

## ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Роцин М.Н.*

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

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

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы фрикционного взаимодействия углерод-углеродных композиционных материалов со сталью в условиях высоких температур. Исследуются антифрикционные свойства углеродных композитов при трении по стали при скорости 0,16м/с и контактном давлении 0,5МПа. Экспериментально показано, что материал "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700°С, скорости 0,16м/с имеет лучшие антифрикционные свойства, чем материал «Аргалон-2D». Коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700°С изменяется от 0,31 до 0,42. При температуре 700°С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" ниже на 26%, чем у материала «Аргалон-2D».

## HIGH TEMPERATURE PLAIN BEARINGS

*Roshchin M.N.*

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

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

**Abstract.** The article deals with the issues of frictional interaction of carbon-carbon composite materials 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 0.5 MPa are investigated. It is experimentally shown that the material "Hardcarb-T" in the temperature range of 300...700°С, speed of 0.16m/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°С varies from 0.31 to 0.42. At a temperature of 700°С, the coefficient of friction of the Hardcarb-T material is 26% lower than that of the Argalon-2D material.

**Введение.** Высокотемпературные подшипники – это изделия, которые используют в узлах, подвергающихся сильному нагреву. Эти изделия можно встретить в металлургическом оборудовании, на предприятиях стекольной промышленности, на фабриках по производству строительных материалов, в пищевой и энергетической отрасли. Их применение обеспечивает надежную, бесперебойную работу различных механизмов и приспособлений в заводских и фабричных цехах, на частных и государственных производствах и т.д. [1]. Для обеспечения работоспособности подшипников скольжения под действием высоких температур не практикуется использование масла или пластичных смазок для создания на поверхности металла защитного слоя. Современные подшипники для высоких температур, вовсе не нуждающиеся в смазке. Рабочие поверхности этих изделий покрывают специальными сплавами или наносят на них керамические покрытия, выдерживающие воздействия самых вредных факторов. При высоких температурах в парах трения возможно применение

твердых смазочных покрытий [2]. Применение в конструкции шарнира углеродосодержащих композитных материалов (УУКМ) в паре со сталью дает возможность повысить эксплуатацию их при высоких температурах. Особенно актуальны эти исследования в области авиационной и космической техники, потому что УУКМ обладают уникальным сочетанием веса и прочности [3].

Технологии производства УУКМ постоянно совершенствуется. Например, для улучшения механических и триботехнических свойств в состав УУКМ вводят ПАН волокно. При большом объеме исследований УУКМ [4,5] влияние температуры на трибологические параметры углеродных композитов слабо изучены.

*Цель работы.* Исследование работоспособности углеродосодержащих материалов для подшипников скольжения в паре со сталью, работающих в условиях высоких температур.

**Материалы и методы исследований.** Образцы изготовлены из объемно-армированного углерод-углеродного 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 [6].

Испытания образцов материалов для втулок подшипников проводились в интервале температур 300-700°С в условиях нормальной нагрузки 0,5МПа и линейной скорости 0,16м/с. Проведение испытания образцов материалов должны проводиться в условиях моделирующих работу натурального узла трения. Наиболее приемлемой схемой трибологических испытания материалов является схема «диск-пальчик», т.к. результаты стендовых испытаний образцов легче распространять на другие схемы сопряжений. На протяжении всего периода 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.** Результаты испытаний материалов «Аргалон-2D» и "Хардкарб-Т" при температуре 300-700°С, нагрузке 0,5МПа и скорости 0,16м/с приведены на рисунке 1.

С увеличением температуры испытаний более 300°С коэффициент трения материала «Аргалон-2D» резко растет по сравнению с материалом "Хардкарб-Т". Так при температуре ~400°С коэффициент трения у материалов «Аргалон-2D» и "Хардкарб-Т" имеют близкие значения. При температуре 700°С коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" ниже на 26%, чем у материала «Аргалон-2D». В диапазоне температуры 300-700°С коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" изменяется в диапазоне 0,31-0,42. 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.

