

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НАНОВОЛОКОН ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СПЕКАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

*Т.Р. АЛИШИН, О.С. ТОЛКАЧЁВ, А.А. ЛЕОНОВ*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [alishin.95@mail.ru](mailto:alishin.95@mail.ru)

Благодаря комплексу уникальных свойств керамика из частично-стабилизированного диоксида циркония имеет широкий спектр применения в различных областях науки и техники [1]. Повышение прочности керамических материалов возможно при сочетании различных механизмов упрочнения. Например, в композиционных керамических материалах механизм упрочнения обусловлен торможением распространения трещин на границе раздела двух взаимно-инертных фаз. С другой стороны, использование наноразмерных добавок способствует снижению температуры спекания [2]. Целью данной работы является исследование влияния содержания нановолокон оксида алюминия на спекание керамики на основе частично стабилизированного иттрием диоксида циркония.

В качестве исходного материала для изготовления керамической матрицы использовали наноразмерный частично стабилизированный иттрием порошок 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 °С. При исследовании структуры исходных компонентов методами РФА и РСА установлено, что в порошке TZ-3YS присутствуют тетрагональная (65,8 %) и моноклинная модификации  $ZrO_2$  (34,2 %) с размерами ОКР 50 нм и 26 нм, соответственно. Основной модификацией исследуемых волокон является кубическая ( $\gamma$ ). Диаметр волокон, по результатам ПЭМ составляет ~15 нм, а их длина достигает ~1 мкм. Отжиг волокон при 1250 °С сопровождается полным переходом в  $\alpha$ - $Al_2O_3$ .

Были подготовлены смеси порошка  $ZrO_2$  с различным объемным содержанием (1, 2, 5, 10, 20 и 50 %) исходных нановолокон  $Al_2O_3$ . С целью обеспечения гомогенного распределения компонентов, нановолокна  $Al_2O_3$  предварительно подвергались диспергированию с использованием мощного ультразвукового воздействия (~1.4 кВт) в среде этилового спирта в течении 10 мин, при помощи следующего оборудования: ультразвуковой генератор УЗГ2-22 (Ультразвуканс, Россия), магнитно-стрикционный преобразователь стержневого типа с рабочей частотой 18,7 кГц. После чего в суспензию вводили  $ZrO_2$ , таким образом, чтобы концентрация исходных компонентов составляла 4 г. на 70 мл. этанола, после чего, повторно обрабатывали мощным ультразвуковым воздействием в описанном выше режиме. Подготовленные суспензии подвергали дополнительному перемешиванию в шаровой мельнице в течении 24 ч. В качестве мелющих тел использовали бисер ~200 мкм в соотношении 4 г. на 1 г. смеси. По результатам просвечивающей электронной микроскопии достигнуто равномерное распределение исходных компонентов без значительного изменения морфологии волокон.

Компакты из подготовленных смесей были получены при давлении 100 МПа в закрытой жесткой пресс-форме диаметром 10 мм для одноосного одностороннего прессования, необходимое усилие прессования обеспечивали с помощью испытательного пресса ИП-500М-авто (ЗИПО, Россия). Плотность образцов после прессования составляла ~45 % для образцов с содержанием наноразмерных  $Al_2O_3$  волокон до 20 %, и 32 % для образцов с содержанием 50 %.

Спекание спрессованных образцов проводили в высокотемпературной атмосферной печи ЛНТ 08/18/Р310 (Nobertherm, Германия); спекание проводили с выдержкой в течении 1 часа и скоростью изменения температуры 200 °С /ч при различных температурах: 1400, 1450, 1500 °С.

Плотность спеченной керамики определяли методом гидростатического взвешивания. Используемые значения теоретической плотности для расчета относительной, 6,1 г/см<sup>3</sup> и 3,99 г/см<sup>3</sup> для TZ-3YS и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, соответственно. Зависимость относительной плотности керамики от режима спекания и содержания нановолокон оксида алюминия представлена на рис. 1.

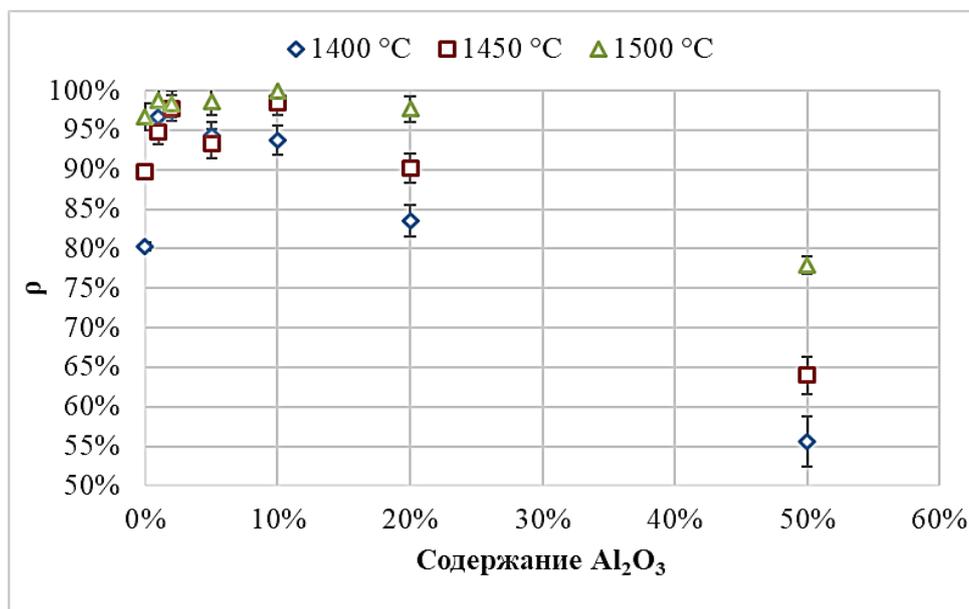


Рисунок 1 – Зависимость относительной плотности керамики от режима спекания и содержания нановолокон Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Введение в состав керамики небольшого (1, 2%) количества нановолокон Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> сопровождается приростом плотности относительно образцов из исходного порошка уже при 1400 °C, ~98 % и ~80 %, соответственно. Для порошков с содержанием нановолокон Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 20 % достигнуты значения плотности более 97 % в исследуемых диапазонах режимов. Относительно низкие значения плотности для образцов с 50 % нановолокон Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обусловлено более низкой плотностью после прессования.

В результате исследований установлено, что введение 1-2 объемных процентов нановолокон оксида алюминия в состав керамики на основе диоксида циркония приводит к иницированию процесса спекания и, как следствие, увеличению плотности керамики. Инициация спекания является следствием комплексного изменения реологических параметров подготовленных пресс-порошков, а также переходом метастабильных нановолокон Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в стабильную аллотропную модификацию.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00763 мол\_а.*

#### Список литературы

1. Лукин Е.С., Макаров Н.А., Козлов А.И. и др. Современная оксидная керамика и области ее применения // Конструкции из композиционных материалов. – 2007. - № 1. - С. 3-13.
2. Подболотов К.Б., Волочко А.Т., Гусоров. Исследование влияния различных добавок для спекания керамики на основе микропорошков корунда: Труды международного симпозиума «Перспективные материалы и технологии». - Витебск, 2017. - С. 79-81.