

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ТЕЛЛУРОМ НА УМЕНЬШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: углерод-углеродный материал, коэффициент трения, высокотемпературные испытания, модифицированная поверхность, Арголон-2D, сталь 40X13.

Аннотация. Работа посвящена высокотемпературным трибологическим испытаниям углерод-углеродного материала "Арголон-2D" при трении по стали 40X13 в температурном диапазоне от +20 до +800°C в атмосферных условиях. Проведенные исследования показали, что модифицированная поверхность материала "Арголон-2D"+Tl в паре со сталью 40X13 улучшает антифрикционные свойства поверхности трения. При температуре +300...+600°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Tl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,19-0,26. При температуре +500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Tl меньше в 1,4 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D".

THE EFFECT OF MODIFICATION OF THE FRICTION SURFACE OF A CARBON-CARBON MATERIAL BY TELLURIUM ON REDUCING THE COEFFICIENT OF FRICTION AT HIGH TEMPERATURE

Roshchin M.N.

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

Keywords: carbon-carbon material, coefficient of friction, high temperature testing, modified surface, Argolon-2D, steel 40X13.

Abstract. The work is devoted to high-temperature tribological tests of "Argolon-2D" carbon-carbon material under friction on 40X13 steel in the temperature range from +20 to +800°C in atmospheric conditions. Studies have shown that the modified surface of "Argolon-2D"+Tl material paired with 40X13 steel improves the antifriction properties of the friction surface. At a temperature of +300...+600°C the coefficient of friction of the modified Argolon-2D+Tl surface retains a low value, which is 0.19-0.26. At a temperature of +500°C, the coefficient of the modified "Argolon-2D" surface+Tl is 1.4 times less than the coefficient of friction of the "Argolon-2D" material.

Введение

Развитие современной техники при снижении массово-габаритных размеров и увеличение удельных нагрузок в исполнительных органах требует применение новых материалов, обеспечивающих в узлах трения при высоких температурах низкий коэффициент трения. Применение новых антифрикционных материалов, конструктивных и технологических решений может обеспечить работоспособность узла трения при высокой температуре [1]. Обеспечить повышение антифрикционности поверхностей трения в

условиях высоких температур можно при использовании твердых смазочных материалов и покрытий [2]. Для повышения антифрикционности подшипников скольжения при повышенных температурах применяют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ). Материалы УУКМ имеют низкую плотность, хорошие характеристики удельной прочности и стойкости к адгезионному схватыванию, перспективны для применения в авиационной и космической технике [3]. Трибологические параметры УУКМ при высоких температурах в узлах трения изучены не достаточно.

Цель работы – изучить возможность модификации поверхности трения углерод-углеродного материала теллуром на уменьшение коэффициента трения при высокой температуре.

Материалы и оборудование. Эксперименты по изучению поставленной задачи проводились на углерод-углеродном композиционном материале марки "Арголон-2D". Трибологические испытания проводились на паре "Арголон-2D" – сталь 40X13 на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, обеспечивающим режим трения образцов по пальчиковой схеме в интервале температур от + 20 до +800°C в условиях диапазона нормальных нагрузок от 0,3 до 1,0 МПа [4]. Результаты испытаний по данной схеме образцов можно распространять на другие схемы подшипников скольжения. Температура образцов при испытаниях контролировалась термопарой хромель-алюмель. Испытание образцов проводились в условиях вращательного движения с постоянной угловой скоростью, линейная скорость составляла 0,16 м/с, осевая нагрузка составляла 1,0 МПа, температура +20...+800°C. Температура на поверхности трения и момент трения в процессе испытаний измерялись непрерывно. Испытания проведены в нормальных атмосферных условиях.

Результаты эксперимента

Для повышения антифрикционных свойств углерод-углеродного материала производилась модификация поверхности трения "Арголон-2D". Материал "Арголон-2D" имеет пористую структуру, поэтому для изменения структуры поверхности трения производили насыщение поверхности трения парами антифрикционного материала теллура (Тl) в защитной камере. Обработка проводилась при температуре 850°C. Испытания проводились на двух видах образцов: "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl в паре со сталью 40X13. В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,16 м/с образцов из материала "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl (рис. 1).

При увеличении температуры от +20 С до +300°C коэффициент трения для материалов "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl имеет низкое значение. При температуре выше 300°C происходит окисление углерода на поверхности трения материала "Арголон-2D" и коэффициент трения резко растет. При температуре +300...+600°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,19-0,26. При температуре +500°C коэффициент модифицированной

поверхности "Арголон-2D"+Тl меньше в 1,4 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D". Модифицированная поверхность трения улучшает защиту от воздействия кислорода атмосферы.

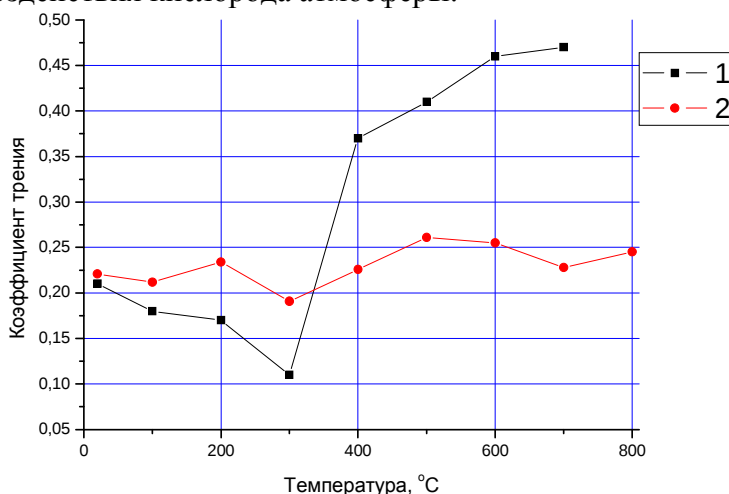


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0 МПа, скорости 0,16 м/с материалов: 1 – "Арголон-2D", 2 – "Арголон-2D"+Тl

Выводы

Модифицированная поверхность материала "Арголон-2D"+Тl в парах теллура в паре со сталью 40Х13 улучшает антифрикционные свойства поверхности трения. При температуре +300...+600°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,19-0,26. При температуре +500°C коэффициент модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl меньше в 1,4 раз, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D". Полученные результаты высокотемпературных трибологических исследований могут быть полезны при конструировании пар трения для работы при высокой температуре.

Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
2. 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.
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. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

References

1. Garkunov D.N. Tribotechnics (wear and tear): Textbook. – 4th ed., revised and add. – М.: Publ. house of the MSAA, 2001. – 616 p.

2. Lobova T.A., Marchenko E.A. Influence the state of the basics on the structure and tribological characteristics of coatings diselenide molybdenum (MoSe_2) // Materials Science. 2019, no. 11, pp. 9-13. DOI: 10.31044/1684- 579X-2019-0-11-9-13.
3. New materials / Call of authors; Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – M.: MISIS, 2002. – 736 p.
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. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

Рощин Михаил Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Roshchin Mikhail Nikolaevich – candidate of technical sciences, leading researcher
Roschin50@yandex.ru	

Received 25.04.2025