

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМОУДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ НА
СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO_2 .**

В.А. СИБИРА, Е.А. ДЕРКАЧ, С.П. БУЯКОВА, С.Н. КУЛЬКОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: darling-93@mail.ru

Введение. Высокотехнологические термостойкие керамические материалы широко применяются в аэрокосмическом машиностроении. Одними из перспективных термостойких материалов являются керамики на основе ZrO_2 обладающие уникальным сочетанием таких свойств как: высокая температура плавления $t_{пл}=2715^{\circ}C$ и низкая теплопроводность $\lambda=1.7-2.0$ Вт/(м·К), а также стойкость к воздействию агрессивных сред. Современный уровень знания об устойчивости циркониевой керамики к термическим воздействиям, в том числе и знакопеременным ударным нагружениям [1–3], не позволяет дать однозначный ответ о влиянии структурно-фазового состояния на стойкость к термоударным нагружениям. Таким образом, целью данной работы являлось изучение влияния термоударных воздействий на структурно-фазовое состояние керамики на основе ZrO_2 .

Материалы и методики. В качестве объектов исследования использовались образцы керамики состава $ZrO_2(Y_2O_3)$ в форме цилиндров, полученные компактированием исходного порошка в стальной пресс-форме методом одноосного прессования с последующим спеканием при максимальной температуре $1500^{\circ}C$ с изотермической выдержкой 1 час. Термоударные нагружения осуществлялись погружением образцов в емкость с водой и обдувом в потоке воздухе в 2 атмосферы. Структурно-фазовые исследования проводились до и после термоударных нагружений. Анализ фазового состава осуществлялся методом рентгеновской дифракции, микроструктурный анализ проводился методом оптической микроскопии.

Результаты и обсуждение. Анализ фазового состава исследуемых образцов показал что, термоударные нагружения не оказывали влияния на фазовый состав керамики $ZrO_2(Y_2O_3)$: на всех рентгенограммах наблюдались характерные пики только тетрагональной модификации $t-ZrO_2$ диоксида циркония. Термоударные нагружения не приводили к изменению величины областей когерентного рассеяния (ОКР), микродисторсии и параметров кристаллической решетки, при этом величина ОКР составила около 65 нм, микродисторсия – 0,0009, а параметры решетки – 0,510 и 0,518 нм (a и c соответственно), что объясняется отсутствием фазовых превращений. На рисунке 1 представлены снимки поверхностей исследуемых образцов. Микроструктурный анализ керамических образцов состава $ZrO_2(Y_2O_3)$ показал, что термоударные нагружения приводили к формированию поверхностных термических трещин, причем охлаждаемая среда оказывала различное воздействие

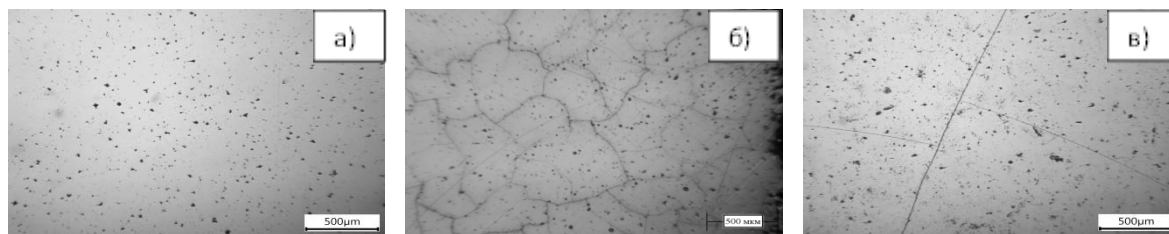


Рисунок 1 – Снимки поверхностей керамических образцов а) в исходном состоянии и после 6 циклов охлаждения б) в воду в) на воздухе на микроструктуру образцов. Так, термоударные воздействия приводили к формированию блочной структуры на поверхностях образцов, охлаждаемых в воду (рисунок 1, б).

В процессе стремительного охлаждения на поверхности образцов возникали термические трещины за счет сжимающих напряжений. Увеличение числа циклов термоударных нагрузений приводило к формированию новых и развитию и ранее сформированных трещин, которые пересекались между собой, образуя тем самым фрагментарную структуру. Хорошо различимая блочная структура появились к 3 циклу термоударов, при этом увеличение числа циклов приводило к уменьшению среднего размера блоков (рисунок 2).

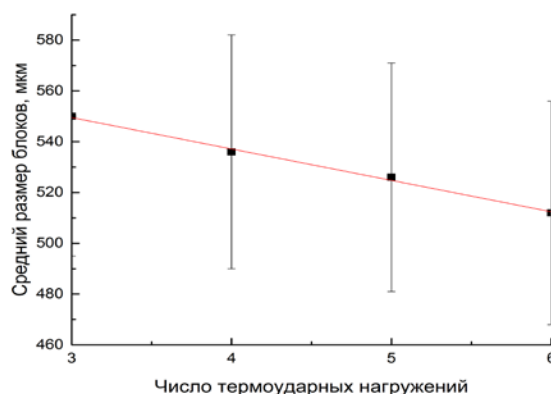


Рисунок 2 – Зависимость средних размеров блоков от числа термоударных нагрузений

На поверхности образцов, охлаждаемых на воздухе, формирования блочной структуры не наблюдалось, как в случае с образцами, охлаждаемыми в воду, обнаружено всего несколько длинных трещин, которые с последующими циклами термоударных нагрузений увеличивались незначительно. Такой результат можно объяснить тем, что водная охлаждаемая среда оказалась более агрессивной, поскольку охлаждение происходило значительно быстрее, чем на воздухе, поэтому и деградация поверхности происходит значительно быстрее.

Заключение. Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что термоударные нагрузения не приводили к изменению фазового состава, сохранялась тетрагональная $t\text{-ZrO}_2$ модификация диоксида циркония. Для керамики состава $\text{ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$ значения ОКР, микронапряжений и параметров решетки оставались неизменными. На поверхности образцов, охлаждаемых в воду, наблюдалось формирование блочной структуры к 3 циклу. Последующие термоударные нагрузения приводили к уменьшению среднего размера блоков с 550 до 512 мкм к 6 циклу. На поверхности образцов, охлаждаемых на воздухе, формирования фрагментарной структуры не наблюдалось.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (соглашение № RFMEFI60714X0056).

Список литературы

1. Fargas G., Casellas D., Llanes L., Anglada M. Thermal shock resistance of yttria-stabilized zirconia with Palmqvist indentation cracks // Journal of the European Ceramic Society – 2003. V 23. – P. 107–114.
2. Гаршин А.П., Гропянов В.М., Зайцев Г.П., Семенов С.С. Керамика для машиностроения М.: Научтехлитиздат, 2003. – 384 с.
3. Pia G., Casnedi L., Sanna U. Porosity and pore size distribution influence on thermal conductivity of yttria-stabilized zirconia: Experimental findings and model predictions // Ceramics International – 2016. V 42. – P. 5802–5809.