

Ю. А. Васюхина, Н. А. Федосова, Н.А. Попова, Э. М. Кольцова*

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20, корп. 1

* e-mail: kolts@muctr.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ ПРЕКУРСОРА ИСХОДНОГО ПОРОШКА Al_2O_3 НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ЛЕГИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

В статье рассмотрено вакуумное спекание оксида алюминия, армированного углеродными нанотрубками. Для улучшения керамических свойств материала в исходный состав шихт дополнительно вводился порошок MgO и ZrO_2 . Проведен анализ влияния природы исходных сырьевых материалов на исследуемый материал. Сделан вывод, что природа прекурсоров оксида алюминия ($\gamma - AlO(OH)$ и $\gamma - Al(OH)_3$) не оказывает существенного влияния на свойства полученного керамического материала.

Ключевые слова: вакуумное спекание, керамический композит, углеродные нанотрубки, оксид алюминия, бемит, гиббсит.

Весьма актуальной является проблема разработки конкурентно способных технологий изготовления изделий различного назначения из наноструктурной керамики. В результате проведенной работы создана технология, позволяющая путем введения УНТ в матрицу на основе керамики, повысить ее качество и потребительские свойства без принципиального изменения технологического процесса и существенных затрат. Керамический композиционный материал включает матрицу из оксида алюминия, легированного оксидом магния и диоксидом циркония, и наполнитель в виде многослойных углеродных нанотрубок (УНТ).

Несмотря на большой интерес, проявляемый к разработке способа, позволяющего получать кристаллы оксидов алюминия ($\alpha - Al_2O_3$) особой чистоты с заданными размерами и формой частиц, к настоящему времени не создано метода, позволяющего одновременно в ходе технологического процесса получать кристаллы необходимого размера, примесного и фазового состава. Для изучения влияния природы прекурсора на свойства получаемого композиционного керамического материала, было решено получать α – форму оксида алюминия из двух различных γ – форм. В связи с этим были проведены две серии опытно-экспериментальных процедур. В качестве исходных сырьевых компонентов были использованы порошки бемита ($\gamma - AlO(OH)$) и гиббсита ($\gamma - Al(OH)_3$).

Недостатком большинства керамических материалов является низкий уровень трещиностойкости. Эффективным считается введение в композиты не порошка, а волокнистых материалов. В керамических композиционных материалах нагрузка передается на волокно посредством матрицы. Волокнистая арматура, вводимая в матрицу композиционного материала, обеспечивает увеличение прочностных свойств керамики, если представляет собой более жесткий материал по сравнению с керамической матрицей. Армирование керамики углеродными нанотрубками приводит к увеличению прочности на изгиб и повышению трещиностойкости [1].

Торможение разрушения в волокнистых керамических материалах достигается посредством двух основных механизмов, обеспечивающих повышенное сопротивление развитию трещины: 1) разрушение границ раздела за счет расслоения и 2) вытягивание волокон из матрицы. Обычно эти два механизма действуют последовательно. Сначала вблизи вершины трещины, где действуют максимальные напряжения, разрушаются, в основном, границы раздела и появляются малые сдвиги волокон относительно матрицы. Затем наблюдается вытягивание волокон, которые на начальной стадии процесса вытягивания перекрывают берега трещины, образуя своеобразные «мостики связи» между ними [2].

Поэтому в качестве армирующей добавки использовались многослойные УНТ, полученные каталитическим пиролизом метан-водородной газовой смеси в горизонтальном кварцевом реакторе с участием оксидно-магниевого кобальт-молибденового катализатора [3]. Количество нанотрубок в композите 6 – 8 % об.

Несмотря на большое количество работ, посвященных влиянию активаторов спекания (SiO_2 , Y_2O_3 , MgO , CeO_2 , ZrO_2) на структуру и свойства керамики на основе Al_2O_3 , в настоящее время отсутствует единая точка зрения о степени влияния тех или иных активаторов на свойства спеченной керамики. Прогнозируя предотвращение аномального роста зерен оксида алюминия в композите, было решено вводить в состав оксид магния, в соотношении компонентов: $99,5 Al_2O_3 + 0,5 MgO$. Прогнозируя возможность дальнейшего улучшения свойств этого вида материала при использовании особо тонкодисперсных порошков, в исходный состав керамических шихт дополнительно вводился порошок ZrO_2 в количестве 20 объемных % [4].

