

УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: коэффициент трения, нагрузка, скорость скольжения, трибологические испытания, углерод-углеродный материал.

Аннотация. Приведены результаты трибологических испытаний материалов Арголон-2D, Хардкарб-ТПГ, Углекон-Т в паре со сталью 40X13. Материал Хардкарб-ТПГ в температурном диапазоне 400...700°C имеет лучшие антифрикционные характеристики, чем материалы Арголон-2D и Углекон-Т. Работоспособность материалов Арголон-2D и Хардкарб-ТПГ в узлах трения подтверждена до температуры 700°C.

CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIALS IN FRICTION UNITS OF ROBOTIC SYSTEMS AT HIGH TEMPERATURES

Roshchin M.N.

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

Keywords: coefficient of friction, load, sliding speed, tribological tests, carbon-carbon material.

Abstract. The results of tribological tests of Argolon-2D, Hardcore-TPG, Carbon-T materials paired with 40X13 steel are presented. The Hardcore-TPG material in the temperature range of 400...700°C has better antifricition characteristics than Argolon-2D and Carbon-T materials. The operability of Argolon-2D and Hardcore-TPG materials in friction nodes has been confirmed to a temperature of 700°C.

Введение. Современная техника работает в широком диапазоне климатических условий, особенно при повышенных температурах. Узлы трения промышленного оборудования, например, печи металлургических производств, роботизированные механические устройства по обслуживанию энергетического оборудования, узлы трения авиационной и ракетно-космической техники. При высоких температурах изменяются механические свойства материалов, зазоры в узлах трения и искажается геометрическая форма деталей, изменяются условия смазки трущихся поверхностей [1]. При высокой температуре создается дополнительное напряженное состояние в узле трения, ограничивается использование жидких смазочных материалов. Вязкость смазочной пленки при повышении температуры уменьшается, что приводит к ее разрушению и трение поверхностей трения переходит в граничный режим и в сухое трение. Контактующие поверхности при граничной смазке разделены не сплошным смазочным слоем, который не в состоянии воспринимать нагрузку на опору. При отсутствии смазочного слоя в контакт входят шероховатости поверхностей трения, что впоследствии приводит к повышению температуры и износу. При высоких температурах, необходимо снижать коэффициент трения. Применение

новых антифрикционных материалов в узлах трения, способных работать при высоких температурах, позволяет создавать работоспособные агрегаты с низким коэффициентом трения. Материалы, применяемые в узлах при высоких температурах, должны обеспечивать его работоспособность и надежность. Для повышения антифрикционности узла трения используют высокотемпературные смазки или твердые смазочные материалы и покрытия (ТСП) [2]. В отличие от жидких масел при их использовании не требуется специальных уплотнений и систем циркуляции смазки, что значительно упрощает конструкции узлов трения. Применение ТСП исключает необходимость периодического введения смазочного материала, что особенно в процессе эксплуатации летательных аппаратов и роботизированных систем. Для работы узлов трения в условиях агрессивной атмосферы и высоких температур используют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) [3]. Трибологическим параметрам материалов УУКМ не достаточно изучены, поэтому их применение в узлах трения при высоких температурах сдерживается.

Цель работы – исследовать трибологические свойства углерод-углеродных композиционных материалов для узлов трения роботизированных систем при высоких температурах

Материалы и методы исследований. Проводились трибологические исследования углерод-углеродных композиционных материалов: Арголон-2D, Хардкарб-ТПГ, Углекон-Т. Ответной парой при трении использовались образцы из жаропрочной коррозионностойкой стали 40X13. Трибологические исследования проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4]. Испытание проводилось на образцах по схеме «диск-палец» в интервале температур 300...700°C при нагрузке 1,0 МПа и скорости скольжения 0,16 м/с. Испытания моделировали условия работы натурального узла трения роботизированных систем при высоких температурах. В процессе испытаний в режиме онлайн проводилось измерение момента трения и температуры.

Результаты и обсуждение. При испытании материалов Арголон-2D, Хардкарб-ТПГ, Углекон-Т в паре со сталью 40X13 в диапазоне температур 300...700°C при скорости скольжения 0,16 м/с и нагрузке 1,0 МПа была установлена зависимость коэффициента трения от температуры (рис. 1). При увеличении температуры более 300°C коэффициент трения испытываемых материалов возрастает. При температуре 400°C коэффициент трения материала Хардкарб-ТПГ имеет самое низкое значение 0,19, это меньше в 1,28 раза, чем коэффициент трения материала Углекон-Т и меньше в 1,74 раза, чем коэффициент трения материалов Арголон-2D. При температуре 500°C коэффициент трения материала Хардкарб-ТПГ меньше 1,67 раза, чем коэффициент трения материала Углекон-Т и меньше в 1,62 раза, чем коэффициент трения материалов Арголон-2D. Работоспособность материала Углекон-Т в узлах трения подтверждена до температуры 500°C. Работоспособность материалов Арголон-2D и Хардкарб-ТПГ в узлах трения подтверждена до температуры 700 °C. Выбор материалов для узлов трения осуществляется по температурному режиму и значению коэффициента трения.

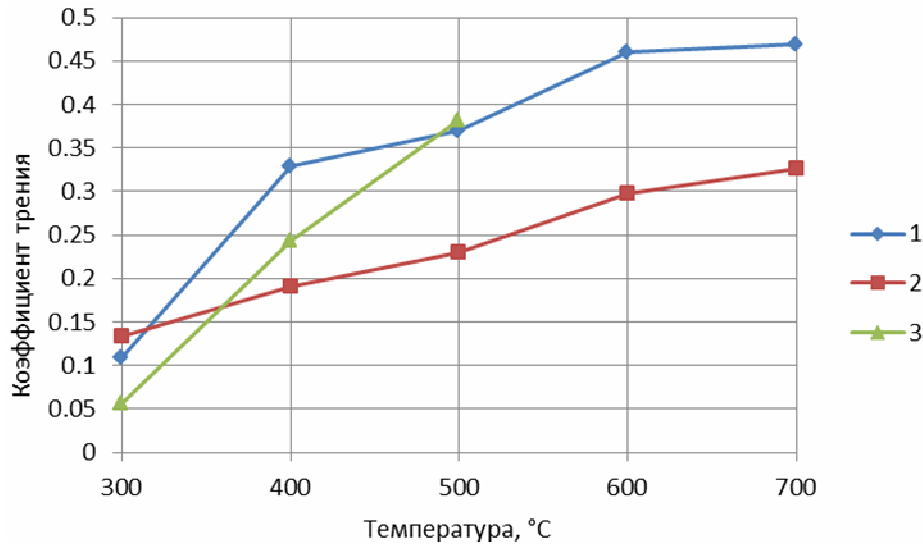


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0 МПа, скорости 0,16 м/с материалов: 1 – Арголон-2D; 2 – Хардкаרב-ТПГ; 3 – Углекон-Т

Выводы. Материал Хардкаרב-ТПГ в температурном диапазоне 400...700°C имеет лучшие антифрикционные характеристики, чем материалы Арголон-2D и Углекон-Т. Работоспособность материалов Арголон-2D и Хардкаרב-ТПГ в узлах трения подтверждена до температуры 700°C. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании узлов трения роботизированных систем, работающих в экстремальных температурных условиях.

Список литературы

1. Богданович, П.Н., Прушак В.Я., Богданович С.П. Трение, смазка и износ в машинах: учебник – Минск: Тэхналогія, 2011. – 527 с.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена (MoSe_2) // *Материаловедение*.–2019. – №11. – С. 9-13.
3. Новые материалы / Колл. авторов; Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
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.