

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ КЕРАМИКИ КАРБИДА БОРА НА МИКРОТВЁРДОСТЬД.И. Омельченко, А.С. Ащепкова, А.С. Жакинбекова

Научный руководитель: инженер-исследователь, к.ф.-м.н. З.Г. Бикбаева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: d.omelchenko.i@gmail.com

AFTEREFFECT AT MICROHARDNESS TESTING OF BORON CARBIDE CERAMICSD.I. Omelchenko, A.S. Ashepkova, A.S. Zhakinbekova

Scientific Supervisor: Reseach engineer, Cand. Sci. (Phys. – Math.) Z.G. Bikbaeva

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

E-mail: d.omelchenko.i@gmail.com

B₄C ceramic samples were obtained by SPS sintering powder of submicron (0.8 μm) in size with the addition of 10 wt. % nanopowder. It was found that the cleavage near indenter print can occur for a long time after the load is removed.

Твёрдые тела в основном с ковалентными и ионными связями (керамики, стёкла, полупроводники), как правило, хрупкие при комнатной температуре. В этих образцах наблюдается большое соотношение твёрдости к модулю продольной упругости H/E , например, в кремнии $H/E \approx 0.08$ [1]. В керамических образцах карбида бора с добавками нанопорошков карбида бора в количестве 1 мас.%, 5 мас.%, 10 мас.% H/E достигают соответственно значений 0.06; 0.078; 0.089 [2]. Хрупкость керамических образцов приводит при контактных явлениях, например, при индентировании поверхности образцов остроконечным индентором, к разрушению поверхности и сколам. Сколы поверхности образцов могут образовываться сразу после снятия нагрузки индентирования или через некоторое время. Последствие при индентировании связано с кинетическим характером процесса откольного разрушения. Если трещины возникают под поверхностью, то плоскость их может быть ориентирована произвольно поверхности (обычно перпендикулярно направлению растягивающего напряжения), а фронт можно представить эллипсом. В точке соприкосновения острого индентора с полупространством материала всегда возникает локальная зона пластической деформации, являющаяся источником образования зародышевых трещин. Под действием растягивающих напряжений они начинают развиваться. При снятии нагрузки происходит смыкание трещины, но не заживление её. Дальнейшее уменьшение нагрузки приводит к возникновению боковых трещин. Полное снятие нагрузки ведёт к расширению боковых трещин и возможному выходу их на поверхность [3]. Растягивающие напряжения действуют в течение некоторого времени, при котором развиваются и накапливаются микроповреждения в материале керамики [4].

Целью настоящей работы является исследование последствия при индентировании поверхности керамики карбида бора.

Материал и методика исследований. Для изготовления керамики использовали смесь порошко-основы карбида бора со средним размером частиц 0.8 мкм с добавлением 10 мас.% нанопорошка карбида

бора (PlasmaChem GmbH, Германия) со средним размером частиц 40 нм. Порошок-основа получен диспергированием промышленного порошка карбида бора марки М-7 (ГОСТ 3647-80) на пневматическом циркуляционном аппарате. Из полученной смеси в Нано-Центре Национального исследовательского Томского политехнического университета на установке SPS 515S (SPS SYNTEX INC) изготавливались образцы в форме таблетки диаметром 14 мм и высотой 1.5 мм при температуре $T_{сн}$ 1950 °С и 2050 °С, давлении подпрессовки 30 МПа и 85 МПа, соответственно, и длительности спекания 5 мин. Остаточная пористость полученных образцов составляла от 2.4 до 7.5 %.

Результаты исследования и их обсуждение. Измерения микротвёрдости HV и твердости образцов проводили соответственно на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузках P до 4.9 Н и твердомере ТП-7Р-1 (при нагрузках 49÷294.3 Н) на полированных поверхностях. Индентирование проводили при комнатной температуре на воздухе при обычной влажности. Нанесение отпечатка, выдержку и снятие нагрузки проводили стандартным методом в течении 30-40 секунд. Изображения локального разрушения поверхности вокруг отпечатка индентора в керамиках получали с помощью микроскопа микротвердомера и фотокамеры VEC-315, соединённой с компьютером. Исследования морфологических особенностей (СЭМ-изображения) проводили на микроскопе JSM-7500FA (JEOL, Япония).

Микроструктуру и топографию поверхности сколов образцов керамики после индентирования изучали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, микроскоп JEOL JSM-7500FA).

Дополнительно поверхность разрушения керамик изучали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) с использованием прибора NT-MDT Nanoeducator (Россия). Профили глубины сколов поверхности определяли на интерферометре Линника МИИ-4. Для определения характера и величины отслоения (вспучивания) или места откола (углубления) поверхности образца измерялась величина смещения интерференционных полос на поверхности керамики вне области деформации от укола индентора и в исследуемой точке деформированной поверхности.

