловича на автореферат диссертации. В отзыве на автореферат диссертации отражены актуальность работы, цель и задачи работы, научная новизна и достоверность полученных результатов.

Замечания по автореферату:

1) Только для значений прочности при изгибе приведены значения погрешности измерения этой величины. Для остальных измеряемых величин – кажущаяся плотность, линейная усадка и т.д. погрешности измерения не приводятся.

2) В автореферате на стр.2 заявлено «Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда может быть использована для применения в качестве износостойких изделий, деталей для электронной техники, элементов бронезащиты». Никаких практических доказательств этому утверждению в работе нет.

3) Почему разработанные керамические материалы названы «композиционные керамические материалы»?

4) Технология получения простой проницаемой керамики из зернистых порошков – берут узкофракционированный порошок электрокорунда марки F-600 – 85 масс% + технологическая связка (поливиниловый спирт). Удельное давление прессования 30 МПа. Пористость изделий после обжига 40-42%. При свободной засыпке шаров одинакового диаметра в прессформу пористость составляет 43%, среднее координационное число 6,92; при утряске этих шаров в форме до максимальной плотности пористость составляет 34%, среднее координационное число 9,51; при послойной утрамбовке этих шаров пористость составляет 35%, среднее координационное число 9,14. Как можно объяснить тот факт, что в работе берётся порошок электрокорунда марки F-600 93 мас.% и всего 7 мас.% технологической связки, а после обжига мы имеем образцы керамики с практически нулевой пористостью?

Заключение по работе положительное. Отмечено, что соискатель Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

8. Доктора технических наук, главного научного сотрудника Гжельского госуниверситета Крючкова Юрия Николаевича на автореферат диссертации. В отзыве на автореферат диссертации отражены методы исследований, актуальность работы, научная новизна и практическая значимость работы.

Замечания по автореферату:

1) Автореферат напечатан слишком мелким шрифтом – перенапрягаются глаза и портится зрение. Это возможно потому, что объем выполненной работы великоват для одной кандидатской диссертации.

В целом рассматриваемая работа заслуживает положительной оценки. Отмечено, что соискатель Аунг Чжо Мо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

9. Доктора технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических соединений и материалов Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт химии Силикатов имени И.В. Гребенщикова Российской академии наук Перевислова Сергея Николаевича на автореферат диссертации. В отзыве на автореферат отмечается актуальность темы, научная новизна и практическая значимость. Дана положительная оценка построению работы, ее изложению научным языком, апробации результатов.

Замечания по автореферату:

1) Автор не объясняет каким образом при добавлении в состав крупного порошка электрокорунда всего лишь 1 % добавок эвтектического состава в системе  $Al_2O_3$ -  $TiO_2$ - $MnO$ , пористость спеченного материала уменьшается с 21,5 % (при спекании без добавок) до 1, 4 % (при 1 % добавок, спекание при температуре 1550 °С)?

Заключение по работе положительное. Диссертационная работа Аунг Чжо Мо представляет собой законченное исследование, полностью соответствующее направлению науки о силикатных и тугоплавких неметаллических материалах, а её автор, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки, наличия у них публикаций по научной специальности и тематике защищаемой диссертационной работы. В качестве ведущей организации выбрана организация, широко известная своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способная определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*изложены* новые научно-обоснованные технологические решения по разработке композиционных материалов на основе электроплавленного корунда марок F-600 и F-1000 характеризующиеся высокой механической прочностью, твердостью и эрозионной стойкостью.

*разработана* методика изготовления субмикронных порошков эвтектических оксидных систем, которые являются определяющим компонентом при получении композитов на основе электроплавленного корунда марки F-600 и F-1000 с пористостью (0,1 – 0,5%) при обжиге при температурах 1500-1550 °С в воздушной среде.

*выявлены* закономерности влияния вида и количества добавок эвтектических составов оксидных систем с разной температурой образования расплава на уплотнение и упрочнение композитов.

