

ТЕРМОУДАРНЫЕ НАГРУЖЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ $ZrO_2(Y_2O_3)$

Е.А. Деркач^{1, 2}, С.П. Буякова^{1,2,3}

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.П. Буякова

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

² ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: eadtomsk@yandex.ru

THERMAL SHOCK STRAINS ON ZIRCONIA-YTTRIA CERAMICS

E.A. Derkach^{1, 2}, S.P.Buyakova^{1,2,3}

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.P.Buyakova

¹National research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Institute of Strength Physics and Materials Science of Siberian Branch Russian Academy of Sciences,

Russia, Tomsk Akademicheskii pr., 2/4

³National research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: eadtomsk@yandex.ru

Abstract. *The influence of thermal shock strains on the phase composition and structure of the $ZrO_2(Y_2O_3)$ ceramics was studied. It is shown that thermal shock strains lead to the formation of block fragmentary structure in yttria-stabilized zirconia ceramics. Zirconia dioxide is keep the tetragonal modification and doesn't change the size of region coherent X-ray scattering, despite the fragmentation of the structure.*

Термоударные воздействия являются крайне жёстким условием эксплуатации для всех классов материалов. Однако устойчивость к термическому удару не является имманентным свойством материала и в значительной мере зависит от его структуры и состава. Одним из путей увеличения устойчивости материалов к такого рода термическим воздействиям представляется создание в них диссипативных структур, способных поглощать энергию термического удара. В этой связи интерес вызывает керамика на основе диоксида циркония, отличительной особенностью которой является способность к трансформационному упрочнению вследствие мартенситного превращения ZrO_2 . Диоксид циркония характеризуется крайне низкой теплопроводностью в сочетании с высокой температурой плавления, что делает его весьма привлекательным в качестве теплоизоляционного материала для высокотемпературной техники. Несмотря на то, что исследования термостойкости циркониевой керамики, в том числе и к термоударным воздействиям начаты давно [1 – 5], на сегодняшний день нет однозначного ответа о влиянии термического удара на микроструктуру материала, которая формирует макроструктурный отклик.

Изложенное выше определило цель данной работы – изучение влияний термоударных нагрузжений на фазовый состав и структуру керамики на основе $ZrO_2(Y_2O_3)$.

Материал и методики исследований

В качестве материалов исследования использовались образцы керамики на основе диоксида циркония частично стабилизированного оксидом иттрия $ZrO_2(Y_2O_3)$. Образцы имели форму цилиндра, $\varnothing \approx 8$ мм и $h \approx 3,3$ мм. Термоударные нагрузжения осуществлялись охлаждением керамики в воду от температуры 1000°C . Анализ структуры керамики осуществлялся на полированной поверхности образцов. Исследования фазового состава и размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей осуществлялись по рентгеновским дифрактограммам в интервале углов дифракции $25 - 45^\circ$, полученным при фильтрованном $\text{CuK}\alpha$ излучении. По уширению рентгеновских рефлексов проводился расчет размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей (ОКР) по формуле:

$$D = \frac{\lambda_p}{\Delta B \cdot \cos(\theta)},$$

где λ_p – длина волны рентгеновского излучения, ΔB – ширина рентгеновского рефлекса на половине высоты, θ – угол дифракции рентгеновского излучения.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 приведены снимки структуры керамики в исходном состоянии и после термоударных

