

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Н. Ю. ЧЕРКАСОВА, Р. И. КУЗЬМИН, Н.А. НЕУПОКОЕВ, Я. Г. КАЛУГИНА

Новосибирский государственный технический университет

E-mail: cherkasova.2013@corp.nstu.ru

Алюмоциркониевая керамика отличается сочетанием высоких показателей прочности и твердости в сравнение с другими керамическими материалами. Также следует отметить, что диоксид циркония обладает повышенной трещиностойкостью. Однако его применение в композиционном материале позволяет поднять значения трещиностойкости лишь до определенного уровня. На основании литературных данных [1-3] известно, что целесообразным является получение сложноупрочненной керамики, в состав которой входят дополнительные соединения с высоким соотношением сторон. К таким соединениям относят усы, волокна, пластины, в частности, $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$. Гексаалюминат стронция обладает уникальной пластинчатой слоистой структурой, состоящей из чередующихся слоев Al_2O_3 -шпинельного блока и зеркальных плоскостей симметрии, в которых расположены большие катионы Sr [4]. При распространении в материале трещины ее путь отклоняется при столкновении с зернами гексаалюминатов, обладающих слабой границей раздела с матричным материалом.

В данной работе проведена оценка эффективности применения 3 вес.% пластин $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ для повышения показателей трещиностойкости в композиционных материалах на основе Al_2O_3 с 20 и 50 вес. % содержания ZrO_2 . При этом в качестве материала сравнения были подготовлены серии образцов, не содержащие гексаалюминат стронция.

В качестве исходных компонентов были использованы высокочистые порошки $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (марки СТ3000, Almatis, чистота $\geq 99,7\%$), 3Y-ZrO_2 (марки Stanford Material Corporation, чистота $\geq 99,8\%$), субмикронный SrO. Экспериментальные образцы были подготовлены по технологии изостатического формования гранулированного порошка с последующим свободным спеканием. Оксид стронция вводили на этапе подготовки суспензии. В работах [5-7] подробно представлены технологические этапы получения материала.

Рентгенофазовый анализ осуществляли на $\theta\text{-}\theta$ дифрактометре ARLX'TRA с применением медной рентгеновской трубки в качестве источника рентгеновского излучения (напряжение 40 кВ, ток 40 мА). Микроструктурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе CarlZeiss EVO 50. Прочностные испытания по схеме нагружения трехточечным изгибом проводили в соответствии с ГОСТ 24409-80. Критический коэффициент интенсивности напряжений, характеризующий трещиностойкость, определяли методом нагружения четырех точечным изгибом балки с заранее нанесенным концентратором напряжений в соответствии с ISO 15732:2003.

В результате рентгенофазового анализа было определено, что в материалах без стронциевой добавки, присутствуют рефлексы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $t\text{-ZrO}_2$. В материалах, в исходную суспензию которого был введен оксид стронция, помимо $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $t\text{-ZrO}_2$, зафиксированы рефлексы $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$.

На рисунке 1 представлена структура материала с превалирующим содержанием Al_2O_3 (темные зерна), 20 вес. % ZrO_2 (светлые зерна) и пластинами $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ (вытянутые зерна). В среднем длина пластин гексаалюмината стронция составляет 2 мкм, толщина порядка 0,3 мкм.

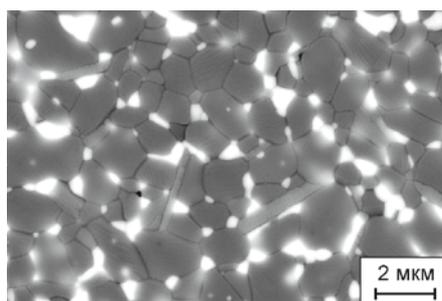


Рисунок 1 – Микроструктура керамики, содержащей $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$

Механические испытания показали, что наличие в материале $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ приводит к снижению прочности в среднем на 15 % (таблица 1). С другой стороны, наблюдается увеличение показателя критического коэффициента интенсивности напряжений на 30 %.

Таблица 1 – Механические характеристики экспериментальных материалов

№	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, вес. %	Исходная добавка	Содержание $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$, вес. %	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	K_{IC} , МПа* $\text{м}^{1/2}$
1	80-20	-	-	700±40	4,2±0,3
2		SrO	3	620±45	5,4±0,2
3	50-50	-	-	950±50	6,6±0,3
4		SrO	3	780±50	8,7±0,4

Проведенные исследования показали, что гексаалюминат стронция является эффективной добавкой, позволяющей значительно повысить показатели трещиностойкости, что, по литературным данным, связано с реализацией механизма отклонения трещины. Снижение прочности объясняется низкой адгезией пластин с зернами матричного материала.

Список литературы

- Melk L. et al. Nanoindentation and fracture toughness of nanostructured zirconia/multi-walled carbon nanotube composites //Ceramics International. – 2015. – Т. 41. – №. 2. – С. 2453-2461.
- Wachtman J. B., Cannon W. R., Matthewson M. J. Mechanical properties of ceramics. – USA: Wiley. – 2009. – 479 p.
- Chen P. L., Chen I. W. In-Situ Alumina/Aluminate Platelet Composites //Journal of the American Ceramic Society. – 1992. – Т. 75. – №. 9. – С. 2610-2612.
- Бухтиярова М. В. и др. Фазовый состав и текстура Sr (La) Mn-Гексаалюминатов //Кинетика и катализ. – 2009. – Т. 50. – №. 6. – С. 858-863.
- Veselov S.V., Cherkasova N.Y., Timarevskiy R.S. The influence of zirconia powder dispersion technique on microstructure and properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ ceramic // Applied Mechanics and Materials, 2014, vol. 682, pp. 109-112.
- Belousova N., Veselov S., Anufrienko D., Goryainova O. Evaluating the effectiveness axial and isostatic pressing methods of ceramic granular powder. – Applied Mechanics and Materials. - Vol. 698. – 2015. – P. 472-477.
- Веселов С. В. и др. структура и механические свойства керамических материалов системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ //Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2016. – №. 4. – С. 207-217.