*доказано*, что спекание образцов композитов осуществляется для всех составов по жидкофазному механизму. При обжиге образуется расплав эвтектики, который смачивает



поверхность зерен электрокорунда и за счет сил поверхностного натяжения расплава стягивает зерен до максимально плотной упаковки. О перемещении зерен ЭПК в объем пор свидетельствует наличие усадки образцов и изменение пористости. Расплав, располагающийся по поверхности зерен ЭПК, при охлаждении кристаллизуется с образованием соответствующих фаз, определяющих упрочнение композитов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

*доказано*, что при использовании эвтектической добавки в системе  $Al_2O_3$ - $TiO_2$ - $MnO$  при всех температурах обжига 1450 – 1550°C происходит равномерное одинаковое уплотнение при всех количествах вводимой добавки, что обусловлено образованием одинакового количества расплава при одном и том же количестве добавки. Свойства расплава оказываются одинаковыми, о чем свидетельствует кривая усадки, аналогичная кривой изменения пористости, вязкость расплава мало изменяется с повышением температуры, что связано с одновременным присутствием в расплаве оксидов  $MnO$  и  $TiO_2$ ;

*изложено*, что микроструктура получаемых композиционных материалов имеет ламеллярное строение, композит электрокорунд – наночастицы ЧСДЦ, модифицированный эвтектической добавкой, имеет однородную равнокристаллическую структуру, образуя промежуточные слои между зёрнами ЭПК по типу “ композит в композите”.

*раскрыто*, что механические свойства образцов композитов зависят от вида кристаллизующихся из расплава фаз и их взаимодействия с поверхностью зерен ЭПК.

*изучены* закономерности эффективного действия эвтектического расплава, содержащего оксид марганца.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

*разработана* методика изготовления субмикронных порошков эвтектических оксидных систем, которые являются определяющим компонентом при получении композитов основе электроплавленного корунда с высокими механическими и эрозионными свойствами;

*определены* перспективы практического использования разработанных композиционных керамических материалов на основе электроплавленного корунда в Республике Союз Мьянма;

*созданы* керамоматричные композиты на основе электроплавленного корунда с пористостью 0,5 – 0,1% и высокими механическими свойствами и эрозионной стойкостью.

*представлены* рекомендации о применении разработанных композитов в качестве торцевых уплотнений, напряженных колец для вытягивания проволоки до заданного размера и изоляторов в металлокерамических узлах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– экспериментальные данные получены на современном сертифицированном оборудовании;

– построенные калибровки и полученные экспериментальные данные выполнены с анализом погрешностей, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

– теоретические представления об исследуемых процессах построены на известных проверяемых данных;

– достоверность полученных результатов обеспечена использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, и подтверждена их согласованностью;

– выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о физике nano размерных систем, и конденсированных сред. Идея базируется на анализе современных представлений о химических процессах, протекающих в конденсированных фазах.

Использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в планировании, разработке методики и постановке экспериментов, участии на всех этапах процесса, непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах, личном участии в апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационная работа Аунг Чжо Мо соответствует критериям согласно п. 1.5 Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», и паспорту специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов по пунктам формулы специальности:

п.1.2. Керамические и огнеупорные материалы и изделия на их основе. Получение исходных материалов, в том числе порошков с требуемой структурой (химическим и фазовым составом, формой частиц, размером, распределением по размеру); смешивание компонентов; формование заготовок; процессы обжига и спекания; послеобжиговая обработка для придания требуемых свойств.

п.1.4 Композиционные материалы на основе SiТНМ, в том числе в сочетании с металлами и органическими высокомолекулярными соединениями. Получение исходных материалов; смешивание компонентов; формирование структуры на стадии изготовления заготовок и их последующего упрочнения; обработка материалов и изделий для придания требуемых свойств.

На заседании диссертационного совета РХТУ.Р.02 15 октября 2020 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Аунг Чжо Мо.

Присутствовало на заседании 10 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции 1. Докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 10.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» - 9,

«против» - нет.

недействительные бюллетени - нет.

Проголосовал 1 член диссертационного совета, присутствовавший на заседании в режиме видеоконференции:

«за» - 1,

«против» - нет.


«воздержались» - нет.

Итоги голосования:

«за» - 10,

«против» - нет.

недействительные бюллетени - нет.

Председатель диссертационного совета  д.х.н, проф. А.В. Беляков

Ученый секретарь  
диссертационного совета  д.т.н., проф. Е.Н. Потапова

Дата «15» октября 2020 г.