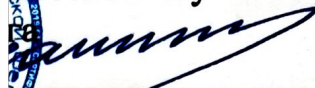


«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор РХТУ им. Д. И.

технических наук


_____ 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация 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.

На соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена в научной лаборатории кафедры химической технологии керамики и огнеупоров ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева.

В процессе подготовки диссертации Аунг Чжо Мо «20» августа 1989 года рождения, был аспирантом кафедры химической технологии керамики и огнеупоров ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева с 2015 года по настоящее время.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов (справка об обучении в аспирантуре, удостоверение, диплом об окончании аспирантуры (о периоде обучения в аспирантуре)) выдан ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева в 2018 году.

Научный руководитель доктор технических наук кафедры химической технологии керамики и огнеупоров ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева Евгений Степанович Лукин.

По результатам рассмотрения диссертации Аунг Чжо Мо на тему: «Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектическими добавками в системах $Al_2O_3-TiO_2-MnO$, $Al_2O_3-MgO-MnO$, $Al_2O_3-MgO-SiO_2$, $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ » принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что композиционные керамические материалы, изготавливаемых из оксиды, занимают значительную долю в общем объеме производства композиционных материалов.

Среди всех оксидных материалов и их соединений выделяется корундовая керамика, которая благодаря своим физико – механическим, термическим и электрофизическим свойствам наиболее широко применяется во многих областях техники.

Электроплавленный корунд является основой корундовых огнеупоров, изготавливаемых на глинистой или глиноземистой связках для применения в

качестве футеровки рабочей зоны высокотемпературных печей с температурой 1600 – 1800°C. Кроме того электрокорунд используют для изготовления огнеприпаса для обжига керамических изделий и прокаливания порошков глинозёма. Использование электрокорунда каких-либо фракций для получения плотной керамики не известно, так как считается, что ЭПК даже очень мелких фракций не спекаются до плотного состояния из-за инертного состояния поверхности зерен. Имеет место лишь припекание в зоне контакта зерен, что приводит к некоторому упрочнению керамики.

Однако идея использовать электрокорунд в качестве исходного компонента матрицы для получения плотной композиционной керамики постоянно возникает в связи с тем, что такая керамика будет иметь высокую твёрдость, определяемая твёрдостью зерен, отсутствие роста кристаллов, высокую износостойкость.

Кроме этого технология плотной композиционной керамики на основе электрокорунда отличается простотой. Нет необходимости использовать достаточно сложную технологию подготовки шихты при использовании в качестве исходного материала различные виды глинозёма. Электроплавленный корунд можно использовать без всякой дополнительной технологической обработки непосредственно в том виде, в котором производится в промышленности. Конечно, необходимо применять только высокочистый белый электроплавленный корунд. Получение плотной композиционной керамики с использованием электрокорунда возможно только при применении добавки эвтектического состава оксидных систем, образующих при спекании расплав, хорошо смачивающий поверхность зерен ЭПК и стягивающий их до максимально плотной упаковки и заполняющий оставшуюся часть пор. Таким образом, можно получить плотную керамику с применением электроплавленного корунда.

Проведение таких исследований является интересным с научной и практической точек зрения и можно считать весьма актуальной в плане возможного применения такой керамики в важных областях.

Научная новизна заключается в следующем:

1. 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. Минимальная пористость композитов 0,2-1 % при плотности 3,80 – 3,89 г/см³ достигается при 7% мас. или 15% мас. добавки при температуре обжига 1550°C.

2. Спекание образцов в композитов осуществляется для всех составов по жидко-фазному 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.

3. При использовании эвтектической добавки в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-MnO}$ при всех температурах обжига $1450 - 1550^\circ\text{C}$ 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. По-видимому, вязкость расплава мало изменяется с повышением температуры, что может быть связано с одновременным присутствием в расплаве оксидов MnO и TiO_2 .

4. Микроструктура получаемых композиционных материалов имеет ламинарное строение – вокруг зерен электроплавленного корунда локализованы субмикронные равноосные включения закристаллизованных фаз, образующие непрерывный каркас из кристаллизующихся соединений. Композит электрокорунд – наночастицы частично стабилизированного диоксида циркония, модифицированный эвтектической добавкой, имеет однородную равнокристаллическую структуру, образуя промежуточные слои между зернами ЭПК по типу “ композит в композите”.

5. Прочность при изгибе образцов композитов зависит от вида кристаллизующихся из расплава фаз и их взаимодействия с поверхностью зерен ЭПК. Величина прочности составляет $200 - 330$ МПа. Введение в состав композита дополнительно с добавкой в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-MnO}$ частично стабилизированного диоксида циркония позволяет получить прочность до $400 - 420$ МПа.

