

характеристик. Подобного рода зависимость можно объяснить формированием межзеренных границ с увеличением времени спекания. Так, при малом времени выдержки, возникающие по несформированным границам разделов микронапряжения, приводят к уменьшению прочности, в то время как при длительной выдержке, формируются границы разделов, и микронапряжения, возникающие в зернах, стабилизируют высокотемпературную кубическую фазу диоксида циркония, обладающую высокими прочностными характеристиками.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения № 14.584.21.0026 (RFMEFI58417X0026).

Список литературы

1. Кульков С. Н., Буякова С. П. Фазовый состав и особенности формирования структуры на основе стабилизированного диоксида циркония //Российские нанотехнологии. – 2007. – Т. 2. – №. 1-2. – С. 119-132.
2. Кашеев И. Д., Комоликов Ю. И., Пудов В. И. Изменения пористой структуры корундоциркониевой керамики при термообработке //Новые огнеупоры. – 2016. – №. 7. – С. 41-43.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ZrO_2 С ВКЛЮЧЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И НИТРИДА БОРА

Д.А.ТКАЧЕВ², А.С. БУЯКОВ^{1,2}, ВАСИЛЬЕВА Е.О.²

¹Томский политехнический университет

²Томский государственный университет

E-mail: d.tkachev11@gmail.com

Керамики на основе диоксида циркония стабилизированного оксидом иттрия имеют широкий спектр областей применения, обусловленный стойкостью к длительному термическому воздействию и способностью сохранять эксплуатационные характеристики в химически-агрессивных средах [1,2]. Однако, актуальным остается вопрос увеличения надежности и вязкости разрушения данной керамики, что может позволить производить изделия с высокими прочностными характеристиками, эксплуатируемые в условиях длительных, циклических и динамических механических нагрузок.

Увеличение вязкости разрушения в керамике на основе диоксида циркония возможно путем реализации нескольких механизмов: эффекта трансформационного упрочнения, реализуемого за счет тетрагонально-моноклинного фазового перехода, армирование введением высокомодульных многослойных углеродных нанотрубок и реализации механизма Кука-Гордона, заключающегося в поглощении и рассеивании энергии распространяющейся трещины низко модульными включениями нитрида бора [3,4].

Целью настоящей работы является выявления вкладов различных механизмов упрочнения в механические параметры керамоматричного композита на основе диоксида циркония с включениями многослойных углеродных нанотрубок и нитрида бора.

Пористость исследуемых композитов ZrO_2 -BN, ZrO_2 -CNT, ZrO_2 -BN-CNT оценена методом гидростатического взвешивания. Предел прочности на разрыв оценен методом «Бразильской пробы» [5]. Зависимость предела прочности от состава композита представлена на рисунке 1.

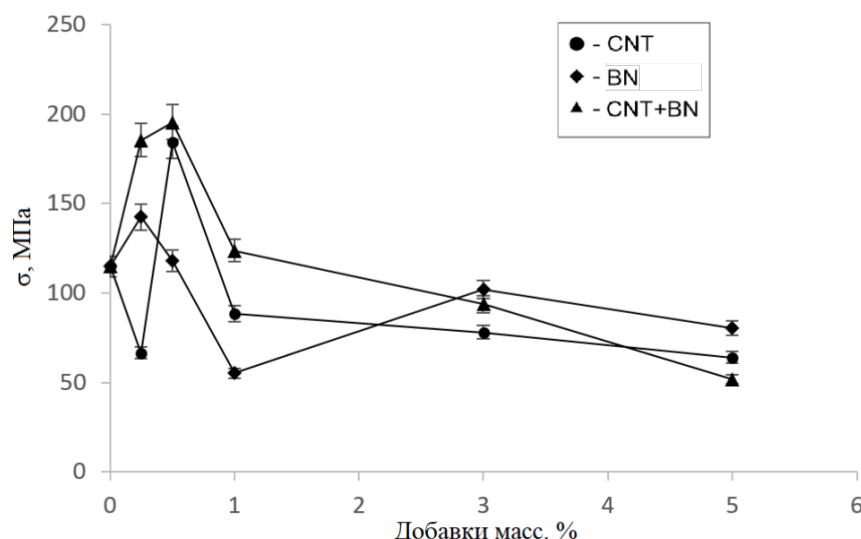


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности ZrO_2 -BN, ZrO_2 -CNT, ZrO_2 -BN-CNT от массовой доли армирующих добавок

Видно, что наибольшие значения прочностных характеристик достигаются при одновременном введении в матрицу керамического композита многослойных углеродных нанотрубок и низко модульных включений нитрида бора, так как одновременно реализуется несколько механизмов диссипации энергии при механическом воздействии на материал.

Наиболее существенный вклад в механические характеристики за счет введения армирующих включений достигается при их содержании в количестве до 1 масс. %. При последующем увеличении концентрации BN и CNT в составе, предел прочности материала снижаются, что может быть обусловлено возрастающей пористостью композита с увеличением количества включений, таблица 1.

