

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Алисин В.В.

Ключевые слова: кристаллы, диоксид циркония, коэффициент трения, механические свойства, твердость, трибологические испытания.

Аннотация. Разработка новых материалов актуальна для повышения ресурса машин. В статье экспериментально исследуются при сухом трении по стали изменения коэффициента трения наноструктурированных кристаллов диоксида циркония в интервале скоростей 0,7-1,7м/с. Полученные результаты открывают возможность обеспечения надежной работы шарниров приводов в условиях трения без смазки.

EFFECT OF SLIDING SPEED ON TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ZIRCONIUM DIOXIDE CRYSTALS

Alisin V.V.

Keywords: crystals, zirconium dioxide, coefficient of friction, mechanical properties, hardness, tribological tests.

Abstract. The development of new materials is relevant to improve the life of machines. In article are investigated experimentally under dry friction against steel changes the friction coefficient of nanostructured crystals of zirconium dioxide in the velocity range of 0.7-1.7m/s the results Obtained open the possibility to ensure reliable operation of the joints of the actuators in conditions of friction without lubrication.

Современные машины и механизмы включают в себя большое количество различных трибосопряжений, которые дают возможность этим машинам совершать различной сложности кинематические движения и выполнять полезную работу. Процессы, развивающиеся в зонах контакта трибосопряжений, относятся к области физико-химической механики контактного взаимодействия деформируемых твердых тел в присутствии смазочных материалов и внешней газовой среды. Изучение этих процессов осложняется тем, что они протекают в закрытых, чрезвычайно малых по размерам ($10^{-3} - 10^{-1}$ мм) площадках фактического контакта твердых тел, во временных отрезках порядка $10^{-3} - 10^{-6}$ с, при температурах до 1000°C и выше. Степень влияния этих процессов на работоспособность машин исключительно велика и выражается через основные интегральные показатели качества машин – КПД и ресурс их работы.

Качество узлов трения в значительной мере зависит от материалов, из которых они изготавливаются. Материалы триботехнического назначения должны сочетать в себе высокую поверхностную прочность с пластичностью, достаточно высокие теплофизические свойства для обеспечения эффективного отвода тепла из зоны фрикционного контакта. Они должны также обладать по возможности высокой конструктивной удельной прочностью σ_b/γ , где σ_b и γ – предел прочности при разрыве и удельный вес материала соответственно. Особое место принадлежит керамикам на основе

диоксида циркония, обладающих набором уникальных механических и физико-химических свойств и, в том числе, наиболее высокой из известных керамических материалов вязкостью разрушения [1]. Технология управляемого синтеза нанокристаллического материала [2] нового поколения на основе частично стабилизированного диоксида циркония (кристаллов ЧСЦ) существенно отличается от традиционных способов получения керамик методами порошковой металлургии. Она позволяет создавать практически беспористые материалы, обладающие высокой вязкостью разрушения, а значит и более высокими триботехническими свойствами.

Цель работы изучить влияние скорости скольжения на коэффициент трения кристаллов ЧСЦ при скольжении без смазки по стали 40Х в интервале 0,7 – 1,7 м/с.

Материалы и оборудование. Исследовались образцы монокристаллов на основе диоксида циркония с содержанием стабилизирующей добавки Y_2O_3 2,8% (мол.%). Образцы подвергались отжигу при температуре 1600 °С в течение 5 часов при давлении внешней среды 0,133 Па (10^{-3} мм. рт.ст.). Образцы вырезались из монокристаллов ЧСЦ, выращенных со скоростью роста кристалла 10 мм/час, с ориентацией кристаллографической оси 001 по длине образца.

В качестве модельного узла трения принимается сопряжение диск-палец. Указанная схема трения часто применяется в трибологических испытаниях и позволяет использовать испытательную установку (УМТ-1); упрощает изготовление образцов для испытаний, что особенно важно для трудно обрабатываемых кристаллических материалов на основе диоксида циркония; обеспечивает постоянство средних контактных давлений и скорости скольжения в процессе испытаний, а также свободный доступ газовой или смазочной среды в зону трения.

Методика экспериментальных исследований: Перед испытанием образцы 2 и 1 (пальчики и диск) обезжиривают (спирт, ацетон), высушивают и устанавливают на машину трения УМТ. В соответствии с заданными величинами контактного давления p и скорости скольжения v рассчитывают общую нагрузку на образцы $N = 3N_1$ и частоту вращения шпинделя n . Образцы сближают до касания и приводят образец-диск 1 во вращение с заданной частотой n . Плавно увеличивают нагрузку на образцы до расчетной и производят их приработку, контролируя ее по изменению момента сил трения

На рисунке 1 приведена схема узла трения. В течение первых ~10 мин. испытаний происходила стабилизация трибологических процессов в зоне контакта сопряженных тел.

Результаты. Отклонения значений коэффициента трения от f_{cp} находились в пределах $\Delta f = \pm 0,11$. После первых 3...5 мин. испытаний наблюдалось образование и выделение из зоны контакта мелкодисперсных продуктов износа в виде тонких чешуек черно-синего цвета с размерами 0.5...3 мкм. Изучение влияния скорости скольжения на коэффициент трения f

проводился при ступенчатом повышении скорости в диапазоне $v = 0,7 \dots 1,65$ м/с; нагрузке $P = 500$ Н ($p = 10$ МПа), (рис. 2); режим трения – без смазки.

