

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Рощин М.Н.¹, Кривошеев А.Ю.²

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

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

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

Аннотация. Приведены результаты трибологических испытаний углеродосодержащих материалов со сталью 40Х13 в условиях высоких температур. Материал "Хардкарб-ТПГ" имеет лучшие антифрикционные характеристики, чем материал "Хардкарб-ТП". При температуре 300°C, нагрузке 0,67МПа и скорости 0,05м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 2,7 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 400...500°C изменяется от 0.21 до 0.23.

MATERIALS FOR FRICTION UNITS OF ROBOTIC SYSTEMS OPERATING IN EXTREME CONDITIONS

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, testing, surface, material.

Abstract. The results of tribological tests of carbon-containing materials with 40X13 steel at high temperatures are presented. The "Hardcarb-TPG" material has better anti-friction characteristics than the "Hardcarb-TP" material. At a temperature of 300°C, a load of 0.67MPa and a speed of 0.05m/s, the coefficient of friction of the Hardcarb-TPG material is 2.7 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 400...500°C varies from 0.21 to 0.23.

Введение

Работа механизмов в экстремальных условиях, например, при высоких температурах, связана с функционированием подвижных управляемых узлов и агрегатов. Необходимо обеспечить работоспособность роботизированных систем в экстремальных условиях на атомных электростанциях, в подвижных платформах и роботизированных системах, например, при работе на поверхности планеты Венера. Использование промышленных роботов в литейном производстве обеспечивает безопасную работу при высоких температурах [1]. 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. Для работы в экстремальных условиях

решить поставленные вопросы могут новые антифрикционные материалы, способные работать 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. В процессе работы в узле трения повышается температура, 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 [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 возможность применения углеродосодержащих материалов в узлах трения роботизированных систем, работающих в экстремальных условиях.

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 300 – 700 °С при нагрузке 0.67 МПа и скорости скольжения 0.05 м/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" и "Хардкарб-ТПГ" в паре со сталью 40Х13 в диапазоне температур 300...700°С при скорости скольжения 0.05м/с и нагрузке 0.67МПа 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 400...500°С изменяется в пределах 0.21-0.23. При температуре 300°С, нагрузке 0.67МПа и скорости 0.05м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 2.7 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".

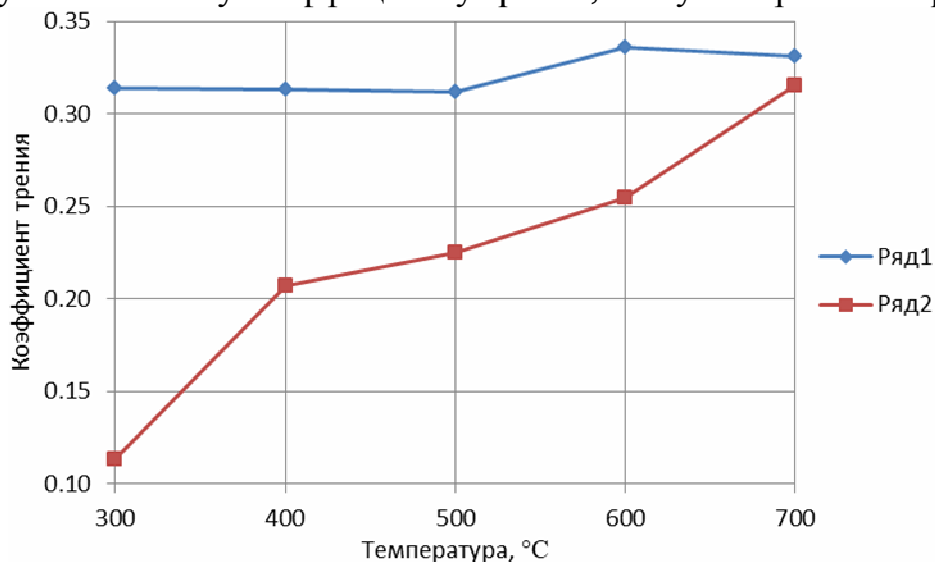


Рис. 1. Изменение коэффициента трения от температуры при нагрузке 0.67МПа и скорости 0.05м/с материалов: 1-"Хардкарб-ТП", 2-"Хардкарб-ТПГ"

Выводы. Материал "Хардкарб-ТПГ" имеет лучшие антифрикционные характеристики, чем материал "Хардкарб-ТП". Так при температуре 300°C, нагрузке 0.67 МПа и скорости 0.05м/с коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" меньше в 2.7 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 400...500°C изменяется от 0.21 до 0.23, что является приемлемым результатом для применения материала "Хардкарб-ТПГ" в узлах трения роботизированных систем, работающих в экстремальных условиях. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании узлов трения.

Список литературы

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 368 с.
2. Mohammad R. Vazirisereshk, Ashlie Martini, David A. Strubbe and Mehmet Z. Baykara. Solid Lubrication with MoS₂: A Review // Lubricants. – 2019. – Vol. 7. – No. 57. – P. 1-35.
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., в.н.с., ИМАШ РАН, г.Москва;

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