

УДК 666.3-16, 666.3.017

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ КЕРАМИКИ ИЗ ЧАСТИЧНО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИЯ

© Канд. техн. наук Э.В.Чайка

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

Исследован процесс трения без смазки о сталь и состояние поверхности керамики из частично стабилизированного диоксида циркония. Показано, что при трении на поверхности керамических образцов наблюдается возникновение периодических трещин, расположенных перпендикулярно направлению скольжения образцов. Обнаружено, что с течением времени скорость изнашивания керамики увеличивается, а расстояние между трещинами уменьшается. Выяснено, что причиной увеличения скорости изнашивания является переход к абразивному изнашиванию в результате насыщения поверхности контртела продуктами износа керамики. Это происходит вследствие интенсивной деструкции поверхности образцов из-за деградации свойств керамики при трении.

Введение

Известно, что при трении без смазки о сталь керамики из частично стабилизированного диоксида циркония скорость изнашивания керамического материала через некоторый промежуток времени резко возрастает [1]. Зависимость износа от времени при медленном и при интенсивном изнашивании линейная. Время начала интенсивного изнашивания керамики зависит от свойств и режима трения керамики. Увеличение скорости трения и давления прижима керамики к контртелу уменьшает время перехода к интенсивному изнашиванию. В данной работе представлены результаты исследования причин увеличения скорости изнашивания керамики из частично стабилизированного диоксида циркония в системе $ZrO_2 - 3 \text{ мол. \% } Y_2O_3$.

Материалы и методика

Эксперименты проводили на керамике, изготовленной из порошка TZ-3Y производства Tosoh Co (Япония). Были

получены два материала, свойства которых приведены табл. 1. Образцы керамики изготавливали с помощью холодного изостатического прессования давлением 0,3 ГПа и спекания на воздухе при температуре $T = 1500^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. Для увеличения трещиностойкости второго материала часть образцов подвергали термической обработке в соответствии с работой [2].

Плотность ρ керамических образцов определяли методом гидростатического взвешивания, прочность σ_F — методом трехточечного изгиба. Твердость H_V и трещиностойкость K_{IC} измеряли методом микроиндентирования.

Образцы для истирания изготавливали в виде цилиндров высотой 4 мм и диаметром 8 мм. Поверхность трения образцов перед экспериментом шлифовали и полировали. При трении в качестве контртела использовался шлифованный диск из стали 40XH, закаленный до твердости 55HRC. Через каждые 30 мин трения поверхность контртела перешлифовывалась. Скорость скольжения керамического образца по стали равнялась 2,5 м/с. Движение осуществлялось по окружности диаметром 100 мм. Давление прижима керамического образца к контртелу равнялось 1,4 МПа. Износ образцов определяли микрометрированием через каждые 30 мин трения. Расстояние между микротрещинами на поверхности образцов из-

Таблица 1. Свойства керамики

Керамика	Плотность, g/cm^3	Прочность σ_F , МПа	Твердость H_V , ГПа	Трещиностойкость K_{IC} , МПа $\cdot m^{1/2}$
1	6,07	1000	12,6	13
2	6,04	1550	12,3	6

меряли с помощью оптического микроскопа. Глубину распространения микротрещин определяли с помощью микрометрирования образцов при постепенном шлифовании поверхности до полного исчезновения трещин.

Результаты и обсуждение

При периодическом трении о сталь керамики в системе ZrO_2 —3 мол. % Y_2O_3 наблюдается линейная зависимость износа w от времени t , состоящая из двух участков (рис. 1). На первом участке скорость изнашивания i — низкая (1–2 мкм/мин). На втором она увеличивается в несколько раз и достигает значений 10–20 мкм/мин, наблюдаемых при трении керамики по керамике.

Изучение поверхности трения керамических образцов показывает, что при низкой скорости изнашивания, в начале эксперимента, наблюдается перенос материала контртела на керамику. В результате поверхность трения образцов покрывается черным налетом оксида железа. Одновременно наблюдается возникновение сетки трещин, рост и объединение которых приводит к отслаиванию фрагментов поверхности керамики (рис. 2).

