

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ И СКОРОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ПОДШИПНИКЕ СКОЛЬЖЕНИЯ С УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Роцин М.Н.¹, Кривошеев А.Ю.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г.Москва;*

²*ООО "ГАЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКТ", г. Таганрог*

Ключевые слова: трение, коэффициент трения, нагрузка, высокотемпературные испытания, контактное давление.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы испытания углеродосодержащих композитов со сталью в условиях высоких температур. Исследуются антифрикционные свойства углеродных композитов при трении по стали при скорости 0,16 м/с и контактном давлении 0,67 МПа. Экспериментально показано, что материал "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700 °С, скорости 0,16 м/с имеет лучшие антифрикционные свойства, чем материал «Аргалон-2D». Коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700 °С изменяется от 0,29 до 0,32. При нагрузке 0,67 МПа, скорости скольжения 0,16 м/с и температуре 700°С коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" ниже на 28 %, чем материала «Аргалон-2D».

INFLUENCE OF LOAD AND SPEED ON THE COEFFICIENT OF FRICTION AT HIGH TEMPERATURES IN A SLIDING BEARING WITH CARBON-CONTAINING MATERIALS

Roshchin M.N.¹, Krivosheev A.Yu.²

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow;*

²*GAZ METALLOKOMPLEKT LLC, Taganrog*

Keywords: friction, coefficient of friction, load, high-temperature tests, contact pressure.

Abstract. The article deals with the issues of testing carbon-containing composites with steel at high temperatures. The antifriction properties of carbon composites under friction on steel at a speed of 0.16 m/s and a contact pressure of 0.67 MPa are investigated. It is experimentally shown that the material "Hardcarb-T" in the temperature range of 300...700 °C, speed of 0.16 m/s has better antifriction properties than the material "Argalon-2D". The coefficient of friction of the material "Hardcarb-T" in the temperature range of 300...700 °C varies from 0.29 to 0.32. At a load of 0.67 MPa, a sliding speed of 0.16 m / s and a temperature of 700°C the coefficient of friction of the Hardcarb-T material is 28% lower than that of the Argalon-2D material.

Введение. Работоспособность подшипника скольжения при эксплуатации в условиях высоких температур зависит от конструктивных

особенностей подшипника и материалов, образующих пару трения. При высоких температурах не всегда обосновано применение твердых смазочных покрытий [1]. Применение в конструкции шарнира углеродосодержащих композитных материалов (УУКМ) в паре со сталью дает возможность повысить эксплуатацию их при высоких температурах. Применение УУКМ актуальны в области авиационной и космической техники, потому что УУКМ обладают уникальным сочетанием веса и прочности [2]. Технологии производства УУКМ постоянно совершенствуется [3], для улучшения механических и триботехнических свойств в состав УУКМ вводят ПАН волокно, углеродные нанотрубки [4]. При большом объеме исследований УУКМ [5,6] влияния температуры на трибологические параметры углеродных композитов слабо изучены.

Цель работы. Исследование влияния нагрузки и скорости на коэффициент трения при высоких температурах в подшипнике скольжения с углеродосодержащими материалами.

Материалы и методы исследований. Образцы изготовлены из объемно-армированного углеродосодержащего композиционного материала марки «Аргалон-2D» и армированного углеродного 2D материала "Хардкарб-Т", изготовленного из углеродистой ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно). В качестве ответной пары при трении использовались образцы из коррозионностойкой стали 40Х13. Трибологические испытания проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [7]. Испытания образцов материалов для втулок подшипников проводились в интервале температур 300 – 700 °С в условиях нормальной нагрузки 0,67 МПа и линейной скорости 0,16 м/с. Проведение испытания образцов материалов должны проводиться в условиях моделирующих работу натурального узла трения. Наиболее приемлемой схемой трибологических испытания материалов является схема «диск-палец», т.к. результаты стендовых испытаний образцов легче распространять на другие схемы сопряжений. В период испытаний производился замер момента трения и температуры. Регистрация момента трения осуществляется с использованием тензометрических датчиков. Измерение температуры испытуемых образцов осуществлялся термопарой хромель-алюмель.

Результаты и обсуждение. В результате испытаний материалов «Аргалон-2D» и "Хардкарб-Т" при температуре 300-700 °С, нагрузке 0,67 МПа и скорости 0,16 м/с установлена зависимость коэффициента трения от температуры (рис. 1). С увеличением температуры испытаний более 380 °С коэффициент трения материала «Аргалон-2D» растет по сравнению с материалом "Хардкарб-Т". Так при скорости 0,16 м/с и температуре 400°С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" ниже на 14 %, чем у материала «Аргалон-2D», а при температуре 500 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" ниже на 28 %, чем у материала «Аргалон-2D». Изменение коэффициента трения материала "Хардкарб-Т" в диапазоне

температур 400 – 500 °С, скорости 0,16 м/с и контактной нагрузке 0,67 МПа находится в диапазоне 0,29-0,32.

