

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
КОЛЕБАНИЙ**

Е.А. Деркач, А.А. Панина, А.О. Хасанов

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.А. Панина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: eadtomsk@yandex.ru

**STUDY OF PROPERTIES OF ZIRCONIUM-BASED CERAMICS COMPACTED UNDER
ULTRASONIC IMPACT**

E.A. Derkach, A.A. Panina, A.O. Khasanov

Scientific Supervisor: Ph.D. A.A. Panina

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenina ave., 30, 634050

E-mail: eadtomsk@yandex.ru

Zirconium-based ceramics were obtained with different ultrasonic and temperature modes. Physical and mechanical properties such as average grain size, average pore size, average quantity of pores, average density, microhardness and fracture toughness were examined. It was determined that ultrasonic impact differently affects ceramics with different content of yttrium oxide and sintered at various temperature.

Введение

На сегодняшний день актуальной задачей является создание прозрачной керамики, широко применяемой в излучательных трубках натриевых ламп высокого давления, твердотельных лазерах с приемлемой эффективностью и др. Разработаны разные методы производства керамических изделий, однако далеко не все позволяют достичь требуемой прозрачности, либо являются экономически невыгодными. Так, наиболее экономически обоснованным для массового производства прозрачной керамики является метод холодного изостатического прессования [1]. В работе [2] для улучшения прозрачности керамики авторы предложили модернизировать этот метод путем подведения ультразвуковых колебаний. В связи с этим целью данной работы было исследование свойств керамических образцов, полученных при разных температурных и ультразвуковых режимах, а также определение оптимального режима компактирования для получения конкурентноспособной продукции.

Экспериментальная часть

Для исследования использовали промышленные нанопорошки диоксида циркония (марки TZ-8YS и TZ-10YS) (производитель TOSOH), содержащие соответственно 8% и 10% стабилизатора Y_2O_3 . Компактирование порошков проводили методом одноосного прессования при высоком давлении 557 МПа с применением ультразвуковых колебаний мощностью 0 (без ультразвукового воздействия) и 1 кВт. Спекание спрессованных образцов проводили в вакууме при следующих условиях: сначала образцы нагревали до 400°C со скоростью 400°C/час, затем синтез проводили при температуре 1200°C со скоростью 300°C/час. Дальнейший нагрев проводили с одинаковой скоростью 150°C/час до трех

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

различных температур: 1300, 1400 и 1500°C. Время выдержки при температуре спекания 1300°C составило 120 минут, а при 1400 и 1500°C – 60 минут. Последующее охлаждение всех образцов проводили до 1200°C со скоростью 150°C/час, затем до 800°C со скоростью 300°C/час и дальнейшим охлаждением на воздухе до комнатной температуры. Для расчета плотности спеченных прессовок измеряли их массу, диаметр и высоту. Расчет пористости и определение среднего размера зерна выполняли с помощью снимков поверхности, полученных на сканирующем электронном микроскопе JEOL JEM-7500F. Измерение микротвердости и трещиностойкости предварительно отполированных образцов проводили на микротвердомере ПМТ-3М с использованием нагрузки 500 г.

Результаты и обсуждение

Анализ СЭМ-изображений позволил получить зависимости среднего размера зерна от температуры, представленные на рисунке 1, а. Видно, что увеличение температуры спекания образцов TZ-8YS (кривая 1) приводит к незначительному росту зерна. При увеличении содержания оксида иттрия до 10% рост зерна наблюдается только при температурах выше 1400°C (кривая 3). При температуре 1500°C у образцов TZ10-YS наблюдается значительный рост зерна, в отличие от TZ-8YS (рисунок 1, а), что, по-видимому, связано с тем, что увеличение содержания Y_2O_3 ускоряет рост зерна.

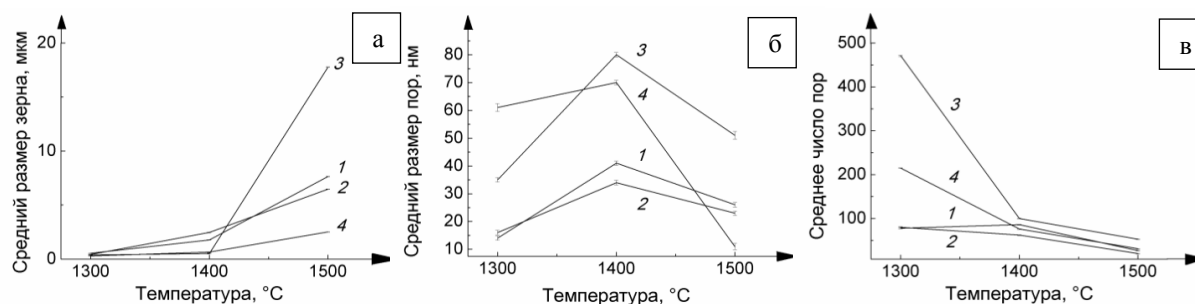


Рисунок 1 – Зависимости среднего размера зерна (а), среднего размера пор (б) и среднего числа пор (в) от температуры спекания: 1- TZ-8YS, 2 - TZ-8YS + УЗВ, 3 - TZ-10YS, 4 – TZ-10YS + УЗВ

