

## ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕРМОУДАРНЫХ НАГРУЖЕНИЙ НА СТРУКТУРУ КЕРАМИКИ ZrO<sub>2</sub>

*В.А. СИБИРА<sup>1</sup>, Е.А. ДЕРКАЧ<sup>1</sup>, С.П. БУЯКОВА<sup>1,2,3</sup>, С.Н. КУЛЬКОВ<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: [darling-93@mail.ru](mailto:darling-93@mail.ru)

### Введение

Циркониевая керамика занимает ведущее место среди огнеупорных материалов, так как сохраняет высокие механические свойства до температур  $0,8...0,97 T_{пл}$  [1]. В современной технике используется частично стабилизированный диоксид циркония, содержащий в качестве добавки оксид иттрия. Стабилизирующая добавка позволяет сохранять все три модификации диоксида циркония – кубическую, тетрагональную и моноклинную. Полиморфные превращения, происходящие при изменении температуры, можно использовать для повышения термостойкости керамики путем трансформационного упрочнения, включающим в себя мартенситный переход метастабильной тетрагональной Т-фазы в стабильную моноклинную М-фазу под воздействием приложенных напряжений [2,3]. Существенным недостатком трансформационно-упрочненной керамики является снижение высоких прочностных свойств с повышением температуры и приближением ее к области стабильности тетрагональной модификации, где из-за отсутствия термодинамического стимула прекращается рост упрочнения за счет мартенситного тетрагонально-моноклинного превращения [3].

### Материалы и методики

Объектом исследования служили образцы керамики на основе ZrO<sub>2</sub> с добавлением частично стабилизированного Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в форме цилиндров, полученных компактированием исходного порошка в стальной пресс-форме методом одноосного прессования с последующим спеканием при максимальной температуре 1500°C с изотермической выдержкой 1 час. Термоударные нагрузки осуществлялись обдувом в потоке воздухе в 2 атмосферы. Структурно-фазовые исследования проводились до и после термоударных нагрузений. Анализ фазового состава осуществлялся методом рентгеновской дифракции, микроструктурный анализ проводился методом оптической микроскопии.

### Результаты и обсуждение

Анализ фазового состава исследуемых образцов показал, что, термоударные нагрузки не оказывали влияния на фазовый состав керамики ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Фазовый состав керамики ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) представлен только тетрагональной модификацией t-ZrO<sub>2</sub> диоксида циркония. После термических воздействий фазовый состав керамики ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) сохранялся неизменным вне зависимости от количества испытаний.

На основе данных рентгенограмм рассчитали величины областей когерентного рассеяния для исследуемых керамик и установили, что значения ОКР для всех образцов ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) оставались неизменными как до, так и после термических воздействий и составили около 65 нм вне зависимости от числа термоударных нагрузений [4].

Микроструктурный анализ керамических образцов состава ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) показал, что термоударные нагрузки приводили к формированию поверхностных термических трещин, рисунок 1, а. В сравнении с результатами в ранее опубликованных работах [5,6] можно сделать вывод, что охлаждаемая среда оказывает различное воздействие на микроструктуру керамики, так термоударные нагрузки в воду приводили к формированию блочной структуры на поверхностях образцов уже после третьего термоудара, рисунок 1, б, в то время как охлаждаемые на воздухе образцы имели только длинные микротрещины, рисунок 1, в.

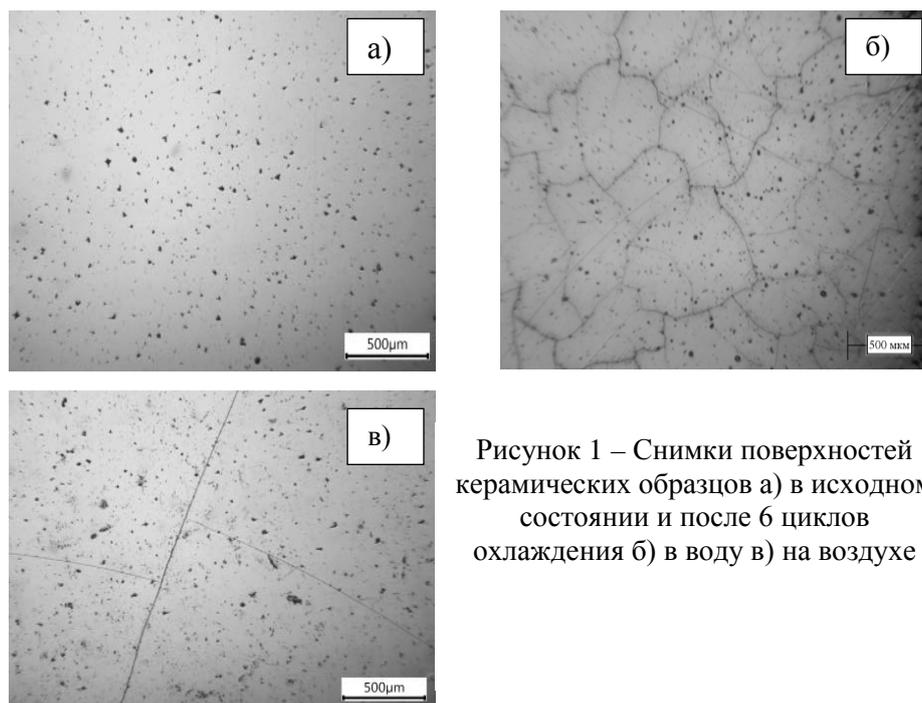


Рисунок 1 – Снимки поверхностей керамических образцов а) в исходном состоянии и после 6 циклов охлаждения б) в воду в) на воздухе

### Заключение

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что термоударные нагрузки не приводят 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 на воздухе, формирования фрагментарной структуры не наблюдалось.

### Список литературы

1. Акимов Г.Я., Маринин Г.А., Каменева В.Ю. Эволюция фазового состава и физико-механических свойств керамики  $\text{ZrO}_2 + 4\text{mol}\% \text{Y}_2\text{O}_3$  // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46. – № 2. – С. 250–253.
2. Кульков С.Н., Буякова С.П. Современные методы анализа в материаловедении: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 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
4. Buyakova S.P., Kalatur E.S., Buyakov A.S. et al. Structure and properties of  $\text{ZrO}_2\text{-MgO}$  powders // Journal of Silicate Based and Composite Materials. – 2014. – Vol. – P. 8–12.
5. Сибира В.А., Деркач Е.А., Буякова С.П., Кульков С.Н. Влияние термоударных воздействий в различных средах на структурно-фазовое состояние керамики на основе  $\text{ZrO}_2$  // Современные технологии и материалы новых поколений: сборник трудов Международной конференции с элементами научной школы для молодежи, г. Томск, 9-13 октября 2017 г.— Томск: Изд-во ТПУ, 2017
6. Деркач Е.А., Кретов Ю.Л., Буякова С.П., Кульков С.Н. Влияние термоударных воздействий на структурно-фазовое состояние керамики составов  $\text{ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$  И  $\text{ZrO}_2(\text{MgO})$  // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 5–7 Декабря 2016. – Томск: ТПУ, 2016 – С. 398–399.