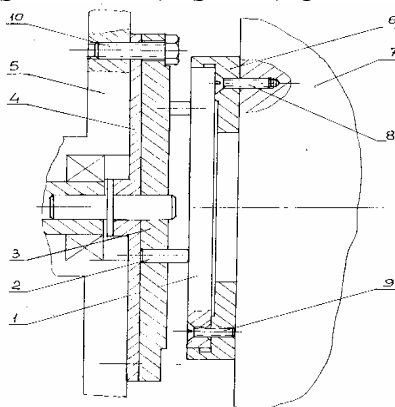


Рис. 1. Испытательный узел машины трения УМТ-1:
1, 2 – образцы, 3 – диск, 4 – опора, 5 – фланец неподвижный, 6 – фланец подвижный, 7 – шпиндель, 8 – винт, 9 – штифт, 10 – крепежный болт

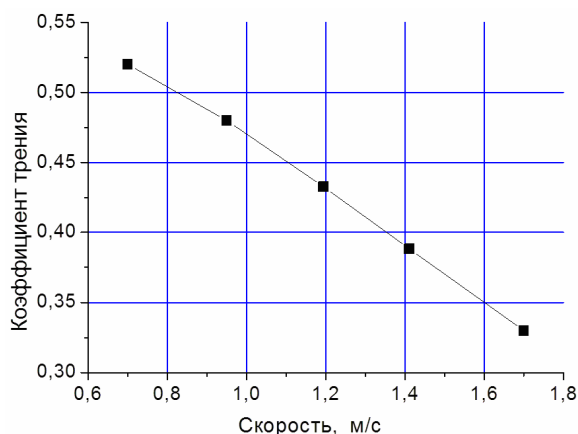


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения f кристалла $\text{ZrO}_2 - 3\text{мол}\% \text{Y}_2\text{O}_3$ от скорости скольжения v при постоянном среднем контактном давлении $p = 10$ МПа

При увеличении скорости скольжения коэффициент трения снижался: при $P = 500$ Н – в 1,53 раза с $f_{yc} = 0,52$ м/с до $f_{yc} = 0,34$ м/с; при $P = 936$ Н – в 2,03 раза с $f_{yc} = 0,62$ м/с до $f_{yc} = 0,32$ м/с. В процессе проведения эксперимента происходил фрикционный разогрев трибосопряжения и при $v = v_{кр}$, $P = 500$ Н ($p = 10$ МПа) кристаллический образец начинал светиться. Нагрузке $P = 500$ Н ($p = 10$ МПа) соответствовала критическая скорость $v_{кр} = 1,41$ м/с; нагрузке $P = 936$ Н ($p = 18,6$ МПа) – $v_{кр} = 0,23$ м/с. “Падающий” характер зависимости $v = \varphi(v)$ можно объяснить самосмазыванием кристаллов ЧСЦ [3] и влиянием температурного фактора. По мере увеличения скорости скольжения в контакте сопряженных тел происходит фрикционный разогрев образцов, снижение механической прочности поверхностных слоев и как следствие

снижение прочности адгезионных связей на участках фактического касания сопряженных тел.

Список литературы

1. Osiko V.V. Influence of stabilizing additive $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ on tribological properties of nanocrystalline material based on zirconium dioxide / V.V.Osiko, V. Alisin, M.A. Vishnyakova, et. al // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2006. Vol. 72. No. 4. P. 47-52.
2. Кузьминов Ю.С., Ломонова Е.Е., Осико В.В. Тугоплавкие материалы из холодного тигля. М.: Наука, 2004. 369 с.
3. Yunfeng Su, Yongsheng Zhang, Junjie Song, Litian Hu. Tribological behavior and lubrication mechanism of self-lubricating ceramic/metal composites: The effect of matrix type on the friction and wear properties. Wear, Vol. 372-373, 15 February 2017, p. 130-138.

References

1. Osiko V.V. Influence of stabilizing additive $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ on tribological properties of nanocrystalline material based on zirconium dioxide / V.V.Osiko, V. Alisin, M.A. Vishnyakova, et. al // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2006. Vol. 72. No. 4. P. 47-52.
2. Kuzminov Y.S., Lomonova E.E., Osiko V.V. Refractory materials from a cold crucible. M.: Science, 2004. 369 p
3. Yunfeng Su, Yongsheng Zhang, Junjie Song, Litian Hu. Tribological behavior and lubrication mechanism of self-lubricating ceramic/metal composites: The effect of matrix type on the friction and wear properties. Wear, Vol. 372-373, 15 February 2017, p. 130-138.

Алисин Валерий Васильевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук, Россия, Москва, vva-imash@yandex.ru	Alisin Valery Vasilyevich – candidate of technical sciences, leading research associate, Institute of mechanical engineering named A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, vva-imash@yandex.ru
---	--

Received 05.09.2019