Независимо от содержания оксида иттрия, а также от режима компактирования с повышением температуры спекания до 1400°C размер пор сначала увеличивается, а затем снижается (рисунок 1, б), при этом число пор сокращается (рисунок 1, в). Подобный характер объясняется эффектом зернограничной диффузии, благодаря которому растущее зерно занимает больший удельный объем за счет уменьшения размера и числа пор. Следует отметить, что применение ультразвукового воздействия приводит к снижению пористости исследуемых материалов (рисунок 1, б, в, кривые 2 и 4). Это объясняется повышением уплотняемости в процессе ультразвукового прессования [2].

В таблице 1 представлены данные относительной плотности керамик TZ-8YS и TZ-10YS в зависимости от режимов спекания, из которой видно, что у обоих материалов с ростом температуры плотность увеличивается, что напрямую связано с уменьшением числа и среднего размера пор.

Таблица 1

Относительные плотности керамик TZ-8YS и TZ-10YS, %

Температура спекания, °С	TZ-8YS		TZ-10YS	
	Без УЗВ	С УЗВ	Без УЗВ	С УЗВ
1300	96,15±0,96	93,07±0,37	86,61±0,50	84,84±0,66
1400	97,32±0,48	97,49±0,44	95,43±0,77	94,73±0,17
1500	96,76±0,66	97,18±0,50	94,22±0,17	96,73±0,96

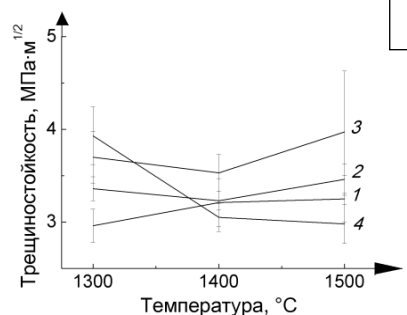
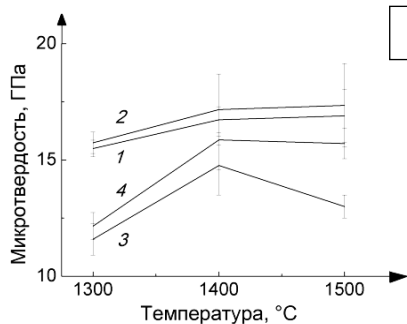


Рисунок 2 – Зависимости микротвердости (а) и трещиностойкости (б) от температуры спекания: 1- TZ-8YS, 2 - TZ-8YS + УЗВ, 3 - TZ-10YS, 4 – TZ-10YS

На рисунке 2, а представлены зависимости микротвердости исследуемых образцов от температуры спекания. Показано, что в образцах TZ-8YS с увеличением температуры спекания до 1400°C происходит рост микротвердости до 17 ГПа, которая в дальнейшем остается неизменной. С увеличением содержания Y_2O_3 до 10% значения микротвердости образцов, синтезированных до 1400°C, сначала возрастают, затем снижаются (рисунок 2, а, кривая 3).

Использование ультразвуковых колебаний во время прессования улучшает микротвердость керамики во всем интервале температур, независимо от содержания Y_2O_3 . При этом экстремума значений на кривой 4 не наблюдается, что хорошо коррелирует с рисунком 1, а [2].

На рисунке 2, б представлены зависимости трещиностойкости исследуемых керамик от температуры спекания. У образцов TZ-8YS с ростом температуры наблюдается незначительное уменьшение трещиностойкости, в то время как у керамик с 10% содержанием стабилизатора, напротив, наблюдается незначительное увеличение. Возможно, это связано с содержанием Y_2O_3 . Ультразвуковое воздействие с ростом температуры до 1500°C улучшает трещиностойкость только образцов TZ-8YS, в отличие от образцов с 10%, где наблюдается резкое снижение трещиностойкости, что можно объяснить неоднозначным влиянием УЗВ [2].

Заключение

Как показали проведенные исследования наилучшими показателями пористости, относительной плотности, среднего размера зерна, микротвердости и трещиностойкости обладают образцы керамики, полученные из порошка $ZrO_2 + 8\% Y_2O_3$ (TZ-8YS) и спеченные при 1500°C. Применение ультразвука во время компактирования изделий позволило улучшить свойства керамических образцов за счет более равномерного распределения плотности по объему изделия.

Список литературы

1. Klimke J, Krell A. Polycrystalline ZrO_2 -transparent ceramics with high refractive index // Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Sintered Materials (IKTS). – 2005. V. 1. – P. 23-28.
2. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Полисадова В.В., Зыкова А.П. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 149 с.
3. Хасанов О.Л., Двилис Э.С., Бикбаева З.Г. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 212 с.