

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-46-92-95>

УЛУЧШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАБОТЫ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рощин М.Н.

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

Ключевые слова: углерод-углеродный материал, трение, коэффициент трения, нагрузка, скорость, высокотемпературные испытания, контактное давление.

Аннотация. Работа посвящена высокотемпературным трибологическим испытаниям углерод-углеродного материала "Арголон-2D" при трении по стали 40X13 в температурном диапазоне от +20 до +700°C в атмосферных условиях. Проведенные исследования показали, что модифицированная поверхность материала "Арголон-2D" + (Se-ПТФЭ) в парах селена и политетрафторэтилена в паре со сталью 40X13 улучшает антифрикционные свойства поверхности трения. При температуре +300...+600°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D" + (Se-ПТФЭ) сохраняет низкое значение, которое составляет 0,08-0,1. При температуре +500°C коэффициент модифицированной поверхности "Арголон-2D" + (Se-ПТФЭ) меньше в 45 раз, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D".

IMPROVEMENT OF TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CARBON-CARBON MATERIAL FOR OPERATION AT HIGH TEMPERATURES

Roshchin M.N.

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

Keywords: carbon-carbon material, friction, coefficient of friction, load, speed, high temperature testing, contact pressure.

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 +700°C in atmospheric conditions. Studies have shown that the modified surface of Argolon-2D+(Se-PTFE) material in pairs of selenium and polytetrafluoroethylene 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+(Se-PTFE) surface retains a low value, which is 0,08-0,1. At a temperature of +500°C, the coefficient of modified Argolon-2D+(Se-PTFE) surface is 45 times less than the coefficient of friction of Argolon-2D material.

Введение

При космических полетах к планетам солнечной системы необходимо обеспечить работоспособность узлов трения исполнительных органов при высоких температурах. Обеспечить надежную работу узлов трения при повышенных температурах можно путем применения антифрикционных материалов в узлах трения, конструктивных и технологических решений. Использование жидких смазочных материалов в узлах трения, работающих в открытом космосе, в связи с высокой испаряемостью, не целесообразно.

Условия эксплуатации узлов трения, особенно высокие температуры, приводят к повышению коэффициента трения поверхностей и износу, в результате к потере работоспособности оборудования. Для понижения коэффициента трения в сопряжении необходимо повышать антифрикционность пар трения, необходимо применять материалы, имеющие в паре трения низкий коэффициент трения [1]. Использование твердых смазочных материалов в узлах трения повышает антифрикционность поверхностей трения в условиях высоких температур [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]. Триботехнические свойства УУКМ при высоких температурах изучены не достаточно.

Цель работы – исследование трибологических параметров углерод-углеродного материала с целью расширения температурного диапазона его применения в узлах трения.

Материалы и оборудование. Для исследования был выбран углерод-углеродный композиционный материал марки "Арголон-2D" и материал контртела – сталь 40Х13. Трибологические испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, обеспечивающим режим трения образцов по пальчиковой схеме в интервале температур от +20 до +700°С 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 0,67 МПа, температура +20...+700°С. 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 антифрикционными материалами в защитной камере. Обработка проводилась в среде селена и политетрафторэтилена (Se-ПТФЭ) при температуре 810°С. Испытания проводились на 2 видах образцов: "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) в паре со сталью 40Х13. В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 0,67 МПа и скорости 0,16 м/с образцов из материала "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) (рис. 1).

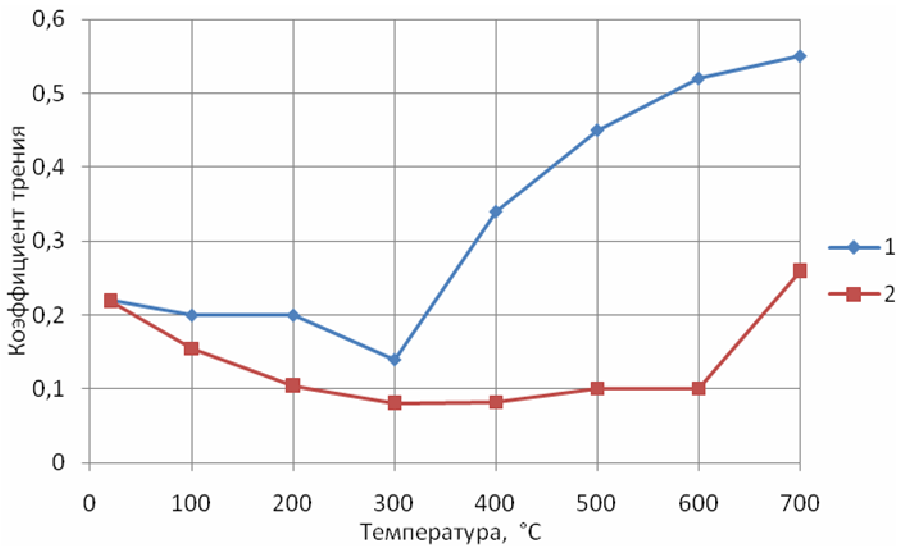


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,67МПа, скорости 0,16 м/с материалов: 1 – "Арголон-2D", 2 – "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ)

При увеличении температуры от +20°C до +300°C коэффициент трения для материалов "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) 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"+(Se-ПТФЭ) сохраняет низкое значение, которое составляет 0,08-0,1. При температуре +500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) меньше в 45 раз, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D". Модифицированная поверхность трения улучшает защиту от воздействия кислорода атмосферы.

Выводы

Модифицированная поверхность материала "Арголон-2D" в парах селена и политетрафторэтилена в паре со сталью 40Х13 улучшает антифрикционные свойства поверхности трения. При температуре +300...+600°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) сохраняет низкое значение, которое составляет 0,08-0,1. При температуре +500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+(Se-ПТФЭ) меньше в 45 раз, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D". Полученные результаты высокотемпературных трибологических исследований могут быть полезны при конструировании шарниров космических аппаратов.

Список литературы

1. Ярош В.М., Моишеев А.А., Броновец М.А. Исследование материалов на трение и износ в открытом космическом пространстве на орбите вокруг Луны // Трение и износ. – 2003. – Т. 24, №6. – С. 626-635.

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. – 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. Yarosh V.M., Moisheev A.A., Bronovets M.A. Investigation of materials for friction and wear in outer space in orbit around Moons // Friction and wear. 2003, vol. 24, no. 6, pp.626-635.
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. – М.: 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 21.02.2025