

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кхин Маунг Сое на тему: «Композиционная керамика на основе карбида кремния с эвтектическими добавками в системах $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-MnO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MnO-SiO}_2$, MgO-SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{MgO})\text{-MgO-SiO}_2$ », представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Карбид кремния отличается от других бескислородных соединений доступностью, низкой плотностью, хорошими физико-механическими и химическими свойствами, что позволяет использовать материалы на основе карбида кремния в самых разнообразных областях современной техники. Изделия из карбида кремния изготавливают разными методами: рекристаллизационным, реакционным спеканием, горячим прессованием и др. Прекрасные свойства изделий из SiC позволяют применять его в качестве деталей двигателей внутреннего сгорания, в газотурбинных двигателях, в качестве режущего инструмента, керамических подшипников, рабочих узлов насосов, форсунок и горелок, оснастки для обжига керамических изделий, химически стойких деталей трубопроводов, теплообменников, работающих в агрессивной среде, нагревателей различных размеров, работающих при температурах 1400-1500 °С в воздушной атмосфере, также изделия из плотного карбида кремния используются в атомной энергетике, благодаря его высокой стойкости к радиационным излучениям.

Для спекания изделий до плотного состояния и обеспечения устойчивости к окислению при температурах до 1800-2000 °С в материал вводят оксидные компоненты в количестве 5-20 мас. %, которыми являются порошки, например, алюмоиттриевого граната, магнезиальной шпинели и др. Сочетание новых подходов к конструированию составов и технологии изготовления изделий на основе SiC позволило существенно расширить области их применения. Большинство видов изделий из SiC получают с применением дисперсных порошков SiC и оксидных добавок, которые предусматривают применение высоких температур и специального оборудования. Использование в качестве добавок для получения керамики на основе SiC оксидов эвтектических составов является интересной и актуальной темой исследования.

Работа представляется завершённым циклом исследований – от сырья до получения конечных опытных образцов и оценки их свойств. В связи с этим полученные результаты представляют значительный интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Целью работы является получение композиционных керамических материалов на основе карбида кремния с добавками эвтектических составов оксидных систем $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-MnO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MnO-SiO}_2$, MgO-SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{MgO})\text{-MgO-SiO}_2$ для обеспечения спекания при температурах 1200-1450 °С.

Степень обоснованности научных положений

Автором работы представлена адаптация порошков добавок оксидных систем эвтектического состава в композитах на основе карбида кремния с размером зерен 100-120 мкм, использование которых обеспечивает уплотнение и упрочнение материала за счет образования жидкой фазы при обжиге и формирование последующего плотного монолита. Установлены технологические параметры и показана связь между структурой заготовок при прессовании и свойствами конечных материалов.

Показано эффективное действие добавок на уплотнение и упрочнение керамики, в зависимости от их состава, температуры образования расплава и его взаимодействия с поверхностью зерен карбида кремния.

Изучено влияние оксида марганца на спекание керамики на основе карбида кремния. Показано, что оксид марганца взаимодействует с кремнеземом на поверхности зерен SiC с увеличением количества расплава. Установлен фазовый состав кристаллизующегося расплава при охлаждении после обжига – $\text{Al}_2\text{MnTiO}_6$.

Показано, что при введении в композит SiC-MgO в качестве добавки дисперсного оксида алюминия упрочнение при обжиге при 1300-1400 °С осуществляется за счет твердофазного и жидкофазного спекания. Фазовый состав оксидов соответствует эвтектическому расплаву в системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-SiO}_2$.

При определении смачивания расплавом тарного стекла разработанных композитов наименьшее смачивание показал композит из SiC с добавкой $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MnO-SiO}_2$ в связи с отсутствием их взаимодействия из-за полной кристаллизации расплава.

Значимость полученных результатов для науки

Всесторонний комплекс исследований, проведённых в диссертационной работе, позволяет сделать полную оценку качества полученных материалов, а также научного

исследования в целом и прийти к выводу, что объем исследований в диссертационной работе Кхин Маунг Сое подкреплен большим количеством научных публикаций по материалам работы и имеющейся возможностью применения разработанных материалов на основе карбида кремния, а именно в качестве ножниц для дозирования расплава стекла при формовании тарных изделий и элементов бытовых газовых горелок.

