

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2025-23-60-63>

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПРИ ТРЕНИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ТЕЛЛУРОМ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Роцин 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", поверхность трения которого модифицирована теллуrom 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"+Тl в паре со сталью 40X13 имеет хорошие антифрикционные свойства. При температуре +20...+300°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,188-0,255. При температуре +500°C коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,05 м/с выше в 1,15 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,16 и 0,25 м/с.

THE EFFECT OF VELOCITY DURING FRICTION OF A MODIFIED SURFACE OF A CARBON-CARBON MATERIAL WITH TELLURIUM ON 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, load, steel 40X13.

Abstract. The paper presents the results of high-temperature tribological tests of "Argolon-2D" carbon-carbon material, the friction surface of which is modified with tellurium during 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 good antifricition properties. At a temperature of +20...+300°C the coefficient of friction of the modified "Argolon-2D"+Tl surface retains a low value, which is 0.188-0.255. At a temperature of +500°C, the coefficient of friction of the modified "Argolon-2D"+Tl surface at a speed of 0.05 m/s is 1.15 times higher than the coefficient of friction of the "Argolon-2D"+Tl material at speeds of 0.16 and 0.25 m/s.

Введение

Узлы трения промышленного оборудования (печи, прокатные станы, энергетические установки и др.) работают при высоких температурах. Повышению температур в узлах трения наблюдается при создании

авиационной и ракетно-космической техники. Повышение удельных нагрузок в узлах трения и повышение температуры при эксплуатации приводит к увеличению массово габаритных размеров узлов трения. Для обеспечения работоспособности узлов трения при высокой температуре необходимо использовать новые антифрикционные материалы, применять новые конструктивные и технологические решения [1]. Для обеспечения работоспособности узлов трения при высоких температурах обосновано также применение твердых смазочных материалов, антифрикционных покрытий, углерод-углеродных композиционных материалов (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. Применение УУКМ при высоких температурах в узлах трения тормозится из-за недостаточности информации по трибологическим параметрам.

Цель работы – исследовать трибологические параметры модифицированной поверхности трения углерод-углеродного материала теллуром для работы в узлах трения при высокой температуре.

Материалы и оборудование. Исследование модификации для повышения антифрикционных свойств поверхности трения проводилось на углерод-углеродном композиционном 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 диапазоне 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 проводилось в условиях вращательного движения с постоянной угловой скоростью, линейная скорость составляла: 0,05; 0,16; 0,25 м/с, осевая нагрузка составляла 0,67 МПа, температура +20...+500 °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 "Арголон-2D" модификация поверхности трения проводилась антифрикционным материалом теллур (Тl) в защитной камере при температуре 820 °С. 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 температуре +20...+500°C, нагрузке 0,67 и скорости: 0,05; 0,16; 0,25 м/с образцов из материала "Арголон-2D" и "Арголон-2D"+Тl (рис. 1).

До температуры +300°C коэффициент трения "Арголон-2D"+Тl сохраняет низкое значение, которое составляет 0,188-0,255. При температуре выше +300°C происходит окисление углерода на поверхности трения материала "Арголон-2D" и коэффициент трения резко растёт. При

температуре +500 °С коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,05 м/с выше в 1,15 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,16 и 0,25 м/с.

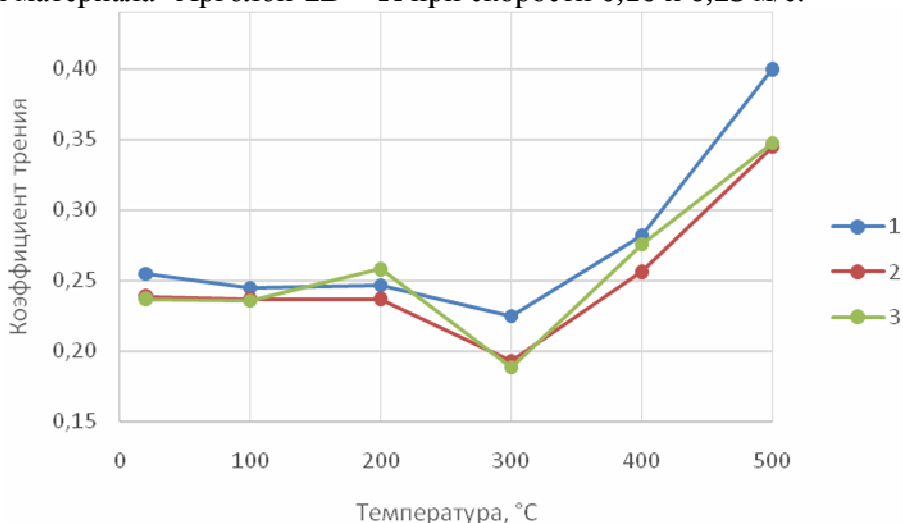


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,67 МПа материала "Арголон-2D" +Тl при скорости, м/с: 1 – 0,05; 2 – 0,16; 3 – 0,25

Выводы

Модифицированная поверхность материала "Арголон-2D"+Тl теллуром в паре со сталью 40Х13 имеет хорошие антифрикционные свойства при температуре до +300°С, коэффициент трения находится в диапазоне 0,188-0,255. При температуре +500°С коэффициент трения модифицированной поверхности "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,05 м/с выше в 1,15 раза, чем коэффициент трения материала "Арголон-2D"+Тl при скорости 0,16 и 0,25 м/с. 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 (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. Garkunov D.N. Tribotechnics (wear and tear): Textbook. – 4th ed., rev. and add. – M.: Publ. house of the Ministry of Agriculture, 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. Karbasov. – 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 05.09.2025