

ОТЗЫВ

официального оппонента Юркова Андрея Львовича на диссертационную работу Фроловой Марианны Геннадьевны «Композиционная керамика на основе карбида кремния, армированная волокнами карбида кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11. – «Технология силикатных тугоплавких и неметаллических материалов».

Актуальность темы диссертации

Создание новых технических объектов и установок требует получения новых функциональных материалов. В последние годы ведутся активные разработки по созданию керамоматричных композитов на основе карбида кремния, однако, многие вопросы, по-прежнему, являются открытыми. Актуальность темы диссертационной работы заключается в разработке керамических композитов из карбида кремния, армированных волокнами карбида кремния, обладающих высоким уровнем свойств, в качестве замены металлических изделий керамическими, способными работать в условиях агрессивных сред и ударных воздействий, например, в качестве элементов горячей зоны газотурбинных двигателей, подшипников скольжения.

Диссертационная работа направлена на разработку способа получения керамических композитов на основе карбида кремния, армированных волокнами карбида кремния, с высоким уровнем свойств.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Автореферат и диссертационная работа имеют четкую структуру, последовательное изложение и логично сформулированные выводы. Результаты работы достоверны, заключение научно обосновано.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Диссертационная работа изложена на 140 страницах машинописного текста, содержит 70 рисунков и 8 таблиц, список литературы составляет 143 наименования.

Во введении приводится обоснование работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор приводит обзор литературных данных по карбиду кремния и методам его получения, карбидкремниевым и композиционным материалам на основе карбида кремния, методам их получения и областях применения. Обзор литературы носит аналитический характер и логично подводит к формулированию цели и задач работы.

Во второй главе автор описывает исходные компоненты и материалы исследования, используемые в работе, приводит подробное описание методики измерения структуры, фазового состава и свойств исходных компонентов и материалов. Положительным эффектом работы является использование в качестве исходных компонентов порошков карбида кремния отечественных производителей – порошка М 5 (ВАЗ) и порошка, полученного методом СВС (ИСМАН), а в качестве армирующего компонента в работе использованы волокна, полученные по разработанному в ходе совместной работы ИМЕТ РАН и Института химии Коми РАН способу.

В третьей главе описано, как с помощью оригинального подхода диссертант исследовал взаимодействие спекающих добавок с карбидом кремния. Специфику взаимодействия SiC со спекающими добавками YAG и смесь оксидов $Y_2O_3-Al_2O_3$ (3:5) изучали в интервале от 1000 до 1800°C методом непосредственного контактного взаимодействия. В процессе проведения эксперимента вели наблюдение за изменением геометрической формы образцов добавок в зависимости от изменения температуры в печи. Установлено, что взаимодействие SiC со спекающими добавками YAG и $Y_2O_3-Al_2O_3$ (3:5) в температурном интервале 1680-1850°C характеризуется образованием жидкой фазы сложного состава вследствие окислительно-восстановительных реакций. С помощью рентгенофазового анализа был установлен фазовый состав продуктов кристаллизации после взаимодействия карбида кремния со спекающими добавками.

В четвертой главе описано, как автор разрабатывает технологические условия для получения плотной карбидкремниевой керамики методом горячего прессования с разным содержанием спекающих добавок. Экспериментально установлено оптимальное содержание спекающих добавок (10 мас.%) и температуры процесса горячего прессования (1850°C). Было проведено сравнение прочностных характеристик керамических образцов, полученных из порошков карбида кремния разной дисперсности и морфологии. Установлено, что образцы керамики из порошков сферической формы и размера 100-400 нм имеют наиболее высокие прочностные характеристики (прочность при изгибе 390 МПа), прочность при изгибе образцов из порошков Saint Gobain – 370 МПа, прочность при изгибе образцов из порошков карбида кремния М5 – 295 МПа.

Пятая глава посвящена получению композитов из карбида кремния, армированных волокнами карбида кремния, полученных силицированием углеродной ткани парами SiO. Исследованы механические и физико-химические свойства полученных композитов (прочность при изгибе, плотность, коэффициент линейного термического расширения, критический коэффициент интенсивности напряжений). Установлено, что с увеличением содержания армирующих волокон прочностные свойства композитов увеличиваются по линейной зависимости.

Значимость полученных в диссертационной работе результатов для науки

Научная значимость полученных результатов в диссертационной работе Фроловой Марианны Геннадьевны заключается в следующем:

Предложен способ получения керамического композита из карбида кремния, армированного волокнами карбида кремния, полученными силицированием углеродной ткани парами SiO. Установлено, что при увеличении содержания армирующего компонента (до 10 мас.%) прочностные характеристики линейно увеличиваются.

