

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПАРЕ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИЙ МАТЕРИАЛ – СТАЛЬ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Рощин М.Н.¹, Кривошеев А.Ю.²

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

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

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

Аннотация. Приведены результаты фрикционного взаимодействия углеродосодержащих материалов со сталью 40Х13 в условиях высоких температур. При температуре 300°С, нагрузке 1.0МПа и скорости 0.25м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.8 раза, чем материала "Хардкарб-ТП", а при температуре 500°С коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.3 раза, чем материала "Хардкарб-ТП". Коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" в диапазоне температур 20...500°С изменяется от 0.18 до 0.24.

DEPENDENCE OF THE COEFFICIENT OF FRICTION IN A CARBON- CONTAINING MATERIAL - STEEL PAIR ON TEMPERATURE

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, speed, tests, surface, contact pressure.

Abstract. The results of frictional interaction of carbon-containing materials with 40X13 steel at high temperatures are presented. At a temperature of 300°C and a load of 1.0MPa and a speed of 0.25 m/s, the coefficient of friction of the "Hardcarb-TPG" material is 1.8 times less than that of the "Hardcarb-TP" material, and at a temperature of 500°C, the coefficient of friction of the "Hardcarb-TPG" material is 1.3 times less than that of the "Hardcarb-TP" material. The coefficient of friction of the "Hardcarb-TPG" material in the temperature range of 20...500°C varies from 0.18 to 0.24.

Введение. Для обеспечения надежности работы узлов трения при высоких температурах необходима стабильность физико-механических свойств применяемых материалов в заданном интервале температур с хорошими антифрикционными характеристиками при работе без смазки. Повышение энергонапряженности и производительности механизмов и узлов трения ведет к повышению рабочих температур. Во многих областях, связанных с эксплуатацией агрегатов при высоких температурах, применение традиционных конструкционных машиностроительных материалов не может обеспечить работоспособность механизмов и узлов трения для выполнения поставленных задач. Решить возникшие проблемы могут новые антифрикционные материалы, способные работать в экстремальных условиях, например, при высоких температурах, необходимо в узлах трения исполнительных органов применять материалы, которые в парах трения имеют низкий коэффициент трения. Материалы, применяемые в узлах при высоких температурах, должны обеспечивать его работоспособность и надежность. Для уменьшения

энерговыделения в узле трения при высоких температурах необходимо уменьшать коэффициент трения пары, повышать антифрикционность узла трения – для этого используют высокотемпературные смазки или твердые смазочные материалы и покрытия [1, 2]. Для работы узлов трения в условиях агрессивной атмосферы и высоких температур используют материалы на основе углерод-углеродных композиций (УУКМ) [3]. Недостаточность информации по трибологическим параметрам материалов УУКМ в узлах трения при высоких температурах сдерживает процесс широкого их использования.

Цель работы – исследовать зависимость коэффициента трения в паре углеродосодержащий материал – сталь от температуры.

Материалы и методы исследований. В испытаниях были использованы образцы, изготовленные из объемно-армированных углеродосодержащих композиционных материалов марки: "Хардкарб-ТП", "Хардкарб-ТПГ". Материалы типа "Хардкарб" имеют следующий состав по волокну:

- "Хардкарб-ТП" изготовлен из углеродной ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно),

- "Хардкарб-ТПГ" изготовлен из углеродистой ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно) с графитированием.

В качестве ответной пары трения использовались образцы из жаропрочной коррозионностойкой стали 40Х13. Трибологические исследования проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4].

Испытание проводилось на образцах по схеме «диск-палец» в интервале температур 20-800°С при нагрузке 1.0МПа и скорости скольжения 0.25м/с. Испытания должны моделировать условия работы натурального узла трения. Данная схема испытаний «диск-палец» позволяет распространять результаты стендовых испытаний на другие схемы сопряжений. Испытательный стенд снабжен устройством измерения момента трения и температуры, сигналы с которого передаются на компьютер.

