

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННОЙ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

¹Ильющенко А.Ф., ¹Шевченко А.А., ²Ульянова Т.М., ²Овсеенко Л.В.,
¹Кашаед Е.А., ²Титова Л.В.

¹ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси»,
г. Минск, Беларусь, E-mail: alexshev56@mail.ru

²ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси»,
г. Минск, Беларусь, E-mail: ulya@igic.bas-net.by

Благодаря высоким значениям физико-механических, электрофизических свойств, отличной химической устойчивости корундовая керамика широко применяется в самых различных областях техники. Электрофизические свойства используются в электроизоляционной, радиоэлектронной и электровакуумной технике для изготовления многих видов изделий. Корунд отличается исключительно высокой химической стойкостью как в отношении кислых, так и щелочных реагентов. Исключительно высокая химическая устойчивость обеспечила широкое распространение этого материала в различных отраслях химической технологии. Прозрачная корундовая керамика используется для панелей ИК-ламп, подложек интегральных схем, окон выводов энергии и во многих других случаях. Пористая корундовая керамика с пористостью до 90% служит хорошим теплоизолирующим материалом при температурах до 1700-1750°C. В последние годы корундовая керамика получила применение в качестве деталей костных имплантатов [1]. Одним из отрицательных свойств корунда является его высокая хрупкость. С целью повышения его пластичности вводят различные добавки: оксид магния, или титана, влияющие на рост его зерен, однако это не решает существующей проблемы. Для повышения коэффициента вязкого разрушения используют высокодисперсный частично стабилизированный диоксид циркония.

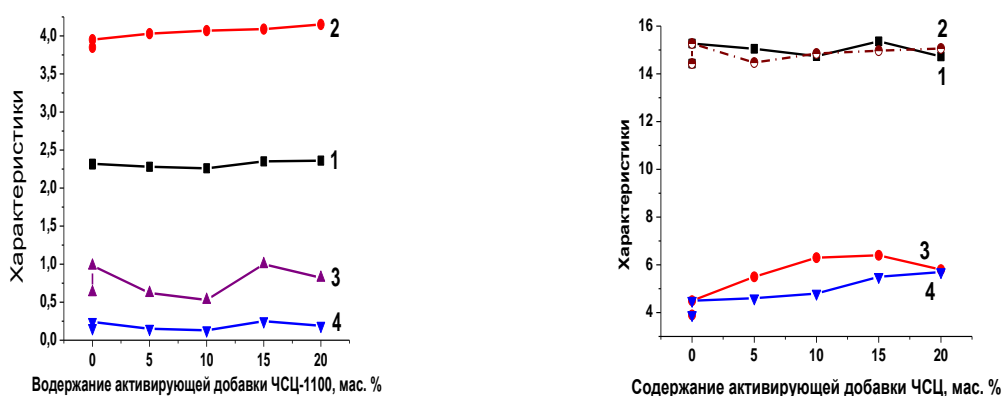
Целью настоящей работы было исследовать возможность повышения физико-механических и, в частности, деформационных характеристик корундовой керамики, полученной из промышленного порошка, путем введения в него активного наноструктурного порошка частично стабилизированного диоксида циркония.

Для получения керамики на основе оксида алюминия была выбрана система: в качестве матрицы – промышленный корундовый порошок М1, содержащий не менее 50% частиц до 1 мкм, и активирующей добавки – специально синтезированный по темплатной технологии наноструктурный волокнистый порошок частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦ), содержащий 5 мас. % Y_2O_3 , термообработанный при температурах 900 и 1100°C. Волокнистые порошки были игольчатой формы, длиной 0,5-1 мкм и состояли из нанозерен тетрагональной фазы (~80%) размером 8-10 нм и моноклинной фазы (~20%) размером 15-20 нм [2].

Соотношение матричного порошка М1 и модификаторов изменялось от (95:5) до (80:20) мас. %. Гомогенизацию и измельчение смеси порошков проводили в планетарной шаровой мельнице с халцедоновыми чашами и корундовыми шарами. Заготовки формовали методом одноосного статического прессования, и отжигали в диапазоне температур 1600-1700°C. У полученных керамических образцов исследовали кристаллическую и микроструктуру, а также определяли плотность, пористость, влагопоглощение, микротвердость, прочность при сжатии и изгибе.

