

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ОТ СОСТАВА УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рощин М.Н.¹, Кривошеев А.Ю.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Россия, Москва;*

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

Ключевые слова: трение, коэффициент трения, нагрузка, скорость, высокотемпературные испытания, твёрдосмазочные покрытия.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы испытания углеродосодержащих композитов со сталью в условиях высоких температур. Проведенные исследования показали влияние состава углеродосодержащего материала на коэффициент трения. Материал "Хардкарб-ТПГ" при нагрузке 1.0 МПа и скорости 0.16 м/с в температурном диапазоне 20...800 °С имеет лучшие антифрикционные свойства, чем материалы "Хардкарб-Т" и "Хардкарб-ТП". При температуре 400 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" больше в 1.2 раза, а коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.5 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ", а при температуре 500 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.3 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ".

DEPENDENCE OF THE COEFFICIENT OF FRICTION ON THE COMPOSITION OF CARBON-CONTAINING MATERIAL AT HIGH TEMPERATURES

Roshchin M.N.¹, Krivosheev A.Yu.²

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

²*GAZ METALLOKOMPLETEK LLC, Taganrog, Russia*

Keywords: friction, coefficient of friction, load, speed, high temperature testing, hard-lubricating coatings.

Abstract. The article discusses the issues of testing carbon-containing composites with steel at high temperatures. The conducted studies have shown the influence of the composition of carbon-containing material on the coefficient of friction. The material "Hardcarb-TPG" at a load of 1.0 MPa and a speed of 0.16 m / s in the temperature range of 20...800 °C has better antifricion properties than the materials "Hardcarb-T" and "Hardcarb-TP". At a temperature of 400 °C the coefficient of friction of the material "Hardcarb-T" is 1.2 times greater, and the coefficient of friction of the material "Hardcarb-TP" is 1.5 times greater than that of the material "Hardcarb-TPG", and at a temperature of 500 °C the coefficient of friction of the material "Hardcarb-TP" is 1.3 times greater than that of the material "Hardcarb-TPG".

Введение. Работоспособность механических узлов техники в экстремальных условиях зависит от конструктивных особенностей узлов трения и применяемых материалов и смазок. Необходимо повышать антифрикционность пары трения при высоких температурах. Для этих целей широко используются твёрдосмазочные покрытия [1]. В настоящее время широко используются твердые смазки и антифрикционные покрытия,

обеспечивающие снижение коэффициента трения при высоких температурах. При создании узлов трения для работы в условиях агрессивных атмосферных условиях и высоких температур используют материалы на основе углерод-углеродных композиций (УУКМ) [2]. Материалы, применяемые в узлах при высоких температурах, должны обеспечивать его работоспособность и надежность. В процессе работы в узле трения повышается температура, для уменьшения энерговыделения в узле трения при высоких температурах необходимо уменьшать коэффициент трения пары. Применение в конструкции узла трения 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. При большом объеме исследований УУКМ [3] влияния температуры на трибологические параметры углеродных композитов слабо изучены.

Цель работы. Исследовать зависимость коэффициента трения от состава углеродосодержащего материала при высоких температурах

Материалы и методы исследований. Образцы изготовлены из объемно-армированного углеродосодержащего композиционного материала марки: "Хардкарб-Т", "Хардкарб-ТП", "Хардкарб-ТПГ". Материалы типа "Хардкарб" имеют следующий состав по волокну:

- "Хардкарб-Т" при изготовлении использована ткань вискоза,
- "Хардкарб-ТП" изготовлен из углеродной ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно),
- "Хардкарб-ТПГ" изготовлен из углеродной ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно) с графитированием.

В качестве ответной пары при трении использовались образцы из коррозионностойкой стали 40Х13. Трибологические испытания проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4]. Испытания образцов материалов для пар трения проводились при нормальной нагрузке 1.0 МПа и линейной скорости 0.16 м/с. Лабораторные испытания образцов материалов должны проводиться в условиях моделирующих работу натурального узла трения. Испытания проводились по схеме «диск-пальчик», т.к. результаты стендовых испытаний легче распространять на другие схемы сопряжений. В процессе испытаний производился замер момента трения и температуры. Регистрация момента трения осуществляется с использованием тензометрических датчиков. Измерение температуры испытуемых образцов осуществлялось термопарой хромель-алюмель.