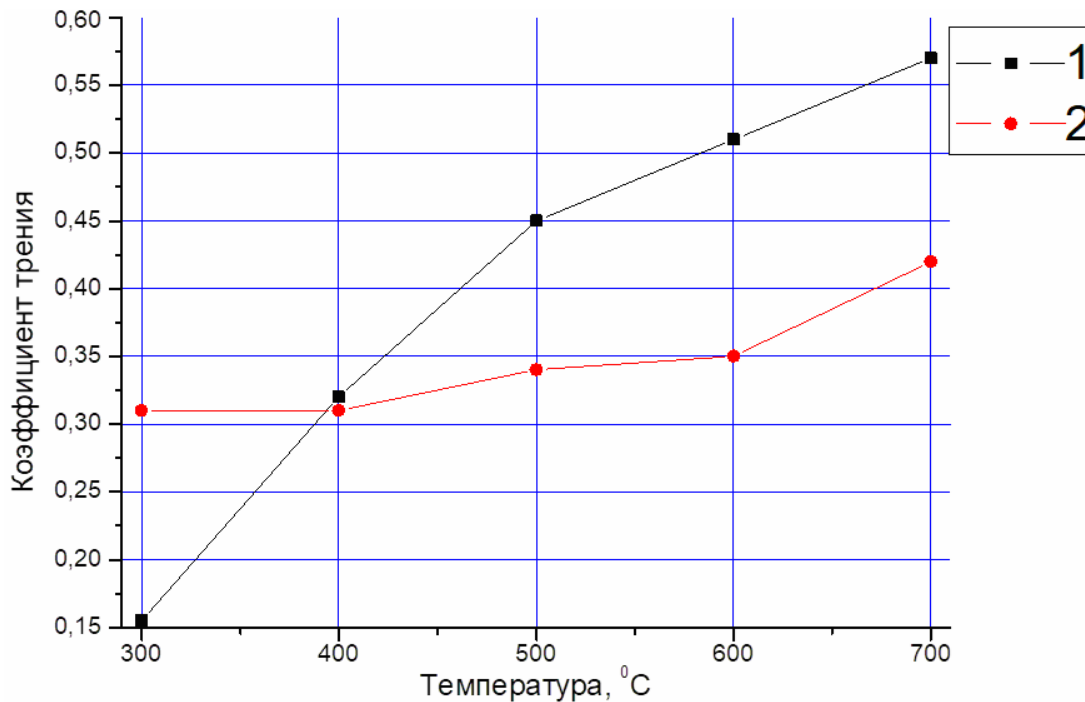


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,5 МПа и скорости 0,16 м/с материалов: 1-«Аргалон-2D»; 2-«Хардкарб-Т»

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что материал "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700°C, нагрузки 0,5 МПа, скорости 0,16 м/с имеет более низкий коэффициент трения, чем материал «Аргалон-2D». Коэффициент трения материала "Хардкарб-Т" в диапазоне температур 300...700°C изменяется от 0,31 до 0,42. При температуре 700°C коэффициент трения у материала "Хардкарб-Т" ниже на 26%, чем у материала «Аргалон-2D». Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения.

#### Список литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена ( $\text{MoSe}_2$ ) // Материаловедение. – 2019. – №11. – С. 9-13.
3. Новые материалы. Колл. Авторы / Под науч. Ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
4. Роцин М.Н., Кривошеев А.Ю. Исследование изменения коэффициента трения углеродосодержащих материалов при высоких температурах // Современные проблемы теории машин. – 2019. – № 7. – С. 10-12.
5. Алисин В.В., Роцин М.Н., Лукьянов А.И., Воронцов В.А., Богачев В.А., Маркачев Н.А. Разработка и исследование узлов трения, работающих при высоких температурах, применительно к космическим аппаратам // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2019. – №1. – С. 61-65.
6. 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 авторе:

Роцин Михаил Николаевич – к.т.н., в.н.с., ИМАШ РАН, г. Москва.