

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЗЕРНА $ZrO_2(Y_2O_3)$ -КЕРАМИКИ НА ТВЕРДОСТЬ, ВЯЗКОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА В ЗОНЕ ИНДЕНТИРОВАНИЯ*

Т.Ю. Саблина, И.Н. Севостьянова, Г.В. Шляхова

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Методами индентирования определены твердость и вязкость разрушения керамики $ZrO_2 - 5.5 \text{ вес.} \% Y_2O_3$ с размером зерна 0,2, 0,5, 0,9 и 1,55 мкм. Методами атомно-силовой микроскопии исследован деформационный рельеф в зоне индентирования и вблизи, распространяющейся из угла отпечатка трещины в керамике $ZrO_2 - Y_2O_3$ с разным размером зерна. Показано, что размер зерна $ZrO_2(Y_2O_3)$ -керамики оказывает существенное влияние на твердость, вязкость разрушения керамики и формирующийся при индентировании деформационный рельеф. Установлено, что чем больше размер зерна, тем ниже твердость материала и выше его вязкость разрушения. Показано, что с ростом размера зерна керамики средняя высота деформационного рельефа увеличивается с 20 до 140 нм. В образцах керамики с размером зерна 0,5 мкм и выше при индентировании в формирующемся деформационном рельефе образуются зоны с измененным фазовым контрастом. В керамике с размером зерна 0,2 мкм зон с измененным фазовым контрастом не образуется. Ширина зоны с измененным фазовым контрастом, измеренная вблизи угла отпечатка в области распространения трещины увеличивается с 0,6 до 1,7 мкм, что коррелирует с размером зерна исследуемой керамики. При этом количественный анализ показал, что доля рельефа с измененным фазовым контрастом увеличивается с 11% в керамике с размером зерна 0,5 мкм до 27% в керамике с размером зерна 1,55 мкм, что связано с трансформационным превращением, происходящим в керамике при индентировании.

Ключевые слова: диоксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, атомно-силовая микроскопия, механические свойства, твердость по Виккерсу, вязкость разрушения.

Введение

Использование керамики из диоксида циркония, стабилизированной 3 мол.% иттрия (3Y-TZP), не только как конструкционного материала, но и в медицинском материаловедении в качестве материалов для реконструктивной ортопедии и стоматологии оказалось чрезвычайно успешным [1]. Успех ее использования во многом обусловлен отличными механическими свойствами (высокими значениями твердости, прочности и трещиностойкости) [2–4]. Сочетание высоких значений прочности и вязкости разрушения материала обусловлено уникальным механизмом трансформационного фазового перехода, когда тетрагональная (*t*) фаза в полях внутренних напряжений превращается в моноклинную (*m*) [5–7]. При $t \rightarrow m$ -превращении происходит локальное увеличение объема на 3–4%, что приводит к возникновению сжимающих напряжений, препятствующих распространению трещины [5, 6]. Основным подходом в получении Y-TZP-керамики с высокими механическими свойствами является стабилизация высокотемпературной тетрагональной фазы при комнатной температуре и контролируемый размер зерна. В работах [3–5] было установлено, что условия спекания, такие как температура и продолжительность спекания, сильно влияют на размер зерна, фазовый состав и распределение стабилизатора в циркониевой керамике. В настоящее время общепризнано, что размер зерна в Y-TZP оказывает сильное влияние на упрочнение при превращении [3–5, 8]. Более того, способность к трансформационному превращению 3Y-TZP напрямую связана с размером зерна, чем крупнее зерна тетрагональной фазы, тем больше склонность к мартенситному превращению в стабильную моноклинную структуру под воздействием нагрузки, что, следовательно, и повышает вязкость материала [8]. В литературе предложено несколько методов определения трещиностойкости керамики, среди которых, благодаря простоте и низкой стоимости, определение вязкости разрушения при вдавливании по Виккерсу (VIF) является одним из самых популярных методов оценки K_{IC} [9, 10]. Метод основан на измерении длины трещин, образующихся в четырех углах отпечатка от индентора Виккерса на хорошо отполированной поверхности образца при заданной приложенной нагрузке. В зависимости от типа образующихся при индентировании трещин существует множество эмпирических уравнений для расчета значений K_{IC} с использованием метода VIF [3, 11–13]. Мартенситную природу трансфор-

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, темы номера FWRW-2021-0011, FWRW-2021-0005.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>