

## УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИЙ МАТЕРИАЛ, МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СЕЛЕНОМ И ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОСТИ

*Рощин М.Н., Лукьянов А.И.*

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, нагрузка, скорость, высокотемпературные испытания, контактное давление.

**Аннотация.** Работа посвящена высокотемпературным трибологическим испытаниям углеродосодержащего материала при трении по стали 40X13 в температурном диапазоне от +20 до +700 °С в атмосферных условиях. В диапазоне температур +300°С...+500°С коэффициент трения модифицированной поверхности "Хардкарб-ТП"+Se-ПТФЭ при нагрузке 0,67 МПа и скоростях 0,05; 0,16; 0,25 м/с изменяется в диапазоне 0,20...0,26. При температуре +300 °С коэффициент трения при скорости 0,16 м/с и 0,25 м/с выше, чем при скорости 0,05м/с на 15 и 30% соответственно.

## CARBON-CONTAINING MATERIAL MODIFIED WITH SELENIUM AND TETRAFLUOROETHYLENE TO INCREASE ANTIFRICTION

*Roshchin M.N., Lukyanov A.I.*

**Keywords:** friction, coefficient of friction, load, speed, high-temperature tests, contact pressure.

**Abstract.** The work is devoted to high-temperature tribological tests of a carbon-containing material under friction on 40X13 steel in the temperature range from +20 to +700°C under atmospheric conditions. In the temperature range +300°C...+500°C the coefficient of friction of the modified surface "Hardcarb-TP" +Se-PTFE at a load of 0.67MPa and speeds of 0.05; 0.16; 0.25 m/s varies in the range of 0.20...0.26. At a temperature of +300°C, the coefficient of friction at a speed of 0.16m/s and 0.25m/s is higher than at a speed of 0.05m/s by 15 and 30%, respectively.

### **Введение**

Эксплуатация узлов трения и агрегатов при высоких температурах увеличивает энерговыделение в узле трения. Это приводит к повышению коэффициента трения поверхностей и износу. Для понижения коэффициента трения в сопряжении необходимо повышать антифрикционность пар трения, необходимо применять материалы, имеющие в паре трения более низкий коэффициент трения [1]. Для повышения антифрикционности поверхностей трения, уменьшения коэффициента трения в условиях высоких температур используют твердые смазочные покрытия [2] или же в структуру материала вводят специальные антифрикционные добавки [3]. При работе в условиях высоких температур большой интерес представляют углеродосодержащие композиционные материалов (УУКМ) [4]. Материалы УУКМ имеют низкую плотностью, хорошие характеристики прочности и стойкости к адгезионному схватыванию. Триботехнические свойства УУКМ при высоких температурах изучены мало.

**Цель работы** – модификация поверхности трения углеродосодержащего материала селеном и тетрафторэтиленом для повышения антифрикционности при высоких температурах при трении по стали 40X13.

**Материалы и оборудование.** Модификация поверхности трения проводилась на материале марки "Хардкарб-ТП" [5]. В пате трения был использован материал контртела – сталь 40Х13. Трибологические испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000. Стенд обеспечивает режим трения образцов по схеме «диск-палец» в интервале температур от + 20 до +700 °С при нормальной нагрузке 0,67 МПа [6]. Результаты испытаний по данной схеме образцов можно распространять на другие схемы подшипников скольжения. Температура образцов при испытаниях контролировалась термопарой хромель-алюмель с регистрацией на приборе ZET 7120. Линейная скорость устанавливалась дискретно и составляла 0,05; 0,16 и 0,25 м/с. В процессе испытаний температура на поверхности трения и момент трения измерялись непрерывно. Испытания проводились в нормальных атмосферных условиях.

### Результаты эксперимента.

Для повышения антифрикционных свойств углеродосодержащего материала производилась модификация поверхности трения "Хардкарб-ТП". Материал "Хардкарб-ТП" 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 820 °С. Испытания проводились на "Хардкарб-ТП"+Se-ПТФЭ. По результатам испытаний была установлена зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,67 МПа и скорости 0,05; 0,16; 0,25 м/с образцов из материала "Хардкарб-ТП"+ Se-ПТФЭ (рис. 1).