Охарактеризованы свойства и состав волокон карбида кремния, полученных методом силицирования углеродной ткани парами SiO. Волокна имеют следующие характеристики: прочность при растяжении 1500 ± 120 МПа, модуль упругости 110 ± 10 ГПа, микротвердость $10,7 \pm 0,4$ ГПа, содержание кислорода не более 2 мас. %.

Установлено, что взаимодействие карбида кремния со спекающими добавками (YAG, $Y_2O_3-Al_2O_3$ (3:5)) идет с образованием жидкой фазы сложного состава, при этом в результате взаимодействия SiC с добавкой $Y_3Al_5O_{12}$ продуктами реакции являются SiO_2 , Y_2O_3 , $Y_4Al_2O_9$, а при взаимодействии SiC с добавкой $Y_2O_3-Al_2O_3$ (3:5) – $Y_3Al_5O_{12}$, $Y_4Al_2O_9$, Y_2C_3 .

Установлено, что прочностные характеристики карбидкремниевой керамики из нанодисперсного порошка карбида кремния (порошок карбида кремния СВС (ИСМАН) - 100-400 нм) выше керамики из порошков неправильной формы Волжского абразивного завода (размер 3-5 мкм).

Практическая значимость диссертационной работы

Диссертационная работа Фроловой Марианны Геннадьевны, несомненно, имеет прикладной характер и практическое значение для производства керамических материалов на основе карбида кремния. Установлены технологические параметры получения керамики на основе карбида кремния, армированной волокнами SiC, полученными с помощью метода силицирования углеродной ткани парами SiO. Полученные в ходе работы результаты позволяют рекомендовать разработанный материал на основе карбида кремния для изготовления деталей, работающих в сложных эксплуатационных условиях (широкий интервал температур, агрессивная среда, механические и ударные нагрузки).

Обоснованность и достоверность результатов работы

Структура и логика изложения соответствует поставленным в диссертационной работе задачам. Достоверность материалов, изложенных в диссертационной работе Фроловой М.Г., подтверждается большим

количеством экспериментов, полученных на современном оборудовании, с использованием апробированных методов и методик исследования.

Основные результаты работы и положения, полученные в диссертационной работе, опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, а также в зарубежных изданиях, представлены на международных и российских конференциях. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе носят, в основном, либо рекомендательный характер для продолжения и развития работы в будущем, либо относятся к замечаниям методического характера.

Поскольку работа посвящена созданию технологии керамических композиционных материалов, несомненным преимуществом работы могло бы стать приведение диаграмм «напряжение-деформация», особенно сравнение диаграмм «напряжение-деформация» для керамики и для композиционного материала, т.е. армированной волокном керамики.

В работе не приведены значения открытой пористости композиционных материалов из порошка Волжского абразивного завода. Можно предположить, что значение пористости составляет 7-8 %, что может объяснить меньшие (по сравнению с другими композиционными материалами) прочностные характеристики. Также в работе не указан способ измерения трещиностойкости керамики и композиционных материалов.

Автору указаны мелкие недочеты в оформлении работы.

Заключение

Вышеуказанные замечания не снижают научный уровень работы и не влияют на ее положительную оценку. Результаты, полученные в диссертационной работе Фроловой М.Г., обладают научной новизной и перспективой практического применения.

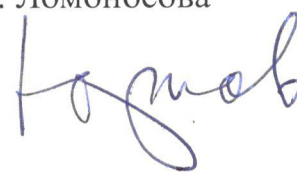
Диссертационная работа Фроловой Марианны Геннадьевны «Композиционная керамика на основе карбида кремния, армированная

волокнами карбида кремния» является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой решена задача, связанная с разработкой технологических основ получения методом горячего прессования керамических композиционных материалов (ККМ) на основе карбида кремния, армированных волокнами карбида кремния, полученными методом силицирования углеродной ткани парами SiO. Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 05.17.11. - «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» и требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842. Автор диссертационной работы Фролова Марианна Геннадьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11. – «Технология силикатных и тугоплавких и неметаллических материалов».

д.т.н., ведущий научный сотрудник

АО «Институт новых углеродных

материалов и технологий» при МГУ им. М.В. Ломоносова



Юрков А.Л.

Адрес: Москва, 119234, Ленинские горы, д1, стр. 11

Тел.: +7-495-939-3316, +7-903-258-4120

E-mail: Andrey.yurkov@tech.chem.msu.ru; Yurkov_al@inumit.ru; and-yur@mail.ru

Подпись Юркова А.Л. заверяю

Начальник отдела



Андреанова В.М.