

УЗЛЫ ТРЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Рощин М.Н.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва

Ключевые слова: трение, модификаторы, коэффициент трения, нагрузка, высокотемпературные испытания, антифрикционность, материал Арголон.

Аннотация. В статье приведены результаты высокотемпературных испытаний углерод-углеродного материала «Арголон-2D», поверхность трения которого модифицирована селеном, политетрафторэтиленом и теллуром. Модификаторы поверхности трения материала «Арголон-2D» улучшают антифрикционные свойства, уменьшают значение коэффициента трения. В диапазоне температур 20...500°C привлекательными является модификатор (Se-ПТФЭ), которые обеспечивают значения коэффициента трения в диапазоне 0,09...0,20. При скорости 0,16 м/с и температуре 500°C коэффициент трения у материала «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ) ниже на 88%, чем у материала «Арголон-2D», а коэффициент трения материала «Арголон-2D»+Te ниже на 36% соответственно.

FRICTION UNITS OF ROBOTICS IN EXTREME CONDITIONS

Roshchin M.N.

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

Keywords: friction, modifiers, coefficient of friction, load, high temperature testing, antifricition, Argolon material.

Abstract. The article presents the results of high-temperature tests of “Argolon-2D” carbon-carbon material, the friction surface of which is modified with selenium, polytetrafluoroethylene and tellurium. “Argolon-2D” friction surface modifiers improve antifricition properties and reduce the coefficient of friction. In the temperature range of 20...500°C, the modifier (Se-PTFE) is attractive, which provides values of the coefficient of friction in the range of 0.09...0.20. At a speed of 0,16 m/s and a temperature of 500°C the coefficient of friction of Argolon-2D+(Se-PTFE) material is 88% lower than that of “Argolon-2D”, and the coefficient of friction of “Argolon-2D”+Te is 36% lower, respectively.

Введение. С развитием технического прогресса значительное внимание уделяется разработке и внедрению робототехники в экстремальных условиях, например, для ядерных инспекциях, в освоении космоса и добыче полезных ископаемых, в чрезвычайных ситуациях. Экстремальные ситуации – наиболее сложная сфера применения робототехники. Особенно сложными являются нештатные, т.е. аварийные ситуации, поскольку в них в отличие от экстремальных штатных ситуаций (в космосе, под водой, в производственных технологических процессах) имеет место наряду с экстремальными внешними условиями априорная неизвестность не только этих условий, но и самих подлежащих выполнению операций [1, 2]. Проектирование, изготовление и эксплуатация узлов трения и агрегатов, работающих при высоких температурах, требует сочетание определенных условий. Работоспособность шарниров в условиях высоких температур зависит от конструктивных особенностей шарнира и материалов, образующих пару трения. При высоких температурах в парах трения возможно применение твердых смазочных покрытий [3]. 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 [4]. Технологии производства УУКМ постоянно совершенствуются. Отсутствие триботехнических характеристик материала УУКМ при высоких температурах сдерживает применение УУКМ в узлах трения.

Цель работы – исследование работоспособности углерод-углеродных материалов для узлов шарниров робототехники, работающих в условиях высоких температур.

Материалы и методы исследований. Образцы изготовлены из объемно-армированного углерод-углеродного композиционного материала марки «Арголон-2D». В качестве ответной пары при трении использовались образцы из коррозионностойкой стали 40X13. Для улучшения трибологических параметров поверхности трения материала «Арголон-2D» в паре со сталью 40X13 производилась модификация поверхности трения антифрикционными материалами. Материал «Арголон-2D» имеет пористую структуру и для повышения его антифрикционности поверхности поверхностные поры заполнялись модификаторами: селеном (Se) и политетрафторэтиленом (ПТФЭ); теллуром (Te).

Трибологические испытания проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [5]. Испытания образцов углерод-углеродного материала с измененной структурой поверхности трения для проводились в интервале температур 20-800°C в условиях нормальной нагрузки 1,0 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. 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 «Арголон-2D», «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ) и «Арголон-2D»+Te, при температуре 20-800°C, нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,16 м/с приведены на рисунке 1. С увеличением температуры испытаний более 300°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» растет по сравнению с материалом «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ) и «Арголон-2D»+Te. Так при скорости 0,16 м/с и температуре 500°C коэффициент трения у материала «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ) ниже на 88%, чем у материала «Арголон-2D», а коэффициент трения материала «Арголон-2D»+Te ниже на 36% соответственно. Модификатор (Se-ПТФЭ) обеспечивает работоспособность материала «Арголон-2D» при низком коэффициенте трения до температуры 500°C, который составляет 0,09...0,20 при температурном диапазоне 20...500°C.

С увеличением температуры более 300°C при испытании материала «Арголон-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.

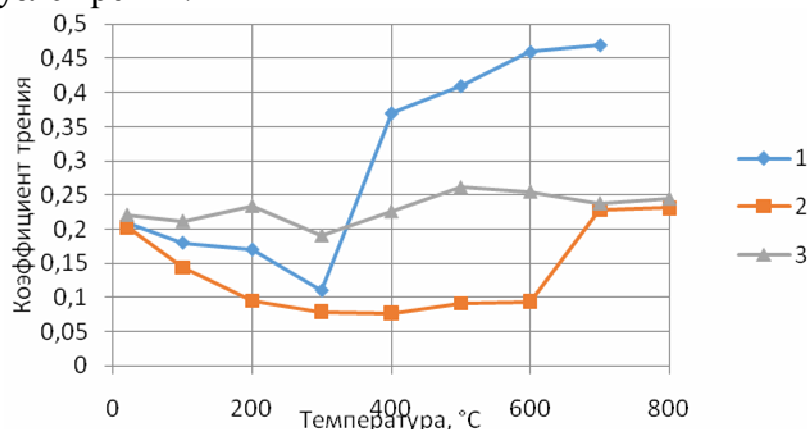


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0 МПа, скорости 0,16 м/с материалов: 1 – «Арголон-2D», 2 – «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ), 3 – «Арголон-2D»+ Te

Выводы

Модификаторы поверхности трения материала «Арголон-2D» улучшают антифрикционные свойства, уменьшают значение коэффициента трения. В диапазоне температур 20...500°C привлекательными является модификатор (Se-ПТФЭ), которые обеспечивают значения коэффициента трения в диапазоне 0,09...0,20. При скорости 0,16 м/с и температуре 500°C коэффициент трения у материала «Арголон-2D»+(Se-ПТФЭ) ниже на 88%, чем у материала «Арголон-2D», а коэффициент трения материала «Арголон-2D»+Te ниже на 36% соответственно. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании шарниров, работающих при высокой температуре.

Список литературы

1. Chie Takahashi, Manuel Giuliani, Barry Lennox, William R. Hamel, Rustam Stolkin and Claudio Semini. Robotics in Extreme Environments // Frontiers in Robotics and AI. 2021, vol. 8, p. 744092. doi.org/10.3389/frobt.2021.744092.
2. Юревич Е.И. Роботы ЦНИИ РТК на Чернобыльской АЭС и развитие экстремальной робототехники. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 264 с.
3. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена (MoSe₂) // Материаловедение. – 2019. – №11. – С. 9-13. – DOI: 10.31044/1684-579X-2019-0-11-9-13.
4. Новые материалы / Колл. авторов; Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
5. 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. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

Сведения об авторе:

Роцин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.