При интенсивном изнашивании вид поверхности трения керамических образцов меняется (рис. 3). Налет, образованный материалом контртела, исчезает. Изменяется механизм изнашивания. Отслаивание частиц поверхности сменяется абразивным изнашиванием, о чем свидетельствует появление на образцах продольных царапин. При этом высокая скорость изнашивания приводит к непрерывному обновлению поверхности керамики.

Причиной наблюдаемой смены механизма изнашивания является образование на стальной поверхности контртела абразивного слоя из продуктов износа керамики. Поскольку твердость исследуемого керамического материала выше твердости стали, то насыщение (шаржирование) поверхности контртела частицами керамики, выступающими в качестве абразива, приводит к микрорезанию поверхности образцов и способствует увеличению скорости изнашивания.

Шаржирование поверхности контртела лишь отчасти объясняет причину возникновения интенсивного изнаши-

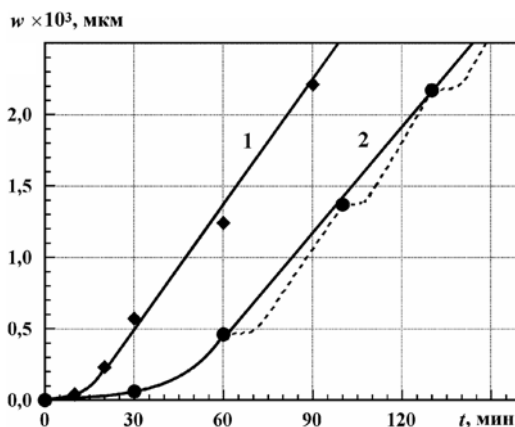


Рис. 1. Зависимость линейного износа w образцов от времени трения t

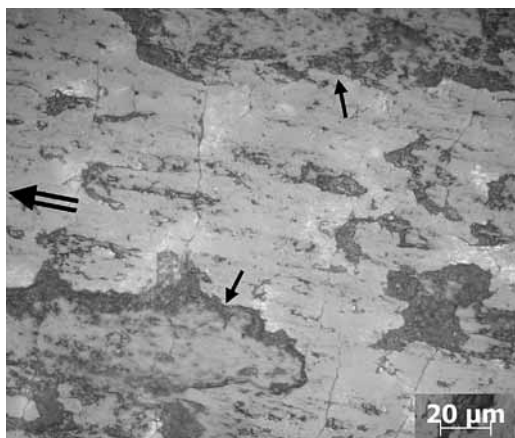


Рис. 2. Поверхность трения керамики при низкой скорости изнашивания (стрелками указаны следы отслаивания частиц керамики. Направление трения указано двойной стрелкой)

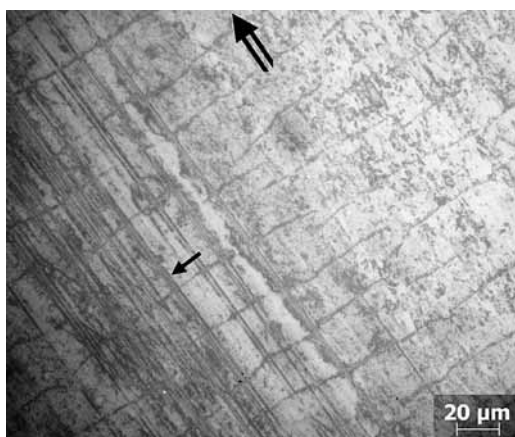


Рис. 3. Поверхность трения керамики при высокой скорости изнашивания (стрелками указаны следы абразивного износа керамики. Направление трения указано двойной стрелкой)