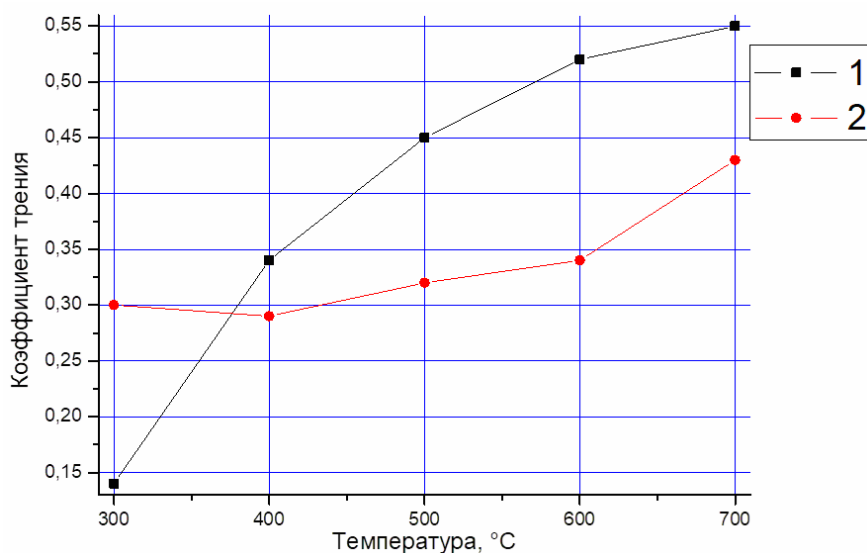


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,67МПа и скорости 0,16м/с материалов: 1-«Аргалон-2D»; 2-«Хардкарб-Т»

С увеличением температуры более 300 °С при испытании материала «Аргалон-2D» уменьшаются механические характеристики материала, в том числе твердость. С размягчением материала поверхностных слоев УУКМ увеличивается деформационная составляющая силы трения и, соответственно, имеет место устойчивый рост коэффициента трения. С ростом температуры изменяются механические и триботехнические свойства материалов, находящихся в узле трения.

Выводы. Проведенные исследования показали, что материал "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700 °С, нагрузки 0,67МПа, скорости 0,16 м/с имеет лучшие антифрикционные свойства, чем материал «Аргалон-2D». Коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700 °С изменяется от 0,29 до 0,32. При нагрузке 0,67 МПа, температуре 500°С и скорости скольжения 0,16 м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" ниже на 28 %, чем материала «Аргалон-2D». Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения.

Список литературы

1. Лобова Т.А., Марченко Е.А. использование нового класса самосмазывающихся материалов для обеспечения надежности функционирования узлов трения космических аппаратов // Трение и износ. – 2005. – Т. 26, № 3. – С. 290-294.
2. Новые материалы. Колл. авторов. Под научной редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.

3. Sun Zhiwei, Duan Xinhui, Srinivasakannan C., et al. (2018) Preparation, Optimization and Characterization of Carbon Fibers Adsorbent from Cotton by Microwave Induced ZnCl₂ Activation // Science of Advanced Materials. – 2018 (10). №5. P. 724-733.
4. Zhang S., Hao A., Nguyen N., Oluwalowo A. and Liang R. Carbon nanotube/carbon composite fiber with improved strength and electrical conductivity via interface engineering// Carbon. – 2019. – №144. – P. 628-638.
5. Adrien P. Gillard, Guillaume Couégnat, Sylvain Chupin et al. Modeling of the non-linear mechanical and thermomechanical behavior of 3D carbon // Carbon. – 2019. – №154. – P.178-191.
6. Алисин В.В., Рошин М.Н., Лукьянов А.И. и др. Разработка и исследование узлов трения, работающих при высоких температурах, применительно к космическим аппаратам // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 1. С. 61-65.
7. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series 1515 (2020) 042050.

References

1. Lobova T.A., Marchenko E.A. the use of a new class of self-lubricating materials to ensure the reliability of the functioning of the friction units of spacecraft // Friction and wear. – 2005. – Vol. 26, No. 3. – P. 290-294.
2. New materials. Call of authors. Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – M.: MISIS, 2002. – 736 p.
3. Sun Zhiwei, Duan Xinhui, Srinivasakannan C., et al. (2018) Preparation, Optimization and Characterization of Carbon Fibers Adsorbent from Cotton by Microwave Induced ZnCl₂ Activation // Science of Advanced Materials. – 2018 (10). №5. P. 724-733.
4. Zhang S., Hao A., Nguyen N., Oluwalowo A. and Liang R. Carbon nanotube/carbon composite fiber with improved strength and electrical conductivity via interface engineering// Carbon. – 2019. – №144. – P. 628-638.
5. Adrien P. Gillard, Guillaume Couégnat, Sylvain Chupin et al. Modeling of the non-linear mechanical and thermomechanical behavior of 3D carbon // Carbon. – 2019. – №154. – P. 178-191.
6. Alisin V.V., Roshchin M.N., Lukyanov A.I., Vorontsov V.A., Bogachev V.A., Markachev N.A. Development and research of friction units operating at high temperatures as applied to spacecraft // Bulletin of NPO n.a. S.A Lavochkin. 2019. №1. P. 61-65.
7. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series 1515 (2020) 042050.

Сведения об авторах:

<p>Рошин Михаил Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г.Москва, Россия, Roschin50@yandex.ru</p>	<p>Roshchin Mikhail Nikolaevich – candidate of technical sciences, leading researcher, Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, Roschin50@yandex.ru</p>
<p>Кривошеев Андрей Юрьевич – директор ООО "ГАЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКТ", г.Тюмень, gm.k.taganrog@yandex.ru</p>	<p>Krivosheev Andrey Yurievich – director of GAZ METALLOKOMPLEKT LLC, Taganrog, gm.k.taganrog@yandex.ru</p>

Information about authors:

Получена 30.03.2021