

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

*Рошин М.Н.*

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г.Москва*

**Ключевые слова:** трение, момент трения, подшипник скольжения, нагрузка, скорость, циркониевая керамика, модифицированная поверхность.

**Аннотация.** Статья посвящена изучению трибологических свойств подшипника скольжения с керамической втулкой из порошка частично стабилизированного диоксида циркония. Исследованы антифрикционные свойства подшипника в условиях трения без смазки в интервале контактного давления 0,066 – 0,657 МПа, скорости скольжения 0,044-0,293 м/с применительно к условиям работы узлов трения космических аппаратов. С увеличением нагрузки и скорости скольжения момент трения растет для втулок из ЧСЦ. При скорости скольжения 0,22 м/с и нагрузке 0,066 МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 40%, чем без обработки, а при нагрузке 0,657 МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 26%, чем без обработки. Результаты исследований могут применяться для изготовления втулок подшипников для работы в условиях сухого трения.

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REDUCING THE FRICTION MOMENT IN SLIDING BEARINGS MADE OF ZIRCONIUM CERAMICS

*Roshchin M.N.*

*Blagonravov Institute of Mechanical Engineering, Russian Academy of Sciences, Moscow*

**Keywords:** friction, moment of friction, sliding bearing, load, speed, zirconium ceramics, modified surface.

**Abstract.** The article is devoted to the study of tribological properties of a sliding bearing with a ceramic sleeve made of partially stabilized zirconium dioxide powder. The antifriction properties of the bearing under conditions of friction without lubrication in the contact pressure range of 0.066 – 0.657 MPa, sliding speed of 0.044-0.293 m/s in relation to the operating conditions of spacecraft friction units are studied. With increasing load and sliding speed, the moment of friction increases for bushings from CHSC. At a sliding speed of 0.22 m / s and a load of 0.066 MPa, the friction moment of CHSC bushings with a modified friction surface in the Se-PTFE medium is 40% less than without processing, and at a load of 0.657 MPa, the friction moment of CHSC bushings with a modified friction surface in the Se-PTFE medium is 26% less than without processing. The research results can be applied to the manufacture of bearing bushings for operation in dry friction conditions.

В условиях эксплуатации узлов трения в агрессивных средах при высоких температурах представляет интерес к керамическим материалам на

основе частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦ). Этот материал обладает хорошим сочетанием прочностных свойств, трещиностойкости и химической стабильности. При работе узла трения космического аппарата в отсутствие смазки может возникнуть ситуация разрушения узла трения. Выходом из такой ситуации может быть уменьшение момента трения в подшипнике скольжения. Для улучшения трибологических свойств керамических материалов применяют формирование слоистой структуры поверхностного слоя [1].

**Цель работы** – исследование возможности уменьшения момента трения в подшипниках скольжения из циркониевой керамики при сухом трении.

Для улучшения трибологических параметров ЧСЦ производилось изменение структуры поверхности трения. Поверхность трения насыщалась парами селена (Se) и политетрафторэтилена (ПТФЭ). Обработка поверхности трения из ЧСЦ проходила в защитной камере при температуре 820°C [2].

**Материалы и оборудование.** Объектом испытаний являлись подшипники с керамическими втулками из ЧСЦ и втулки, обработанные в среде Se-ПТФЭ. Контртелом была выбрана сталь X18H10T. Триботехнические испытания проводились на машине для испытания материалов на трение и износ ИИ-5018.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Эффективность работы материала в узле трения зависит от свойств поверхностного слоя. Испытания образцов проводилось по схеме вал-втулка. На валу шпинделя устанавливался образец из нержавеющей стали X18H10T, вращение которого осуществлялось от электродвигателя машины. В обойме устанавливалась втулка из испытуемого керамического материала. К обойме прикладывалась нагрузка с использованием рычага, которая создает радиальную силу  $P$ . Принцип действия машины заключается в истирании пары образцов, прижатых друг к другу силой  $P$ . В процессе работы на нижнем образце измеряют момент трения. В процессе испытаний производился замер температуры на валу и втулке бесконтактным методом пирометром MPro фирмы «Optris GmbH» [3]. На рис.1 приведены зависимости момента трения от нагрузки при скорости скольжения 0,044-0,293м/с втулок ЧСЦ. С увеличением нагрузки и скорости скольжения момент трения монотонно растет. Проведены сравнительные трибологические испытания образцов втулок с модифицированной поверхностью в среде Se-ПТФЭ и без покрытия, рис.2. Испытания втулок проводятся в режиме сухого трения при скорости 0,22м/с и нагрузке до 500Н. Нагружение осуществлялось ступенчато. Основным параметром работы подшипника является момент трения в подшипниковой паре.