Практическая ценность работы

Разработана простая технология новых плотных композиционных керамических материалов на основе электроплавленного корунда с температурой спекания 1550°C с использованием различных эвтектических добавок оксидных систем.

Полученная композиционная керамика характеризуется пористостью менее 1%, прочность при изгибе до $330 - 420$ МПа и высокой твердостью.

Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда может быть использована для применения в качестве износостойких изделий, деталей для электронной техники, элементов бронезащиты.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 3 статьях (ВАК). Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на конференции «XIII Международный Конгресс молодых ученых по химии и химической технологии МКХТ-2017» (Москва-РХТУ-2017); на конференции «XIV

Международный Конгресс молодых ученых по химии и химической технологии МКХТ-2018» (Москва-РХТУ-2018); на конференции «Научно-практическая молодёжная конференция с международным участием» (Уфа: РИЦ БашГУ, 2018); на конференции «ICCMC 2018: 20th International Conference on Ceramic Materials and Components» (Rome-Italy-2018).

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 (Scopus).
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-TiO₂ // Новые огнеупоры. 2020. №4. С. 46 – 50 (Scopus).

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.

Результаты диссертации представлены на 5 международных и всероссийских конференциях.

Публичные доклады на международных научных мероприятиях

1. Аунг Чжо Мо, Лукин Е.С., Попова Н.А. Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектической добавкой в системе: Al_2O_3 -TiO₂-MnO // Успехи в химии и химической технологии, Том XXXI. – 2017. – №3. С. 10 – 12.
2. Аунг Чжо Мо, Лукин Е.С., Попова Н.А., Кхин Маунг Сое. Керамика на основе оксида алюминия с добавкой Al_2O_3 -MgO-MnO // Современные технологии композиционных материалов: материалы III всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием (г. Уфа, 21- 22 февраля 2018 г.) отв. ред. У.Ш.Шаяхметов. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. – С. 20 – 23.
3. Aung Kyaw Moe, Lukin Evgeny Stepanovich, Popova Nelya Alexandrovna. Sintering of composite ceramic based on corundum with additive in the Al_2O_3 -TiO₂-MnO system // ICCMC 2018: 20th International Conference on Ceramic Materials and Components. Rome, Italy, July 2018. Conference Code: 18IT07ICCMC.

4. Аунг Чжо Мо, Лукин Е. С., Попова Н. А., Кхин Маунг Сое. Физико-механические свойства корундовой композиционной керамики с добавкой ZrO_2 и $Al_2O_3-MnO-TiO_2$ // Успехи в химии и химической технологии, Том XXXII. – 2018. – № 2. С. 28 – 30.
5. Кхин Маунг Сое, Лукин Е.С., Попова Н.А., Аунг Чжо Мо. Получение композиционной керамики из карбида кремния с эвтектическими добавками в системе $Al_2O_3-MnO-SiO_2$ // «Современные технологии композиционных материалов»: материалы III Всероссийской научно-практической молодежной конференции с международным участием (Уфа, 21 – 22 февраля 2018 г.). Уфа:РИЦ БашГУ, 2018. С. 183 – 185.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов включающие: по химическому составу – оксиды, их соединения; по структуре слагающих фаз – аморфные и кристаллические (монокристаллические, поликристаллические); по особенностям технологии, строению и функциональному назначению – керамика и композиционная керамика на основе SiТНМ; по размерным параметрам – порошковые;

В части п.2 формулы:

Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из SiТНМ, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, их упрочнения, высокотемпературных процессов. Ресурсо- и энергосбережение;

В части п.4 формулы: Решение проблемы «состав-структура-свойство» для конденсированных полидисперсных и монодисперсных систем.

В части п.1, п. 1.2 Области исследований: Физико-химические основы технологии и свойства материалов и изделий. Материаловедение. Применение.

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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Аунг Чжо Мо является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Аунг Чжо Мо; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектическими добавками в системах $Al_2O_3-TiO_2-MnO$, $Al_2O_3-MgO-MnO$, $Al_2O_3-MgO-SiO_2$, $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ » рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химической технологии керамики и огнеупоров ФГБОУ ВО РХТУ им. Д. И. Менделеева, состоявшемся «31» января 2020 года № 14.

В обсуждении приняли участие: д.т.н., проф. А. В. Беляков, д.т.н., проф. Н. А. Макаров, к.т.н., доц. Д. О. Лемешев, ст. преподаватель Н. А. Попова, к.т.н. доц. М. А. Вартанян, к.т.н., доц. Д. В. Андреев.

Принимало участие в голосовании 6 человек. Результаты голосования: Результаты голосования: «За» – 8 человек, «Против» – 0 человек, воздержались – 0 человек, протокол от «31» января 2020 г. № 14.

Заведующий кафедрой

Химической технологии керамики и огнеупоров  Н. А. Макаров

Секретарь заседания



Н. С. Чернецкая