

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ НАНОВОЛОКОН ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СТОЙКОСТЬ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ РАЗЛОЖЕНИЮ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

О.С. ТОЛКАЧЁВ, Т.Р. АЛИШИН, ЦЗУБАН ЧЖАН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: tolkachev@tpu.ru

Стабилизированный иттрием тетрагональный поликристаллический диоксид циркония (Y-TZP) благодаря уникальным механическим свойствам и биологической инертности находит широкое применение в медицине [1]. Недостатком этого материала является его склонность к низкотемпературному разложению (Low Temperature Degradation «LTD») в присутствии влаги. LTD сопровождается переходом тетрагональной фазы ZrO_2 в моноклинную. Фазовый переход наблюдается в довольно узком, но важном интервале температур: от комнатной температуры до 400 °С и приводит к снижению прочностных характеристик материала [2].

Целью настоящей работы является изучение влияния добавки метастабильных нановолокон Al_2O_3 на стойкость к низкотемпературному разложению керамики Y-TZP.

Исходным материалом для изготовления керамической матрицы служил наноразмерный порошок $ZrO_2 + 3$ мол. % Y_2O_3 с удельной поверхностью $S_{уд}=7$ м²/г, (порошок марки TZ-3YS, Корпорация Tosoh). Наполнителем являлся нановолокнистый Al_2O_3 , $S_{уд}=90$ м²/г, полученный методом жидкофазного каталитического окисления алюминия молекулярным кислородом при температуре 820 °С (Fibrall, OCSiAl). Из исходных компонентов с использованием ультразвукового диспергирования мощностью 1,4 кВт в среде этилового спирта подготовили смесь с содержанием нановолокон Al_2O_3 1 % об.

Компактирование порошковых материалов осуществляли по схеме одноосного одностороннего прессования в стальной цилиндрической пресс-форме диаметром 10 мм при давлении 100 МПа. Масса навески оставляла 0,5 г.

Ранее было установлено, что введение метастабильных нановолокон Al_2O_3 в состав Y-TZP сопровождается интенсификацией процесса спекания. Этот эффект в наибольшей степени демонстрируется составом с 1 % об. Al_2O_3 [3]. На рисунке 1 представлена зависимость относительной плотности от температуры спекания исходного Y-TZP и смеси Y-TZP + 1 % об. Al_2O_3 . Свободное изотермическое спекание проводили на воздухе с постоянной скоростью изменения температуры 200 °С/ч и выдержкой 1 ч.

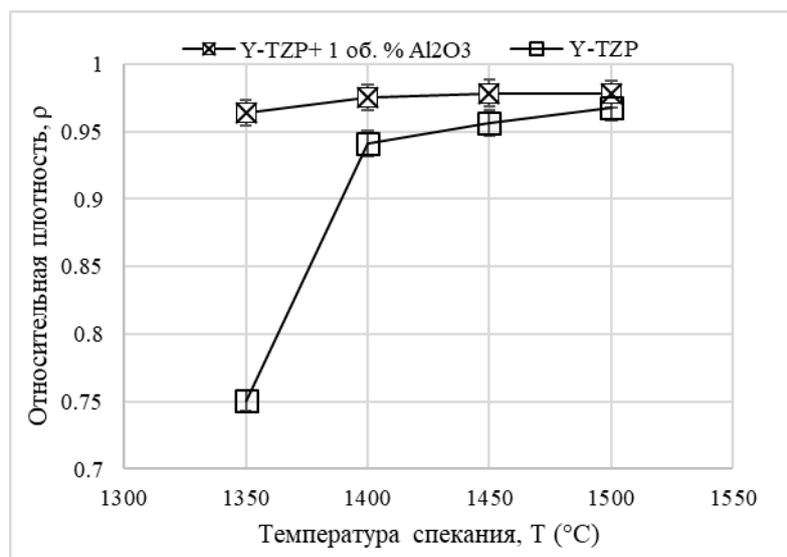


Рисунок 1 – Зависимость относительной плотности от температуры спекания исходного Y-TZP и смеси Y-TZP + 1 % об. Al_2O_3

Испытание керамики на стойкость к LTD проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6474-2-2014 с использованием соответствующего автоклава с водяным паром при температуре $(134 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 10 часов при давлении 0,2 МПа.