вания. Дело в том, что поверхность контртела в эксперименте периодически, через каждые 30 мин, обновлялась, а скорость изнашивания, тем не менее, оставалась высокой. Следовательно, причина возникновения наблюдаемого явления в другом. Можно предположить, что в процессе трения, на стадии медленного изнашивания, происходит постепенное изменение и деградация свойств керамики. При этом снижается

износостойкость керамики и увеличивается скорость деструкции материала. В результате, при трении по обновленной поверхности контртела происходит быстрое насыщение поверхности контртела частицами износа керамики, которые способствуют повышению скорости изнашивания. Таким образом, на каждом 30-минутном отрезке увеличение износа происходит не линейно, а в соответствии с пунктирной линией (см. рис. 1). Наблюдаемый при этом небольшой, в течение 3—5 мин, начальный период трения с низкой скоростью изнашивания соответствует формированию абразивного слоя на поверхности контртела.

Как известно, при трении на поверхности керамических образцов могут возникать периодические трещины, расположенные перпендикулярно направлению трения [2, 3]. В нашем эксперименте такие трещины возникали в начале трения при медленном изнашивании и сохранялись в материале при интенсивном изнашивании (см. рис. 1, 2). Измерение

расстояний между трещинами показало, что на стадии интенсивного изнашивания при повышении скорости изнашивания частота расположения трещин уменьшается (рис. 4). Следует заметить, что при шлифовании этих керамических образцов алмазным инструментом трещины на их поверхности отсутствовали. Не образовывались они и при трении исходного керамического материала о шаржированную поверхность контртела. Даже если трещины в этих процессах и зарождались, то скорость удаления материала с поверхности образцов была такова, что они не успевали прорасти. Поэтому можно предположить, что уменьшение частоты расположения трещин при увеличении скорости изнашивания связано с тем, что неглубокие трещины удаляются, а новые не возникают.

Измерения показали, что в первом материале глубина трещин вначале эксперимента при низком износе не превышает 20 мкм. При переходе к интенсивному изнашиванию глубина трещин увеличивается и достигает 40 мкм.

Истирание образцов о шаржированную поверхность сопровождалось повышением температуры поверхности контакта и искрением. Температура поверхности трения после 30 мин трения достигала 100 °С. В случае принудительного снижения температуры контактной поверхности, например в результате уменьшения времени непрерывного трения до 5 мин, наблюдалось снижение скорости изнашивания (рис. 5). При этом снова, как и в начале эксперимента, наблюдался перенос материала контртела на керамику. При последующем увеличении времени трения до 30 мин скорость изнашивания опять увеличивалась. В ранее проведенных экспериментах [4] на керамике с меньшим размером зерна (180 нм) искрение не наблюдалось, температура поверхности трения была ниже, интенсивный износ материала не наблюдался.

Выводы

Эксперименты показали, что увеличение скорости изнашивания керамики из диоксида циркония при трении о сталь происходит в результате насыщения поверхности контртела продуктами износа. Происходит переход от усталостного изнашивания к абразивному.

Рис. 4. Зависимость расстояния между трещинами L от скорости изнашивания i

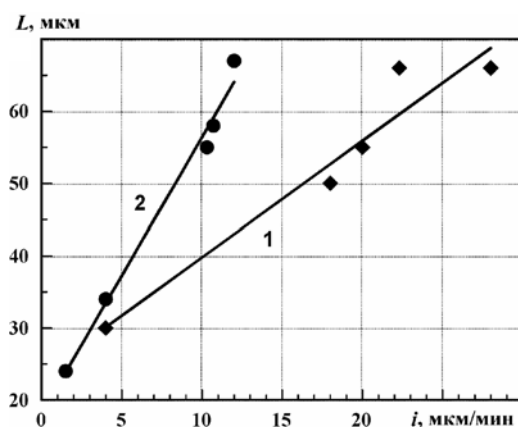
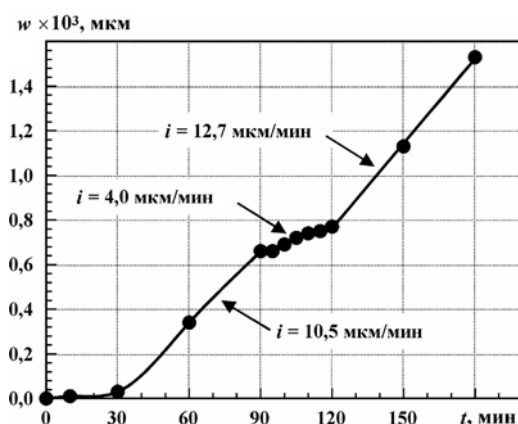


