

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-48-62-65>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛЛУРОМ

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, нагрузка, сталь 40X13.

Аннотация. В работе приведены результаты высокотемпературных трибологических испытаний углерод-углеродного материала "Арголон-2D" при трении по стали 40X13 в температурном диапазоне от +20 до +500°C в атмосферных условиях. Проведенные исследования показали, что модифицированная поверхность материала "Арголон-2D"+Tl в паре со сталью 40X13 имеет лучшие антифрикционные свойства поверхности. При температуре +20...+500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Tl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,22-0,26. При температуре +500°C коэффициент модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Tl меньше в 1,42 раза, чем коэффициент трения "Арголон-2D".

INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PARAMETERS OF CARBON-CARBON MATERIAL DURING SURFACE MODIFICATION WITH TELLURIUM

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, load, steel 40X13.

Abstract. The paper presents the results of high-temperature tribological tests of "Argolon-2D" carbon-carbon material under friction on 40X13 steel in the temperature range from +20 to +500°C in atmospheric conditions. The conducted studies have shown that the modified surface of the "Argolon-2D"+Tl material paired with 40X13 steel has the best antifriction properties of the surface. At a temperature of +20 – +500°C the coefficient of friction of the modified "Argolon-2D"+Tl surface retains a low value, which is 0,22-0,26. At a temperature of +500 °C, the "Argolon-2D"+Tl modified surface coefficient is 1,42 times less than the "Argolon-2D" friction coefficient.

Введение

Исследование трибологических параметров в узле трения имеет важное значение при проектировании подшипников скольжения и особенно при работе при высоких температурах. Увеличение удельных нагрузок в узлах трения и повышению температуры при эксплуатации приводит к увеличению массово габаритных размеров узлов трения. Применение новых антифрикционных материалов, конструктивных и технологических решений может обеспечить работоспособность узла трения при высокой температуре

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

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

Материалы и оборудование. Исследование повышения антифрикционных свойств углерод-углеродного композиционного материала проводилось на материале "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 пар трения. 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 0,5 и 1,0 МПа, температура – +20...+500°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 "Арголон-2D" модификация поверхности трения проводилась антифрикционным материалом теллур (Тl) в защитной камере при температуре 850°C. Испытания проводились на 2 видах образцов: "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl в паре со сталью 40X13. В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 0,5 и 1,0 МПа и скорости 0,16 м/с образцов из материала "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl (рис. 1).

Низкий коэффициент трения "Арголон-2D" сохраняет до температуры +300°C. При температуре выше +300°C происходит окисление углерода на поверхности трения материала "Арголон-2D" и коэффициент трения резко растёт. В диапазоне температуры от +20°C до +500°C коэффициент трения для материала "Арголон-2D"+Тl сохраняет стабильное значение и составляет 0,22-0,26. При температуре +500°C коэффициент модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl меньше в 1,42 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D". Модифицированная поверхность трения улучшает защиту от воздействия кислорода атмосферы.

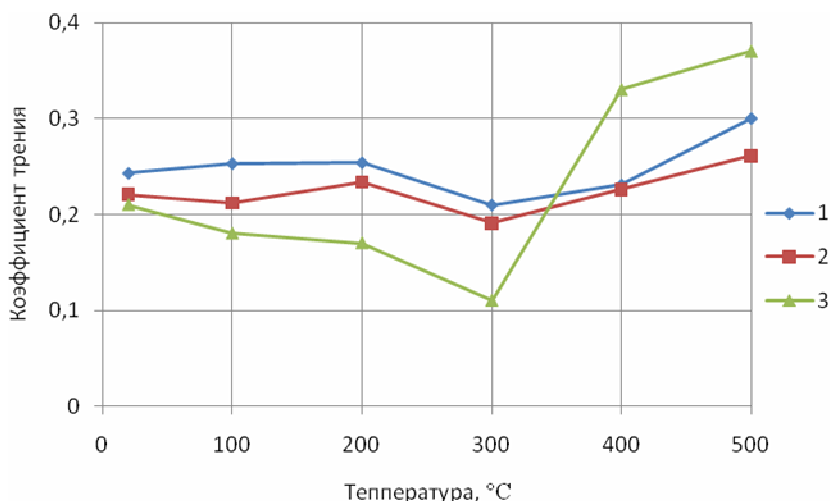


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения материала “Арголон-2D” модифицированного теллуром от температуры при скорости 0,16м/с, нагрузке, МПа: 1 – 0,5, “Арголон-2D”+Тl; 2 – 1,0, “Арголон-2D”+Тl; 3 – 1,0, “Арголон-2D”

Выводы

Модифицированная поверхность материала "Арголон-2D"+Тl теллуром в паре со сталью 40Х13 имеет лучшие антифрикционные свойства. При температуре +20...+500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,22-0,26. При температуре +500°C коэффициент модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl меньше в 1,42 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. Buyanovskii I.A., Tatur I.R., Samusenko V.D., Solenov V.S. Effect of Antifriction Solid Additives on the Temperature Stability of Bentonite Greases // Journal of Friction and Wear. 2020, vol. 41, pp. 492-496. DOI: 10.3103/S1068366620060057.
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. Buyanovskii I.A., Tatur I.R., Samusenko V.D., Solenov V.S. Effect of Antifriction Solid Additives on the Temperature Stability of Bentonite Greases // Journal of Friction and Wear. 2020, vol. 41, pp. 492-496. DOI: 10.3103/S1068366620060057.

2. Lobova T.A., Marchenko E.A. Influence the state of the basics on the structure and tribological characteristics of coatings diselenide molybdenum (MoSe₂) // 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 26.06.2025