Экспериментально установлено, что обработка керамической втулки в среде Se-ПТФЭ позволяет существенно уменьшить момент трения в подшипнике. При скорости скольжения 0,073м/с и нагрузке 0,066МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 40%, чем без обработки, а при нагрузке 0,657МПа момент

трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 26%, чем без обработки.

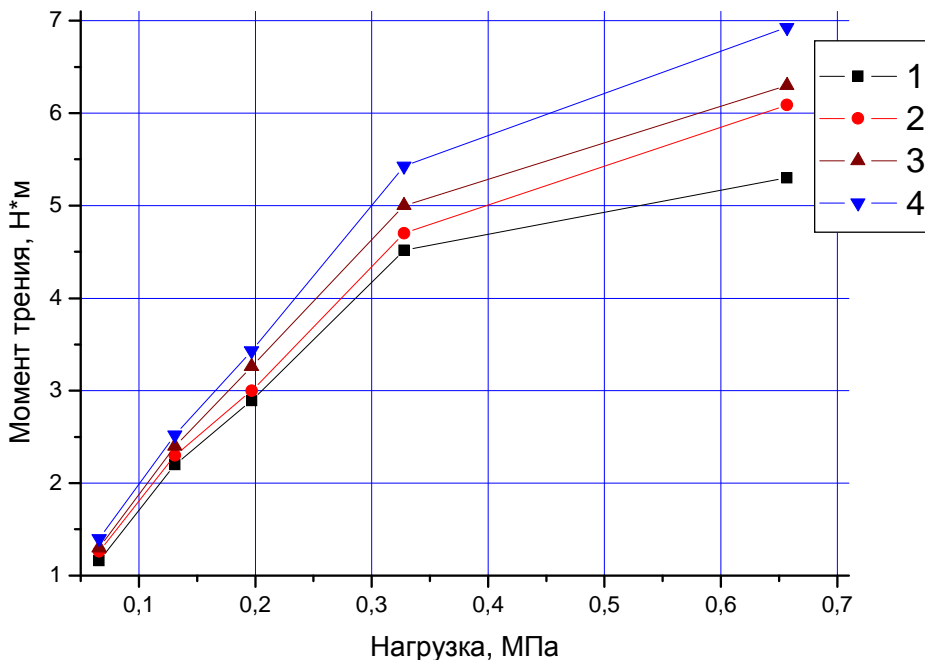


Рис. 1. Зависимость момента трения поверхности ЧСЦ от нагрузки при скорости, м/с: 1-0,044, 2- 0,073, 3- 0,22, 4-0,293