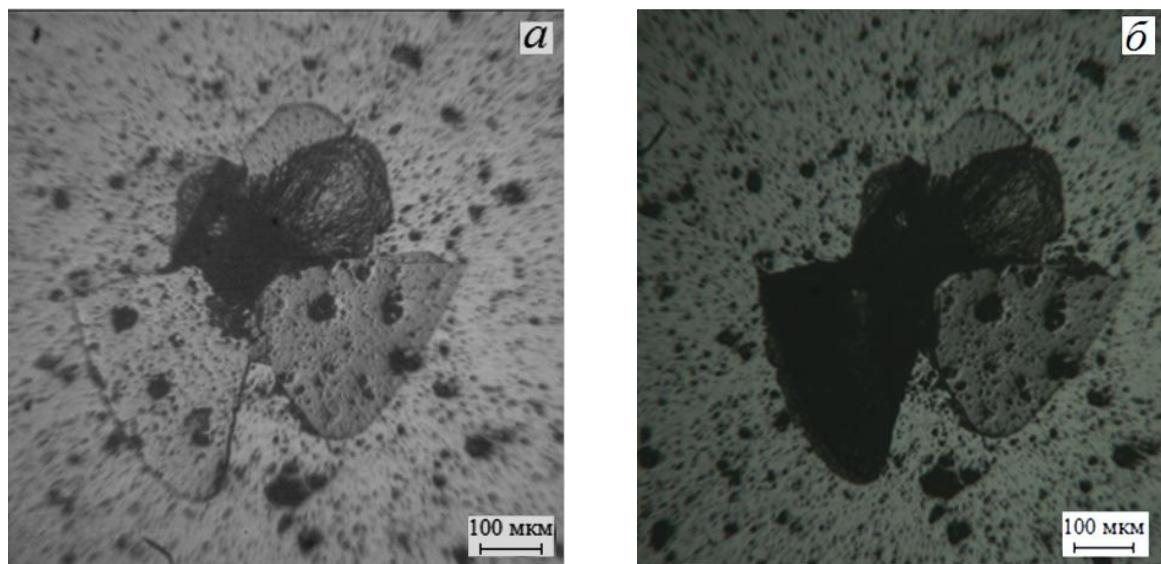


Рис. 1. Изображения локального разрушения поверхности вокруг отпечатка индентора керамики V_4C с 10 мас.% нанодобавкой при нагрузке $P = 196.2$ Н:

- а) – непосредственно после индентирования;
- б) – через несколько часов после индентирования.

Как видно из сравнения рисунков, картина локального разрушения со временем, прошедшим после индентирования, изменяется: вместо светлого (вспученного) участка разрушения появился темный участок (такого же очертания как светлый), что свидетельствует об окончательном отрыве светлого «лепестка» от поверхности образца.

Методом СЭМ были исследованы области откольного разрушения, дающие информацию о морфологических особенностях разрушений при образовании сколов в исследуемой керамике (рис.2). На рис.2,а видно, что области сколов сосредоточены между радиальными трещинами, идущими от углов отпечатка, поверхность разрушения при отколе сравнительно гладкая, толщина отколовшегося слоя неоднородна по высоте. Под индентором (рис. 2,б) видны фрагменты разрушения: зёрна, их агломераты и другие структурные элементы.

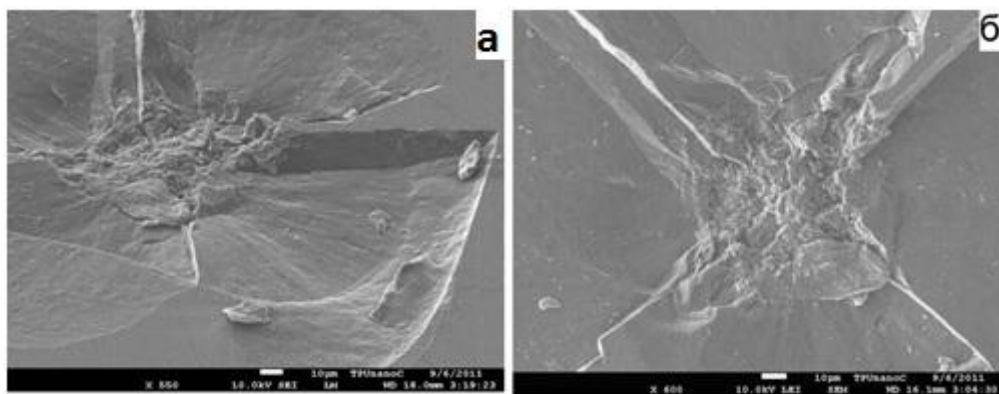


Рис.2. Изображение поверхности разрушения керамики V_4C , полученное а) методом СЭМ, б) методом СЭМ под уколom индентора.

Выявлено: образование сколов вокруг отпечатка индентора сразу или в течение некоторого времени после индентирования; дальнейшее последствие приводит к изменению в этих сколах. А именно, обнаружено, что зона деформации не увеличивается, но изменения проходят в самой зоне: наблюдается откол вспученной при деформации поверхности (некоторые деформированные участки образца откалываются от его поверхности через длительное время после индентирования).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lawn B.R., Hockey B.R., Richter H. Indentation analysis: applications in the strengths and wear of brittle materials // Journal of Microscopy. – 1983. – V.130. – Pt. 3. – P. 295-308.
2. Хасанов О.Л. Характер разрушения поверхности керамики V_4C при локальном нагружении // Физика и химия обработки материалов. 2013. – № 2. – С. 41-47.
3. Морозов Е.М., Зернин М.В. Контактные задачи механики разрушения. – М.: Машиностроение, 1999. – 544 с
4. Стокс Р.Дж. Микроскопические аспекты разрушения керамики // В сб. Разрушение. – М.: «Мир» /под. ред. Г. Либовец. 1976. – Т. 7. – Часть 1. – С. 8-299.