Проведенное исследование показало, что формование, потеря массы и усадка при спекании образцов с добавками протекала аналогично материалам без добавки. При нагревании выше 1100°C происходили твердофазные и диффузионные процессы. Как видно на микрофотографиях наночастицы диоксида циркония располагались в щелеобразных порах между микронными частицами корунда и вызывали в матрице образование регулярной пластинчатой структуры $\alpha-Al_2O_3$. Введенный порошок ЧСЦ изменял микроструктуру материала и повышал его прочностные свойства при изгибе, так например, прочность при изгибе композиционной керамики составляла 590-620 МПа, тогда как у образцов, спеченных из промышленного микронного порошка, она не превышала 250-270 МПа. Следует отметить, что прочность образцов керамики не связана прямо пропорциональной зависимостью с количеством введенного

модификатора. Определенное значение имела температура синтеза порошка ЧСЦ, поскольку с повышением температуры синтеза увеличивались размеры нанозерен оксидов, понижалась удельная поверхность порошка, но возрастала жесткость и прочность его иглообразных частиц. Этот фактор заметно проявлялся при изменении финишной температуры и времени отжига. Наилучшие характеристики прочности были у образцов керамики с добавкой 5% ЧСЦ-900 и 15% ЧСЦ-1100 (отжиг при 1600°C). С повышением температуры обработки до 1700°C и уменьшением времени отжига до 1 ч повышенные показатели прочности были у керамики с добавкой 15% ЧСЦ-900 и 15% ЧСЦ-1100. Изменения физико-химических свойств материалов показаны на рисунке 1.



а)

б)

Рисунок 1 – Влияние активирующей добавки ЧСЦ-1100 на а: кажущуюся плотность сырой (1) и спеченной (2) керамики, 3 – пористость, 4 – влагопоглощение модифицированной керамики; б – микротвердость (1, 2) и коэффициент вязкого разрушения K1с (3, 4) от введения ЧСЦ-900(1,3) и ЧСЦ-1100 (2, 4); спекание керамики выполнялось при 1600°C

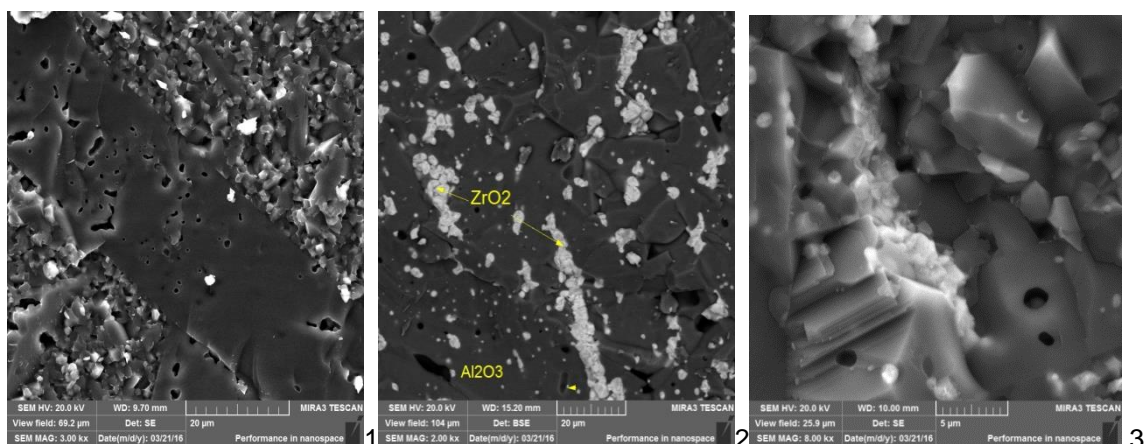


Рисунок 2 – Микроструктура корундовой керамики без добавок – 1 и с добавкой 15 % ЧСЦ-1100 – 2 и 3

Введенные добавки повышали не только прочностные характеристики, но и пластичность материала. На рисунке 3 представлены зависимости деформации образцов композитов, отожженных при 1600 и 1700°C. Наночастицы ЧСЦ не только механически заполняли поровое пространство, но создавали на поверхности крупных частиц корунда промежуточную прослойку, которая при давлении на материал способствовала скольжению частиц друг относительно друга, повышая тем самым коэффициент вязкого разрушения K1с.

