

УДК 666.3

ИЗНОС КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ В ПАРЕ СО СТАЛЬЮ: РОЛЬ РАЗМЕРА ЗЕРНА

© Канд. физ.-мат. наук Г.Я. Акимов, Э.В. Чайка, канд. физ.-мат. наук Г.А. Маринин

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины

Представлены результаты экспериментов по изучению износа Y-ЧСДЦ-керамики с разным размером зерна в условиях сухого трения скольжения в паре с закаленной сталью. Показано, что при одинаковой плотности образцов износ керамики со средним значением размера зерна, равным 0,15–0,20 мкм, был в 30 раз меньше, чем износ керамики со средним размером зерна 0,5–0,8 мкм. Установлено, что наблюдаемый эффект связан с тем, что в керамике с размером зерна 0,15–0,20 мкм сдвиговые напряжения, возникающие при трении, не вызывают превращения тетрагональной фазы в моноклинную, а в керамике с размером зерна 0,5–0,8 это превращение происходит.



Акимов Г. Я.
руководитель
отдела
технической
керамики ДонФТИ

Введение

Ранее в работе [1] было показано, что пористая (плотность 95 % от теоретической) Y-ЧСДЦ-керамика при сухом трении скольжения в паре с закаленной сталью изнашивается существенно меньше, чем спеченная до плотности 99 % от теоретической. Обе керамики в работе [1] спекались при температуре 1500 °С. Кроме того, в работе [2] было показано, что спекание Y-ЧСДЦ-керамики при температуре 1350 °С позволяет получить материал с размером зерна 0,2–0,3 мкм, в то время как спекание при температуре 1500 °С приводит к тому, что размер зерна в керамике равняется 0,4–0,8 мкм.

В данной работе излагаются результаты исследования влияния температуры спекания (размера зерна) на скорость износа керамики при ее сухом трении скольжения о закаленную сталь. При этом плотности керамических образцов, спеченных при разных температурах, были одинаковыми и равнялись 99 % от теоретической.

Методика, материалы и результаты эксперимента

Схема и условия эксперимента, использованные в данной работе, такие же, как и в работе [1]. Керамические образцы изготавливались из порошка ZrO_2 – 3 мол. % Y_2O_3 с использованием холодного изостатического прессования дав-

лением до 0,8 ГПа. Спекание заготовок образцов производилось при двух температурах 1350 и 1500 °С (далее образец 1 и 2 соответственно). Проведенный рентгенофазовый анализ (РФА) показал, что образец 1 на 100 % состоял из зерен, находящихся в тетрагональной (Т) фазе, а образец 2 — на 20 % из зерен в кубической (К) фазе и на 80 % в Т-фазе. В процессе истирания периодически опыт останавливался, взвешиванием на аналитических весах определялась потеря массы керамического образца. Результаты измерения скорости износа приведены на рис. 1. По истечении суммарного времени истирания, равного 200 мин, опыт был прекращен. После чего был проведен РФА поверхности, которая подвергалась истиранию. Обнаружено, что фазовый состав образца 1 не изменился, а в образце 2 появилась моноклинная (М)

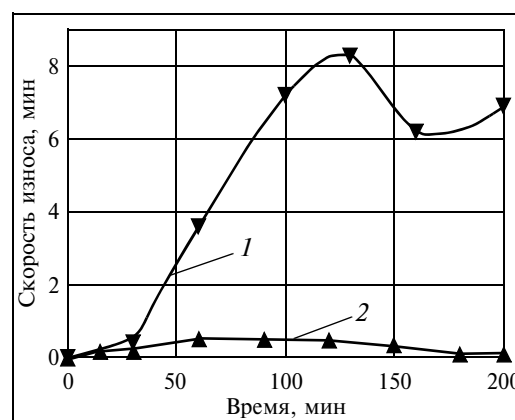


Рис. 1.
Зависимость скорости износа от времени трения:
1 — размер зерна до 0,8 мкм;
2 — размер зерна до 0,2 мкм

Рис. 2.