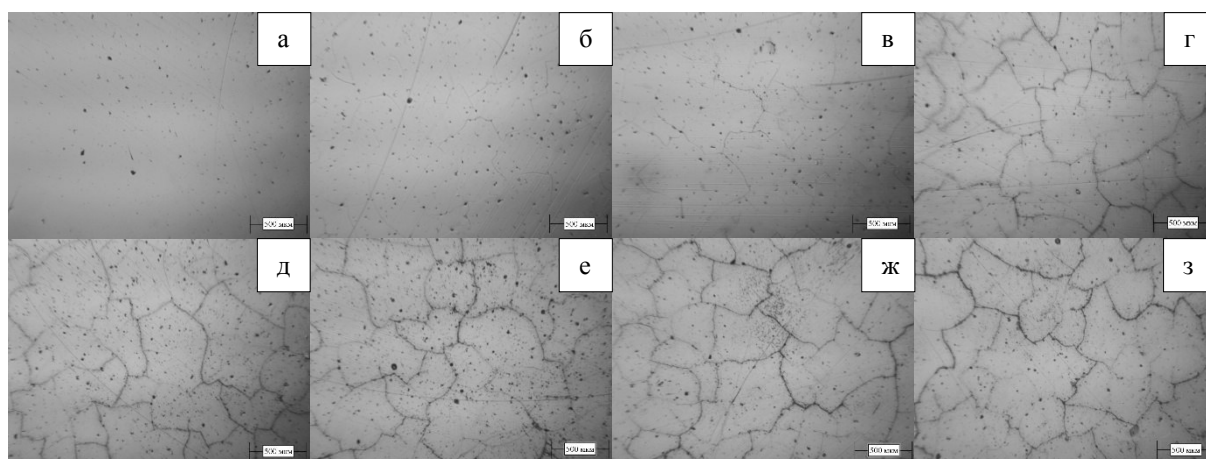


Рис. 1. Снимки микроструктуры керамических образцов а) до и после б) 1, в) 2, г) 3, д) 4, е) 5, ж) 6 и з) 7 цикла термонагружения

нагружений. На снимках хорошо прослеживается динамика изменения структуры керамики при термоударных нагрузжениях, формируется фрагментарная блочная структура. Формирование блоков происходит уже при первом термонагружении, при третьем термоударе блочная структура приобретает чёткие очертания. С увеличением числа циклов термоударных нагрузжений в более крупных блоках формируется субструктура, что приводит к уменьшению среднего размера блоков от 640 до 490 мкм. Однако, несмотря на фрагментацию структуры керамики, образцы сохранили свою целостность.

На рисунке 2 представлены рентгеновские дифрактограммы для керамики в исходном состоянии до термоударных нагрузжений и после трёх и шести термоударов.

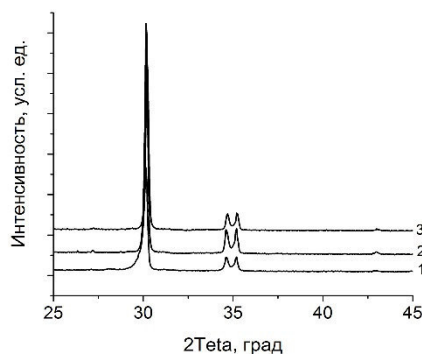


Рис. 2. Фрагменты рентгенограмм керамических образцов в интервале углов дифракции 25 – 45°: 1) до, 2) после 3 и 3) после 6 циклов термонагрузений

На всех дифрактограммах присутствуют рентгеновские рефлексы только тетрагональной модификации $t\text{-ZrO}_2$. Несмотря на формирование блочной структуры в керамике диоксид циркония сохраняется в тетрагональной модификации. В опубликованных ранее работах [4, 5] показано, что при термоударных нагрузениях керамики состава $\text{ZrO}_2(\text{MgO})$ происходит интенсивное сокращение доли тетрагональной модификации ZrO_2 в результате распада твёрдого раствора с выходом катионов Mg^{+2} из решётки диоксида циркония. Так уже после трёх термоударных нагрузений фазовый состав керамики $\text{ZrO}_2(\text{MgO})$ был представлен только моноклинной модификацией диоксида циркония. В отличие от циркониевой керамики состава $\text{ZrO}_2(\text{MgO})$, керамика из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, в процессе термоударных нагрузений сохраняется в тетрагональной модификации.

Расчёт размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей по уширению рентгеновских рефлексов показал, что термоударные нагрузения не оказывают влияния на размер ОКР в исследуемой керамике. В керамике состава $\text{ZrO}_2(\text{MgO})$, напротив, термоударные нагрузения приводили к уменьшению размеров ОКР [5].

Заключение. Исследования показали, что термоударные нагрузения приводят к формированию фрагментарной блочной структуры в керамике $\text{ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$. Однако, несмотря на фрагментацию структуры, диоксид циркония сохраняется в тетрагональной модификации, не изменяется и размер областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (RFMEFI60714X0056).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Venkata R., David J., Green., John R. // J. Am. Ceram. Soc. – 1999. V. 3. – P. 649–656.
2. Иванов Д.А, Балабанов А.С., Фомина Г.А. и др. // Огнеупоры и техническая керамика. – 1989. №3. – С. 5–10.
3. Прохоров И.Ю. // Огнеупоры и техническая керамика. – 2002. № 5. – С. 36–47.
4. Промахов В.В., Буякова С.П., Кульков С.Н. Структурные и фазовые превращения в керамике на основе ZrO_2 при термических воздействиях // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2011. – Т.8, №4. – С. 11–16.
5. Promakhov V., Buyakova S., Illavszky V., Kulkov S., Gomze L. Thermal expansion of oxide systems on the basis of ZrO_2 // Journal of Silicate Based and Composite Materials. – 2014. – № 3. – P. 81–83.