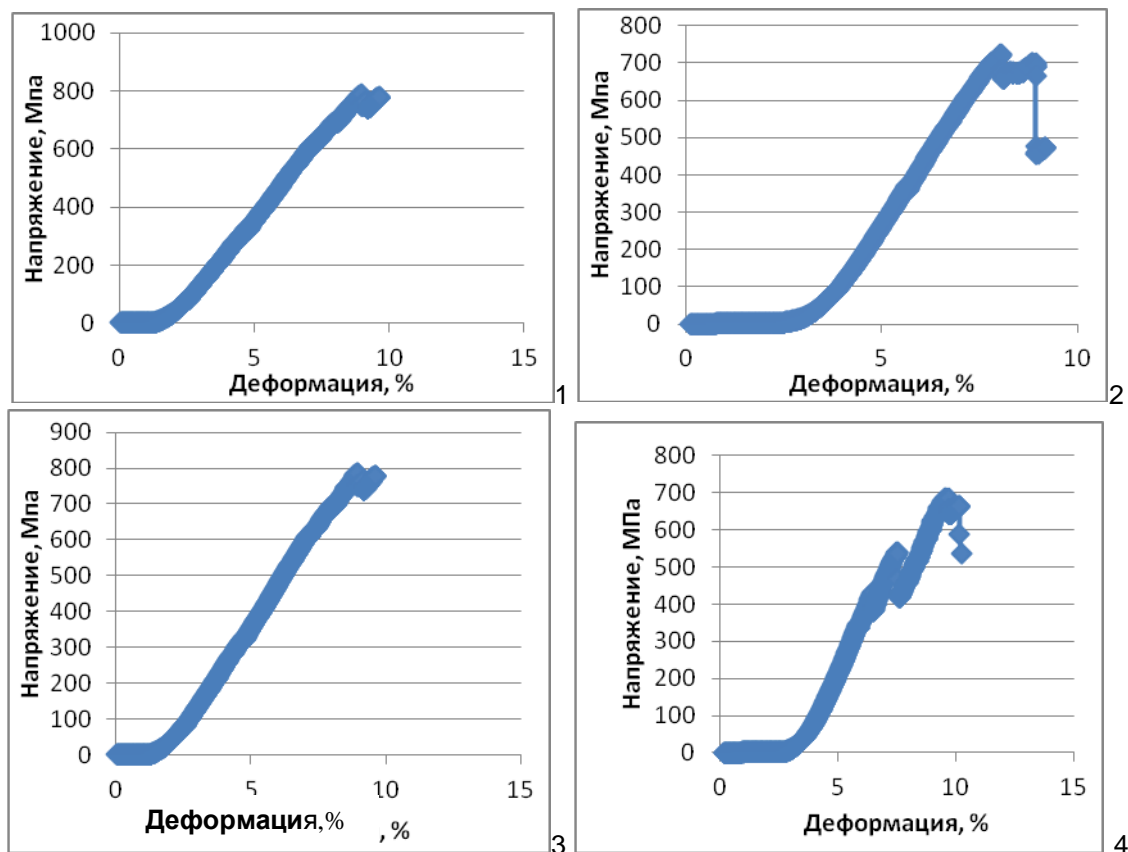


Рисунок 3 – Изменение деформационных характеристик при сжатии образцов корундовой керамики – 1 и композиционной керамики на основе корунда с наноструктурной добавкой: 2 – 5% ЧСЦ-900 (1600°C), 3 – 15% ЧСЦ-900 (1600°C), 4 – 15% ЧСЦ-1100°C (1700°C)

Сочетание наноструктурных наполнителей тугоплавких оксидов с промышленным порошком α -корунда, а также использование современных технологий изготовления и контроля структуры и свойств материалов позволяют получать композиционные керамические материалы с повышенными физико-техническими характеристиками, превышающими показатели в 1,5-2 раза по сравнению с керамикой из промышленных порошков. Полученные материалы обладают свойством псевдопластичности при разрушении и выдерживают более 50 теплосмен при перепаде температур 900/10 °С, что позволяет рекомендовать их как защитные слои и машинные компоненты для работы в чрезвычайных условиях, а также дает возможность сократить импорт дорогостоящих изделий, применяемых в различных отраслях промышленности.

Список литературы:

1. Матренин С.В. *Материаловедение и технологии новых материалов*. Томск, 2009. -24 с.
2. Ульянова Т.М., Витязь П.А., Крутько Н.П., Титова Л.В., Медиченко С.В. / Сб. *Мат. IV Межд. симп. « Пористые проницаемые материалы: технологии и изделия на их основе »* 2011. Минск: Диатех. -С. 384-393.