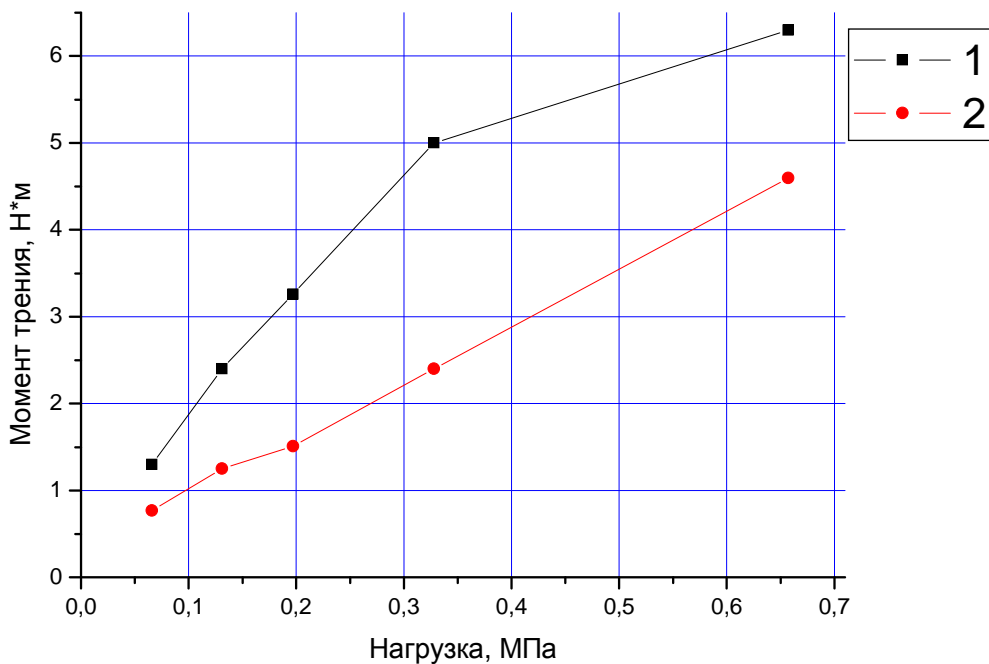


Рис. 2. Зависимость момента трения от нагрузки при скорости 0,22м/с: 1-ЧСЦ, 2- ЧСЦ-Se-ПТФЭ

**Закключение.** Приведенные выше результаты исследований триботехнических характеристик втулок подшипников в зависимости от технологий обработки поверхности трения. При скорости скольжения 0,22м/с и нагрузке 0,066МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 40%, чем без обработки, а при нагрузке 0,657МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 26%, чем без обработки. Результаты исследований могут применяться для изготовления втулок подшипников для работы в условиях сухого трения.

#### **Список литературы**

1. Yuan Fang, Hengzhong Fan, Junjie Song, Yongsheng Zhang and Litian Hu 2016 Wear 360–361 97-103.
2. Алисин В.В., Рошин М.Н., Лукьянов А.И., Богачев В.А., Широян Д.С. Высокотемпературные исследования триботехнических материалов перспективных для долговременной работы на поверхности Венеры // Перспективные методы поверхностной обработки деталей машин. Москва, 2018. С. 385-392.
3. Alisin V.V., Roshchin M.N. Improvement of antifriction properties of sliding bearings with ceramic sleeves made of zirconium dioxide // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 421 (2020) 022020.

#### **References**

1. Yuan Fang, Hengzhong Fan, Junjie Song, Yongsheng Zhang and Litian Hu 2016 Wear 360–361 97-103.
2. Alisin V.V., Roshchin M.N., Lukyanov A.I., Bogachev V.A., Shiroyan D.S. High-Temperature studies of tribotechnical materials promising for long-term work on the surface of Venus // Perspective methods of surface treatment of machine parts. Moscow, 2018. P. 385-392.
3. Alisin V.V., Roshchin M.N. Improvement of antifriction properties of sliding bearings with ceramic sleeves made of zirconium dioxide // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 421 (2020) 022020.

#### *Сведения об авторах:*

**Рошин Михаил Николаевич** – к.т.н.,  
ведущий научный сотрудник, Институт  
машинovedения им. А.А. Благоднравова РАН,  
Россия, г.Москва, Россия,  
Roschin50@yandex.ru

#### *Information about authors:*

**Roshchin Mikhail Nikolaevich** –  
candidate of technical sciences, leading  
researcher, Blagonravov Institute of  
Mechanical Engineering, Russian  
Academy of Sciences, Moscow, Russia,  
Roschin50@yandex.ru

*Получена 18.03.2020*