Результаты и обсуждение. При испытании материалов "Хардкарб-ТП" в паре со сталью 40Х13 в диапазоне температур 20...800°С при скорости скольжения 0.25м/с и нагрузке 1.0МПа было установлено, что с увеличением температуры коэффициент трения растет (рис. 1). С увеличением температуры больше 100°С коэффициент трения резко возрастает. Коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" в диапазоне температур 20...300°С изменяется в пределах 0.16-0.18. При увеличении температуры больше 300°С рост коэффициента трения увеличивается. Так при температуре 300°С, нагрузке 1.0МПа и скорости 0.25м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.8 раза, чем материала "Хардкарб-ТП", а при температуре 500°С коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.3 раза, чем материала "Хардкарб-ТП". С увеличением температуры более 300°С при испытании материалов "Хардкарб-ТП" и "Хардкарб-ТПГ" уменьшаются механические характеристики, в том числе твердость. С уменьшением твердости поверхности увеличивается деформационная составляющая силы трения и, соответственно, имеет место устойчивый рост коэффициента трения. Технологические новшества при изготовлении материала "Хардкарб-ТПГ" с

применением графитирования приводят к уменьшенному коэффициенту трения, чем у материала "Хардкарб-ТП".

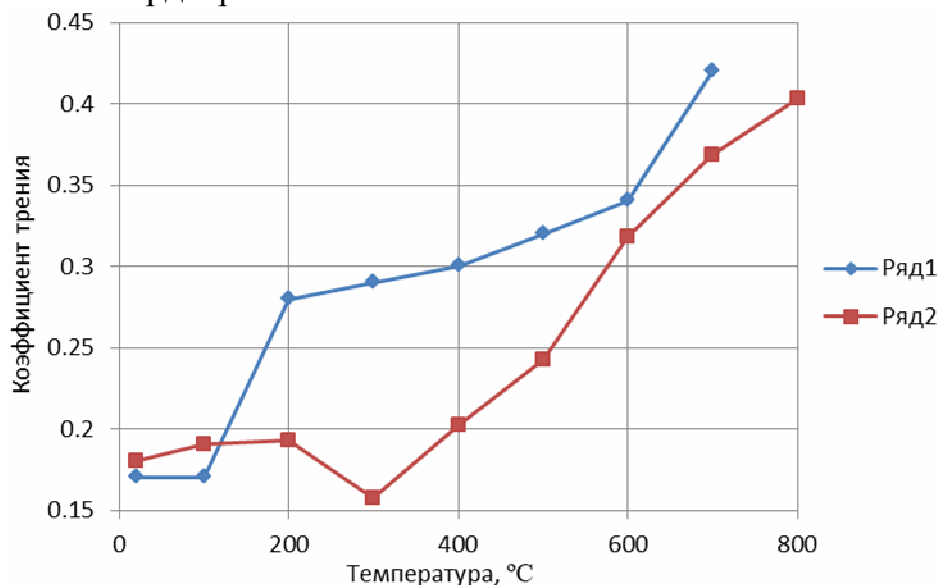


Рис. 1. Изменение коэффициента трения от температуры при нагрузке 1.0МПа и скорости 0.25 м/с материалов: 1-"Хардкарб-ТП", 2-"Хардкарб-ТПГ"

Выводы. Материал "Хардкарб-ТПГ" имеет лучшие трибологические характеристики, чем материал "Хардкарб-ТП". Так при температуре 300°C, нагрузке 1.0МПа и скорости 0.25м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.8 раза, чем материала "Хардкарб-ТП", а при температуре 500°C коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 1.3 раза, чем материала "Хардкарб-ТП". Коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" в диапазоне температур 20...500°C изменяется от 0.18 до 0.24, что является приемлемым результатом для применения материала "Хардкарб-ТПГ" в узлах трения космических аппаратов, работающих на поверхности планеты Венера. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании узлов трения.

Список литературы

1. Fox V., Jones A., Nathalie M. Renevier, Teer D.G. Hard lubricating coatings for cutting and forming tools and mechanical components // Surface and Coatings Technology. – 2000. – Vol.125(1). – P. 347-353.
2. Ashlie Martini, Mohammad R. Vazirisereshk, David A. Strubbe, Mehmet Z Baykara. Solid Lubrication with MoS₂: A Review// Lubricants. – 2019. – Vol. 7. – P. 57.
3. Chowdhury P., Sehitoglu H., Rateick R. Damage tolerance of carbon-carbon composites in aerospace application // Carbon. – 2018. – Vol. 126. – P. 382-393.
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. – P.042050.

Сведения об авторах:

Роцин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник, ИМАШ РАН, г.Москва;

Кривошеев Андрей Юрьевич – директор ООО "ГАЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКТ", г.Таганрог.