

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ИНДЕНТИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННОЙ КЕРАМИКИ

*В.В. ЛАРИЦКИЙ, С.В. МАТРЕНИН*

Томский политехнический университет

E-mail: [msv@tpu.ru](mailto:msv@tpu.ru)

### **Введение**

Для понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, структурные исследования – растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия и ИК-спектроскопия.

Керамика на основе диоксида циркония является весьма перспективным конструкционным и функциональным материалом. Наиболее распространенными методами получения прочной керамики являются методы порошковой технологии. Компактирование можно проводить различными методами. Тем не менее, широкому практическому распространению циркониевой керамики препятствуют сложность и низкая производительность технологий горячего прессования, и, с другой стороны, невысокий уровень механических свойств керамики, получаемой прессованием с последующим спеканием. Поэтому проблема активирования процессов консолидирования керамики имеет важное практическое значение [1].

Оценка механических свойств керамических материалов во многих случаях является проблематичной, поскольку она требует тщательного приготовления соответствующих образцов, что представляет отдельную весьма сложную задачу. В связи с этим, поиск и разработка оригинальных технических методик тестирования керамических материалов имеет чрезвычайно важное научное и практическое значение.

Инденитрование является относительно простым, оперативным и, в сущности, неразрушающим способом испытания материалов. Метод позволяет проводить измерения в весьма малых объемах, что делает его особенно привлекательным для определения механических свойств отдельных фаз, тонких пленок и т.п. [2].

### **Эксперимент**

Целью работы являлось исследование физико-механических свойств конструкционной керамики на основе оксидов циркония и алюминия с применением методики наноинденитрования.

В работе использовались промышленные нанопорошки следующих составов:

1.  $ZrO_2 - 5\% Y_2O_3$
2.  $76\% ZrO_2 - 19\% Al_2O_3 - 1\% Y_2O_3$
3.  $80\% Al_2O_3 - 19\% ZrO_2 - 1\% Y_2O_3$

Данные порошки были получены методом плазмохимического синтеза.

При выполнении работы использовали следующее оборудование:

1. Планетарная шаровая мельница «Активатор 2SL» – для механической активации порошков.
2. Гидравлический пресс – для прессования порошков.
3. Высокотемпературная печь для спекания в окислительной атмосфере.
4. Nano Indenter G 200 – для проведения наноинденитрования и скрэтч-тестинга спеченных образцов.
5. Микроскопический комплекс «Лабомет – М» для изучения поверхности микрошлифов с целью определения пористости спеченной керамики.

В таблице 1 приведены значения модуля упругости, нанотвердости и предела прочности спеченных керамических образцов, полученных с использованием методики наноинденитрования.

Таблица 1 – Результаты наноиндентирования

Состав	$E_{IT}$ , ГПа	$H_{IT}$ , МПа	$\sigma$ , МПа
$ZrO_2 - 5\% Y_2O_3$	226,4	12894	480,7
$ZrO_2 - 5\% Y_2O_3$ (обр. в плазме)	227,5	12012	644,5
80% $Al_2O_3 - 19\% ZrO_2 - 1\% Y_2O_3$	277,9	14387	592,3
76% $ZrO_2 - 19\% Al_2O_3 - 1\% Y_2O_3$	226,9	12867	621,4

### Заключение

Показано, что методика наноиндентирования и скрэч-тестинга является эффективным средством оценки физико-механических характеристик спеченных керамических материалов, обладающим высокой степенью достоверности результатов.

Дополнительная обработка спеченной частично-стабилизированной циркониевой керамики состава  $ZrO_2 - 5\% Y_2O_3$  в азотсодержащей плазме тлеющего разряда приводит к существенному повышению ее прочности. Эффект упрочнения керамики можно объяснить образованием в процессе обработки оксинитридных фаз типа  $Zr(ON)_x$ , который могут являться барьером для распространения закритических трещин.

Оптимальным сочетанием жесткости, твердости и прочности ( $E_{IT}=277,9$  ГПа,  $H_{IT}=14387$  МПа,  $\sigma=592,3$  МПа) обладает керамическая композиция доэвтектического состава 80%  $Al_2O_3 - 19\% ZrO_2 - 1\% Y_2O_3$ , уровень свойств которой превосходит характеристики промышленной режущей микролитовой керамики ЦМ-332.

### Список литературы

1. Шевченко, А.В. Высокотехнологичная керамика на основе диоксида циркония / А.В. Шевченко, А.К. Рубан, Е.В. Дудник // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000, №9. – С. 2-8.
2. Федосов С.А., Пешек Л. Определение механических свойств материалов микроиндентированием: современные зарубежные методики. – Физический факультет МГУ, Москва, 2004 – 100 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ

*ЛИ КУНЬ С.В. МАТРЕНИН*

Томский политехнический университет,  
E-mail: msv@tpu.ru

### Введение

Среди современных функциональных и конструкционных материалов керамика занимает значительную долю, которая обусловлена широким диапазоном ее физических и химических свойств. Глинозем керамика устойчива в условиях высокой температуры, коррозионно-стойкие материалы. Он также является экологически чистыми материалами. Глинозем керамика обладает высокой прочностью, высокой твердостью, высокой износостойкостью превосходными механическими свойствами. Эти свойства, которые он может быть применен ко всем видам обработки механических деталей, металлического покрытия.

В то же время у керамика из оксида алюминия высокой хрупкости, низкое сопротивление трещины свойств распространения материала.

### Эксперимент

Использовали промышленный нанокристаллический оксидный порошок (НП)  $Al_2O_3$ , полученный методом плазмохимического синтеза марки УДПО ВТУ 4-25-90. Размер сфер