Содержание моноклинной фазы в образцах определяли с помощью рентгенофазового анализа по методике, описанной в [1].

Исходный фазовый состав спечённых образцов соответствует тетрагональной фазе ZrO_2 , кроме образца из исходного Y-TZP, спеченного при 1350°C . В нем присутствует 4,8 % моноклинной фазы.

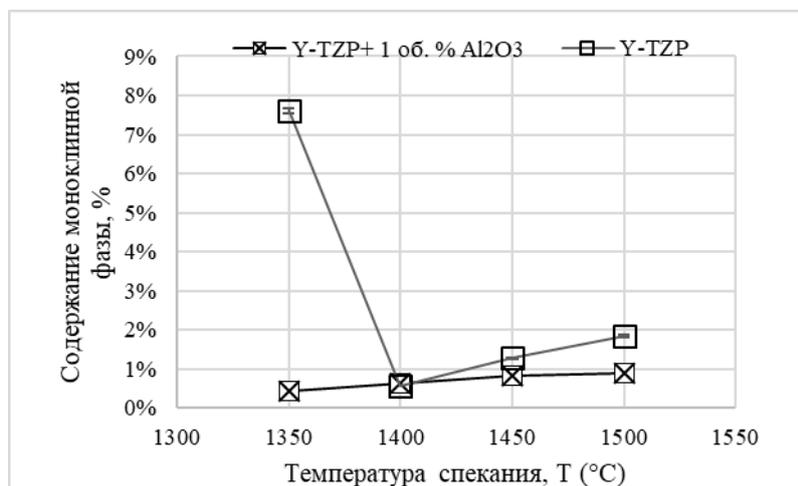


Рисунок 2 – Содержание моноклинной фазы после испытаний на стойкость к LTD в зависимости от температуры спекания

Больше всего моноклинной фазы (8 %) было обнаружено в образце Y-TZP, спеченного при температуре 1350°C (рисунок 2). Значительное содержание моноклинной фазы обусловлено наличием её до испытаний на стойкость к низкотемпературному разложению, а также низкой плотностью спеченной керамики (75 %) (рисунок 1). Содержание моноклинной фазы минимально в композиционном образце, спечённом при 1350°C и составляет 0,4 %. Отмечается снижение стойкости к LTD по мере увеличения температуры спекания. При этом композиционные образцы демонстрируют более высокую стойкость к образованию моноклинной фазы. Так, содержание моноклинной фазы в композиционном образце, спеченном при 1500°C , не превышает 0,9 %, что в 2 раза меньше, чем в исходном Y-TZP, спеченного при идентичном режиме.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00763 мол_а.

Список литературы

1. Matsui K., Yoshida H., Ikuhara Y. Nanocrystalline, Ultra-Degradation-Resistant Zirconia: Its Grain Boundary Nanostructure and Nanochemistry // Sci. Rep. 2015. Vol. 4, № 1. P. 4758.
2. Ramesh S., Sara Lee K.Y., Tan C.Y. A review on the hydrothermal ageing behaviour of Y-TZP ceramics // Ceram. Int. Elsevier Ltd and Techna Group S.r.l., 2018. Vol. 44, № 17. P. 20620–20634.
3. Алишин Т. Р. Влияние содержания нановолокон оксида алюминия на спекание композиционной керамики на основе диоксида циркония / Т. Р. Алишин, О. С. Толкачёв, А. А. Леонов // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2018) : сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 26-30 ноября 2018 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2018. – С. 54-55.