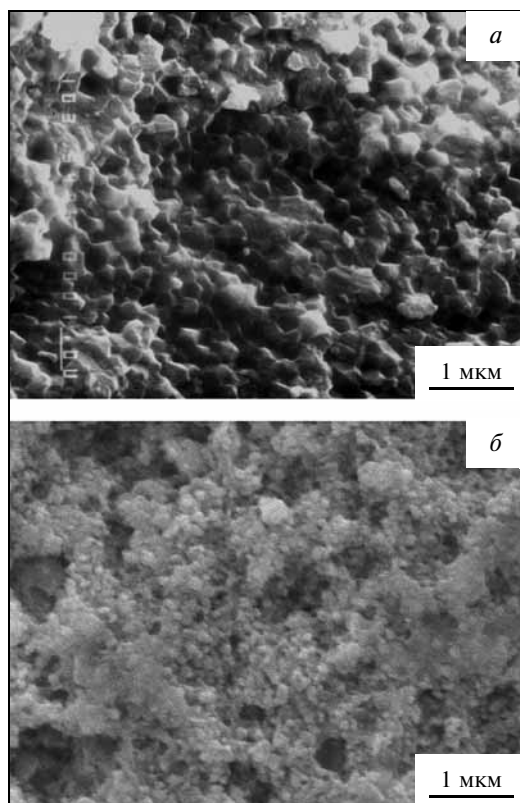
Растровые микрофотографии сколов керамики:

а — спеченной

при 1500 °С;

б — спеченной

при 1350 °С



фаза. С использованием растровой электронной микроскопии были сделаны микрофотографии сколов керамических образцов-свидетелей, изготовленных так же, как образцы для истирания (рис. 2). Видно, что размер зерна образца 1 равен 0,15–0,20 мкм, а размер зерна образца 2 — 0,5–0,8 мкм.

Обсуждение

Объяснение полученного результата будет базироваться на предположении о том, что потеря массы при трении обусловлена тем, что сдвиговые напряжения, возникающие при трении, могут инициировать механически активированное $T \rightarrow M$ -превращение, которое, как известно, происходит с увеличением объема на 9 % [3]. Такое предположение базируется на том, что твердость стали

равна 8,8 ГПа, а твердость Y -ЧСДЦ-керамики — 12,3 ГПа, а это значит, что твердость керамики была существенно выше твердости стали. Зерна, в которых произошло превращение, за счет того, что они возвышались над поверхностью трения образца, ликвидируются при трении. Наличие M -фазы на поверхности трения образца 2 является свидетельством того, что в нем трение вызывало $T \rightarrow M$ -превращение и как следствие больший износ. Таким образом, отсутствие $T \rightarrow M$ -превращения на поверхности трения образца 1 объясняет очень малый износ этой керамики. Вероятно, это обусловлено тем, что при данном постоянном содержании оксида-стабилизатора (ионы иттрия) уменьшение размера зерна увеличивает устойчивость-стабильность T -фазы при нагрузках, использованных в данном опыте.

Выводы

Принято считать, что наноструктурное состояние твердого тела прежде всего характеризуется резким скачком какого-либо свойства при уменьшении размера какого-либо элемента структуры этого материала. В данном случае уменьшение размера зерна от 0,80 до 0,15 мкм и, естественно, уменьшение толщины границы зерна (содержание примеси, образующей границу зерна по понятным причинам оставалось постоянным) привело к снижению скорости износа в 30 раз. Следовательно, спекание порошков ZrO_2 — 3 мол. % Y_2O_3 при 1350 °С позволяет получить нанокристаллическую керамику с уникально низким износом при сухом трении скольжения в паре с закаленной сталью.

Авторы выражают благодарность А.Ю. Ковалю за то, что благодаря его усилиям были получены микрофотографии сколов образцов керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чайка Э.В., Акимов Г.Я., Тимченко В.М. Износ керамики на основе диоксида циркония в условиях сухого трения скольжения в паре со сталью: роль пористости // Огнеупоры и техническая керамика. 2005. № 9. С. 10–12.
2. Акимов Г.Я., Тимченко В. Механические свойства керамики, изготовлен-

ной из нанокристаллического порошка ZrO_2 — 3 мол. % Y_2O_3 // Огнеупоры и техническая керамика. 2003. № 10. С. 6–9.

3. Стрекаловский В.Н., Полежаев Ю.М., Польгуев С.Ф. Оксиды с примесной разупорядоченностью: состав, структура, фазовые превращения. — М.: Наука, 1987. — 160 с.