Результаты и обсуждение. По результатам испытаний материалов "Хардкарб-Т", "Хардкарб-ТП" и "Хардкарб-ТПГ" при нагрузке 1.0 МПа и скорости 0.16 м/с установлена зависимость коэффициента трения от температуры, рис.1. При увеличении температуры испытаний с 20 °С до 300 °С коэффициент трения для материалов "Хардкарб-Т", "Хардкарб-ТПГ" находится в диапазоне 0.13-0.19. При температуре 300 °С коэффициент

трения для материала "Хардкарб-ТП" больше в 2.1 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ". С увеличением температуры более температуре 300 °С коэффициент трения для материалов "Хардкарб-Т", "Хардкарб-ТП" "Хардкарб-ТПГ" возрастает. Так при температуре 400 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" больше в 1.2 раза, а коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.5 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ", а при температуре 500 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.3 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ".

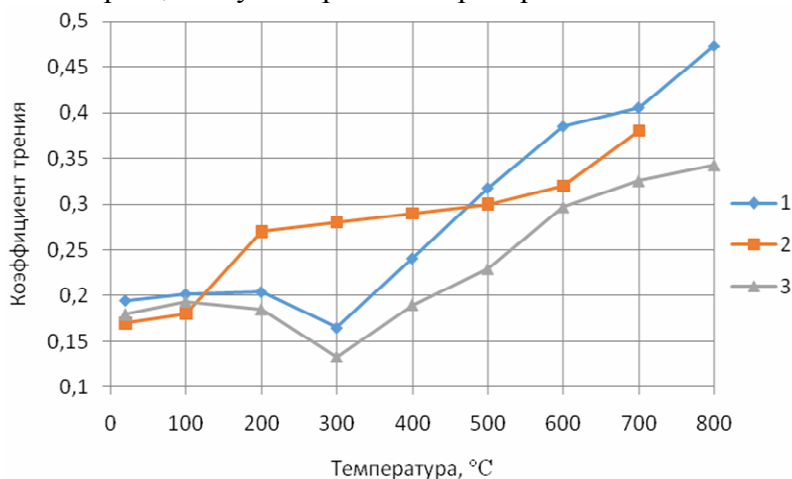


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1.0 МПа и скорости 0,16 м/с материалов: 1-"Хардкарб-Т", 2-"Хардкарб-ТП", 3-"Хардкарб-ТПГ"

Выводы. Проведенные исследования показали влияние состава углеродосодержащего материала на коэффициент трения. Материал "Хардкарб-ТПГ" при нагрузке 1.0 МПа и скорости 0.16 м/с в температурном диапазоне 20...800 °С имеет лучшие антифрикционные свойства, чем материалы "Хардкарб-Т" и "Хардкарб-ТП". При температуре 400 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" больше в 1.2 раза, а коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.5 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ", а при температуре 500 °С коэффициент трения у материала "Хардкарб-ТП" больше в 1.3 раза, чем у материала "Хардкарб-ТПГ". Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения.

Список литературы

1. Хопин П.Н. Анализ испытаний пар трения с твердыми смазочными покрытиями в условиях Наземного пространства и прогнозирование трибологических характеристик // Журнал трения и износа. 2018. №39(2): С. 137-144.

2. Новые материалы. Колл. Авторы / Под научной редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
3. Алисин В.В., Рощин 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.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, pp. 042050.

References

1. Khopin P.N. Test Analysis of Friction Couples With Solid Lubricant Coatings under Ground–Space Conditions and Prediction of Tribological Characteristics// Journal of Friction and Wear, 2018, Vol. 39, No. 2, pp. 137-144.
2. New materials. Call of authors / Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – М.: MISIS, 2002. – 736 p.
3. Alisin V.V., Roshchin M.N., Lukyanov A.I., etc. Development and research of friction units operating at high temperatures in relation to spacecraft// Bulletin of S.A. Lavochkin NGO. 2019, no.1, pp. 61-65.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, pp. 042050.

Рощин Михаил Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Roshchin Mikhail Nikolaevich – candidate of technical sciences, leading researcher
Кривошеев Андрей Юрьевич – директор Roschin50@yandex.ru	Krivosheev Andrey Yurievich – director

Received 06.02.2022