Процесс изготовления керамических образцов проводился поэтапно: синтезирование порошка; измельчение, смешение и гомогенизация; сушка, прессование и спекание; механическая обработка и изучение ряда свойств путем проведения стандартных испытаний.

Спекание выполнялось по следующему режиму: до 300 °С – форвакуумная откачка для дегазации, затем подача аргона в рабочую камеру и нагрев до температуры спекания (1750 °С) со скоростью 5 °С/мин, выдержка в течение двух часов с

последующим охлаждением до 1100 °С со скоростью 5,5 °С/мин и инерционным охлаждением до комнатной температуры. В ходе работы были получены результаты, некоторые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты плотности, пористости полученных образцов

№ образца	Прекурсор	Содержание углеродных нанотрубок, %об.	Экспериментальные значения пористости, %	Экспериментальные значения плотности, г/см ³	Экспериментальные значения микротвердости, ГПа
1	Бемит	6	0	4,26	19,4
2	Бемит	8	0	3,87	17,2
3	Гиббсит	8	0	4,19	19,7
4	Гиббсит	8	0	4,18	17,1

Из анализа экспериментальных данных можно сделать вывод, что природа прекурсора взятых исходных порошков оксида алюминия не оказывает существенного влияния на свойства полученных керамических образцов. Поэтому можно применять

на практике порошки и бемита и гиббсита, ориентируясь только на материальные затраты.

Работа выполнена при поддержке РНФ проект № 14-19-00522.

Васюхина Юлия Александровна студентка 2-го курса магистратуры факультета информационных технологий и управления РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Федосова Наталья Алексеевна ведущий программист кафедры информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Попова Нелля Александровна старший преподаватель кафедры химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Кольцова Элеонора Моисеевна д.т.н., профессор, заведующая кафедрой информационных компьютерных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Литература

1. Cho J., Voccaccini A.R., Shaffer M.S.P. *Ceramic matrix composites containing carbon nanotubes // J. Mater. Sci.* 2009. – Vol. 44, – P. 1934 – 1951.
2. Иванов Д.А., Ситников А.И., Шляпин С.Д. *Дисперсноупрочненные, волокнистые и слоистые неорганические композиционные материалы: учеб. пособие / МАТИ-РГТУ Им. К.Э.Циолковского. – Москва, 2009. – 305 С.*
3. Федосова Н.А., Файков П.П., Попова Н.А., Зыонг Ч.Т.Т., Зараменских К.С., Совык Д.Н., Кольцова Э.М., Жариков Е.В. *Влияние природы углеродных нанотрубок на структуру и прочность керамического композита // Стекло и керамика.* 2014. № 4. С. 22-26.
4. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. *Химическая технология керамики: учеб. пособие для вузов / Под ред. И.Я.Гузмана. – М.: ООО Риф «Стройматериалы», 2012. – 496 с.*

*Vasyuhina Yuliya Alexandrovna, Fedosova Natalia Alekseevna, Popova Nellya Alexandrovna, Koltsova Eleonora Moiseevna**

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

* e-mail: kolts@muctr.ru

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE NATURE OF THE PRECURSOR SOURCE OF Al₂O₃ POWDER ON THE PROPERTIES OF CERAMIC MATERIAL DOPED WITH CARBON NANOTUBES

Abstract

This article discusses vacuum sintering of ceramic composites reinforced with carbon nanotubes. In the initial composition of the charge was additionally introduced powder MgO and ZrO₂, for improving of ceramic properties of the material. It was carried out impact analysis of the nature of raw materials on the studied material. After that, it was concluded that the nature of the precursor of aluminium oxide (γ – AlO(OH) и γ – Al(OH)₃) hadn't significant effect on the properties of the ceramic material.

Keywords: vacuum sintering, ceramic composite, carbon nanotubes, aluminum oxide, boehmite, gibbsite.