Таблица 1 – Значения пористости композита в зависимости от вида и количества армирующих добавок

Армирующая добавка	Доля включений, масс. %	Пористость, %
CNT	0,25	5,868
	5	18,684
½ CNT + ½ BN	0,25	3,369
	5	12,459
BN	0,25	1,578
	5	4,107

При введении нитрида бора значительного увеличения пористости, как видно из таблицы 1, не наблюдается. Однако, данный компонент обладает низким модулем упругости, по сравнению с циркониевой матрицей, что приводит к снижению прочностных характеристик всего композита.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00304.

Список литературы

1. Zhang X. et al. Microstructure, mechanical properties and thermal shock resistance of hot-pressed ZrO_2 (3Y)-BN composites //Materials Science and Engineering: A. – 2008. – Т. 497. – №. 1-2. – С. 195-199
2. Afrasiabi A., Saremi M., Kobayashi A. A comparative study on hot corrosion resistance of three types of thermal barrier coatings: YSZ, YSZ+ Al_2O_3 and YSZ/ Al_2O_3 //Materials Science and Engineering: A. – 2008. – Т. 478. – №. 1-2. – С. 264-269.

3. Hannink R. H. J., Kelly P. M., Muddle B. C. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics //Journal of the American Ceramic Society. – 2000. – Т. 83. – №. 3. – С. 461-487
4. Pompidou S., Lamon J. Analysis of crack deviation in ceramic matrix composites and multilayers based on the Cook and Gordon mechanism //Composites science and technology. – 2007. – Т. 67. – №. 10. – С. 2052-2060
5. ASTM C. Splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens. – 2003.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO_2 И НАНОВОЛОКОН Al_2O_3 ПРИ СВОБОДНОМ СПЕКАНИИ

О.С. ТОЛКАЧЁВ, А.А. ЛЕОНОВ, Т.Р. АЛИШИН, В.Д. ПАЙГИН

Томский политехнический университет

E-mail: tolkachev@tpu.ru

Керамические композитные материалы на основе диоксида циркония и оксида алюминия, сочетая в себе достоинства исходных компонентов, а именно, сопротивление воздействию высоких температур и агрессивных химических сред, высокие прочностные свойства, биологическую совместимость, находят применение в различных областях. Обычно, исходными компонентами для изготовления таких композитов являются порошки различной дисперсности. В результате формируется структура с близкими к равноосной форме зёрнами. Использование наноразмерных порошковых материалов помогает получить керамику с меньшим зёрном, что, как правило, сопровождается увеличением прочностных свойств. Также, в производстве композиционных керамических материалов применяются методы армирования матрицы различным типом волокон. Армирующие волокна диссипируют энергию приложенной нагрузки на процессы растрескивания, отслоения и вытягивания в процессе разрушения керамической матрицы, что улучшает прочность и вязкость разрушения таких композитов [1].

Целью настоящей работы является изучение формирования структуры керамических композитов на основе наноразмерных порошка ZrO_2 (Y_2O_3) и волокон Al_2O_3 .

В качестве материала керамической матрицы использовали наноразмерный порошок частично стабилизированного иттрием диоксида циркония ZrO_{2+3} моль.% Y_2O_3 (TZ-3YS, Tosoh). Наполнителем являлся нановолокнистый Al_2O_3 (Fibrall, OCSiAl) полученный методом жидкофазного каталитического окисления алюминия молекулярным кислородом при температуре 820 оС.

При исследовании структуры исходных компонентов методами РФА и РСТА установлено, что порошке TZ-3YS присутствуют тетрагональная (65.8 %) и моноклинная модификации ZrO_2 (34.2 %) с размерами ОКР 50 нм и 26 нм, соответственно. Структура исследуемых волокон соответствует орторомбической [1], средний размер ОКР равен 13 нм. Диаметр волокон, по результатам ПЭМ составляет ~15 нм, а их длина превышает ~1 мкм. Отжиг волокон при 1200 °С сопровождается фазовым переходом их в α -оксид алюминия.

Для сохранения морфологии волокон, перемешивание исходных компонентов в массовом соотношении 95 TZ-3YS/ 5 Al_2O_3 проводили в этиловом спирте с использованием магнитной мешалки и диспергирования в ультразвуковой ванне.

Образцы изготавливали методом одноосного одностороннего прессования в стальной цилиндрической пресс-форме диаметром 14 мм на гидравлическом испытательном прессе при давлении 100 МПа. Прессовали исходный порошок TZ-3YS и его смесь с волокнами. Плотность после прессования в обоих случаях составляет 44 %.

Свободное спекание образцов проводили в высокотемпературной печи Nabertherm LHT 02/18 на воздухе при скорости изменения температуры 200 °С/ч. с изотермической