Рис. 5. Изменение скорости изнашивания i при изменении времени непрерывного трения



Причиной этого является рост трещин и деструкция поверхности керамических образцов, вызванная интенсивной деградацией свойств керамики при трении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Chen Y.M., Rigaut B., Armanet F.* Wear Behaviour of Partially Stabilized Zirconia at High Sliding Speed // J. Eur. Ceram. Soc. 1990. № 6. P.383—390.
2. *Conoci S., Melandri C., De Portu G.* Wear of 3Y-TZP Containing Compressive Residual Stresses at the Surface // J. Mat. Sci. 1999. № 34. P. 1009—1015.
3. *Савченко Н.Л., Королев П.В., Тарасов С.Ю., Кульков С.Н.* Структурные изменения поверхности трения и износостойкость керамики $ZrO_2-Y_2O_3$ // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. Вып. 11. С. 29—35.
4. *Акимов Г.Я., Чайка Э.В., Маринин Г.А.* Износ керамики на основе диоксида циркония в условиях сухого трения скольжения в паре со сталью: роль размера зерна // Огнеупоры и техническая керамика. 2006. № 6. С.19—20.

С 10 по 12 декабря 2008 г.

Национальный Объединенный Совет предприятий стекольной промышленности «СТЕКЛОСОЮЗ», ОАО «ГАО «ВВЦ»

При поддержке Российского Союза строителей, Торгово-промышленной Палаты России и ЗАО «СтеклоСтройКорпорации» проводят в г. Москве на ВВЦ в павильоне № 69 8-ю выставку-ярмарку

«СтеклоЭкспо-2008»

ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕМАТИКА

1. Производство стекла и его промышленная переработка

- ✓ Стекло листовое, полированное, оконное, зеркальное, витринное
- ✓ Тарное стекло. Машины и оборудование для производства тарного стекла
- ✓ Стекло зеркальное, армированное, бронестекло, триплекс
- ✓ Стекло тонированное, рефлекторное, К-стекло, Е-стекло
- ✓ Стеклоблоки. Строительные материалы на основе стекла
- ✓ Силикатная глыба, жидкое стекло
- ✓ Стекловолоконное волокно, стеклоткани, стеклопластики
- ✓ Машины, станки и оборудование для производства стекла и его обработки
- ✓ Сырье для производства стекла, полуфабрикаты
- ✓ Вспомогательное оборудование, инструменты, материалы
- ✓ Контрольно-измерительное, регулирующее оборудование
- ✓ Упаковочные материалы, машины, оборудование и изделия
- ✓ Стеклоизоляторы
- ✓ Стеклокерамические изделия
- ✓ Тонирующие и ударопрочные пленки
- ✓ **Огнеупорные материалы и изделия. Технологии и производство огнеупоров**
- ✓ Инструменты для стеклообработки. Алмазный инструмент
- ✓ Оборудование для сбора и переработки стеклоотходов

2. Применение стекла в строительстве, промышленности, на транспорте и в быту

3. Инфраструктура для производства стекольной продукции

- ✓ Научно-исследовательские работы
- ✓ Инжиниринг, консалтинг
- ✓ Образование
- ✓ Специальные издания
- ✓ Инвестиции
- ✓ Лизинг
- ✓ Ресурсосберегающие технологии
- ✓ Экология и утилизация отходов
- ✓ Спецдежда, охрана труда
- ✓ Строительно-монтажные работы