

## ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

*Рощин М.Н.*

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

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

**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 м/с применительно к условиям работы узлов трения космических аппаратов. Приведенные выше результаты исследований триботехнических характеристик втулок подшипников в зависимости от технологии обработки поверхности трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 35%, чем без обработки.

## INFLUENCE OF LOAD ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF ZIRCONIUM CERAMIC PLAIN BEARINGS

*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, contact pressure.

**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 and the sliding speed of 0.044 m/s were studied in relation to the operating conditions of spacecraft friction units. The above results of studies of tribotechnical characteristics of bearing bushings, depending on the technology of processing the friction surface in the Se-PTFE medium, are 35% less than without processing.

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** – изучить влияние нагрузки на трибологические свойства подшипников скольжения из ЧСЦ.

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 (рис. 1).

**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 MSPro фирмы «Optris GmbH» [3]. Проведены сравнительные трибологические испытания образцов втулок с модифицированной поверхностью в среде Se-ПТФЭ и без покрытия. Испытания втулок проводятся в режиме сухого трения при скорости 0,044м/с и нагрузке до 500 Н. Основным параметром работы подшипника является момент трения в подшипниковой паре.



Рис. 1. Узел машины трения ИИ-5018 с установленными образцами

На рис. 2 приведена зависимость момента трения в подшипнике от нагрузки. Нагружение осуществлялось ступенчато.

Экспериментально установлено, что обработка керамической втулки в среде Se-ПТФЭ позволяет существенно уменьшить момент трения в подшипнике. При скорости скольжения 0,044м/с и нагрузке 0,675МПа момент трения втулок ЧСЦ с модифицированной поверхностью трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 35%, чем без обработки.

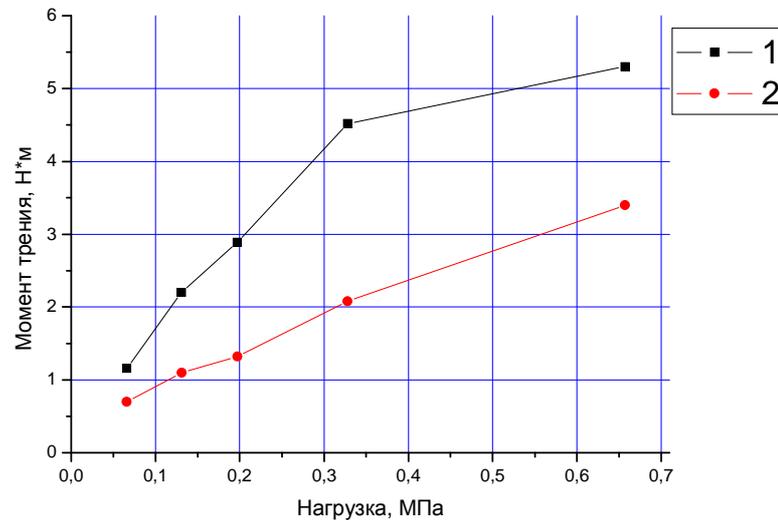


Рис. 2. Зависимость момента трения от нагрузки при скорости 0,044м/с:  
1-ЧСЦ, 2- ЧСЦ-Se-ПТФЭ

**Заключение.** Приведенные выше результаты исследований триботехнических характеристик втулок подшипников в зависимости от технологий обработки поверхности трения в среде Se-ПТФЭ меньше на 35%, чем без обработки. Результаты исследований могут применяться для изготовления втулок подшипников для работы в условиях сухого трения только при наличии модифицированного поверхностного слоя с низким сопротивлением сдвигу.

#### 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.

#### Сведения об авторе:

*Рошин Михаил Николаевич* – к.т.н., ведущий научный сотрудник, ИМАШ РАН, г. Москва