Практическая значимость.

Работа, несомненно, имеет прикладной характер и высокое практическое значение для производства высокоплотных керамических материалов на основе карбида кремния, в частности решены следующие важные задачи:

- показана возможность изготовления зернистой керамики на основе карбида кремния со сравнительно низкой пористостью и достаточно высокой прочностью при введении в состав шихты нанодисперсных порошков эвтектических составов различных оксидных систем;

- полученные керамические материалы на основе SiC характеризуются высокой термостойкостью, прочностью и химической стойкостью, могут быть использованы для изготовления керамических ножниц для дозирования расплава стекла при центробежном формовании стеклотары и элементов газовых бытовых горелок;

- результаты диссертационного исследования частично получены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от 27.09.2017 № 14.574.21.0158.

Апробация работы, структура и объем диссертации

По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных журналах, включенных в международные базы данных, 4 доклада на Международных и Российских конференциях.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 2 глав, выводов и списка литературы. Общий объем диссертации – 110 страниц, включая 19 рисунков, 12 таблиц.

Рассматриваемая диссертация является законченным исследованием, направленным на решение важной и актуальной проблемы. Она выполнена на высоком научном уровне, с использованием оригинальных подходов и представляет серьезный вклад в создание физико-химических основ проектирования свойств и разработку технологии плотных материалов на основе карбида кремния, практическая реализация

которого позволит предложить в качестве применения изготовление из полученных материалов ножниц, для дозирования расплава стекла при формовании тарных изделий и элементов бытовых газовых горелок.

Автореферат и диссертация написаны хорошим научным языком. Обращает на себя внимание информативность представленных рисунков, таблиц и четкость обсуждения полученных результатов. В целом, работа Кхин Маунг Сое производит хорошее впечатление. Диссертация является цельным и завершенным исследованием на актуальную тему, отличающимся новизной, имеющим научную и практическую значимость. Результаты диссертации достоверны, а заключение и рекомендации – научно обоснованы.

По содержанию работы возникли следующие замечания и вопросы:

1. Более информативным при оценке дисперсности и морфологии частиц является анализ распределения частиц по размеру;

2. Автор пишет, что после эксперимента по определению термостойкости прочность образцов уменьшилась на 5 %, однако это может быть несущественно, особенно для материалов с добавкой 1 мас. % оксидов;

3. На приведенных графиках определения зависимости механических характеристик автор не показывает погрешность измерений для полученных материалов, например, измерение прочности композитов SiC-MeO;

4) В работе прослеживается небольшое несоответствие плотности полученных образцов после отжига и приведенной пористости. Так, например, материал с 1 мас. % оксидной добавки при пористости 12,1 % должен иметь плотность выше 2,26 г/см³;

5) В работе автор высказывает предположение о высокой трещиностойкости полученных материалов, однако не приводит реальных испытаний образцов на трещиностойкость;

6) Хотелось бы отметить, что в пункте «список литературы», некоторые литературные источники повторяются по несколько раз.

Заключение и выводы

Несмотря на возникшие замечания, которые носят, скорее, характер пожеланий, они не снижают высокого научного уровня и не влияют на общую оценку выполненных исследований. Диссертация хорошо структурирована, грамотно оформлена и **полностью соответствует паспорту заявленной специальности 05.17.11.**

Считаю, что рассматриваемая диссертационная работа представляет собой законченное исследование, свидетельствующее о большом вкладе соискателя в развитие направления науки о силикатных и тугоплавких неметаллических материалах, и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Её автор, **Кхин Маунг Сое**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

И.о. старшего научного сотрудника лаборатории
Кремнийорганических соединений и материалов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов
им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук,
доктор технических наук, по специальности 05.17.11 – Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Сергей Николаевич Перевислов

Адрес ИХС РАН: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2

Тел. отд. кадров ИХС РАН: 8(812) 328-85-78

Тел. сот.: 8(904) 551-49-55

E-mail: perevislov@mail.ru

Подпись Перевислова С.Н. заверяю

ВРИО Заместителя директора

по научной работе, к.х.н.



А.В. Здравков