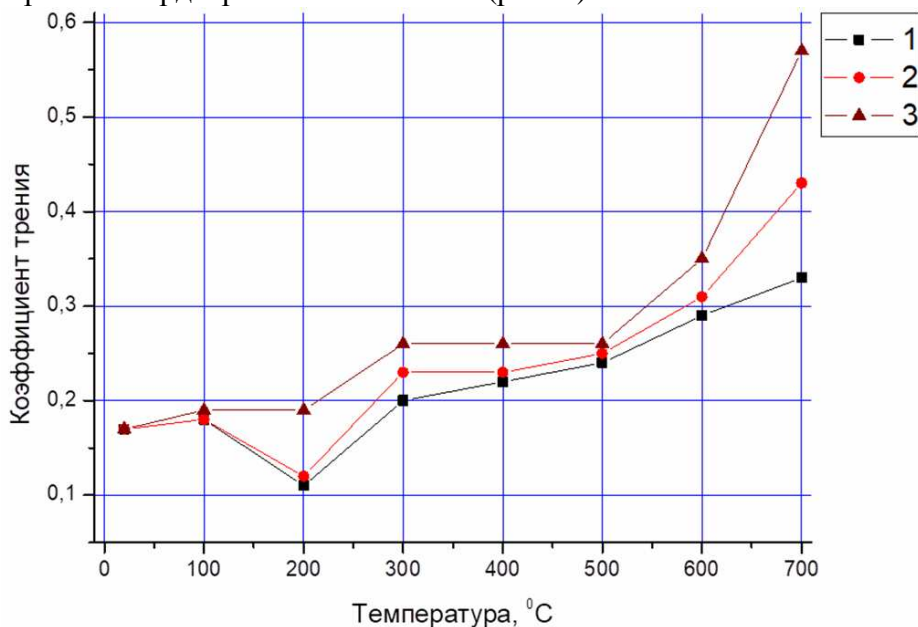


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения материала "Хардкарб-ТП"+ Se-ПТФЭ от температуры при нагрузке 0,67 МПа и скорости, м/с: 1-0,05; 2-0,16; 3-0,25

При увеличении температуры от +200 °С до +700 °С коэффициент трения растёт. В диапазоне температур +300 °С...+500 °С коэффициент трения модифицированной поверхности "Хардкарб-ТП"+Se-ПТФЭ при нагрузке 0,67 МПа и скоростях 0,05; 0,16; 0,25 м/с изменяется в диапазоне 0,20...0,26. При температуре +300 °С коэффициент трения при скорости 0,16 м/с и 0,25 м/с выше, чем при скорости 0,05 м/с на 15 и 30% соответственно.

### **Выводы**

Модифицированная поверхность трения материала "Хардкарб-ТП" в парах селена и политетрафторэтилена в паре со сталью 40Х13 улучшает антифрикционные свойства поверхности трения. В диапазоне температур +300 °С...+500 °С коэффициент трения модифицированной поверхности.

"Хардкарб-ТП"+Se-ПТФЭ при нагрузке 0,67 МПа и скоростях 0,05; 0,16; 0,25 м/с изменяется в диапазоне 0,20...0,26. При температуре +300 °С коэффициент трения при скорости 0,16 м/с и 0,25 м/с выше, чем при скорости 0,05 м/с на 15 и 30% соответственно.

### **Список литературы**

1. Злотников И.И., Шаповалов В.М. повышение антифрикционных свойств керамических покрытий, полученных методом МДО на алюминиевых сплавах // Трение и износ. 2019. Т. 40, №5. С. 469-472.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена (MoSe<sub>2</sub>) // Материаловедение. 2019. № 11. С. 9-13.
3. Al-Saadi D.A.Y, Pershin V.F., Salimov B.N. and Montaeв S.A Modification of graphite greases graphene nanostructures // Journal of Friction and Wear. 2017. Vol. 38. № 5. P. 355-358.
4. Новые материалы. Колл. авторов / Под научной редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
5. Roshchin M.N., Krivosheev A.Yu., Mishanova V.G. Carbon-based materials in friction units at high temperatures // Journal of Physics: Conference Series 1679 (2020) 042099.
6. Roshchin M.N., Markachev N.A., Bogachev V.A. Tribology of carbon-containing materials in the carbon dioxide environment at high temperatures // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862 (2020) 062063.

### **References**

1. Zlotnikov I.I., Shapovalov V.M. improving antifriction properties of ceramic coatings obtained by the method of MDO on aluminum alloys // Friction and wear. 2019. Vol. 40, No. 5. P. 469-472.
2. Lobova T.A., Marchenko E.A. Influence the state of the basics on the structure and tribological characteristics of coatings diselenide molybdenum (MoSe<sub>2</sub>) // Materials Science. 2019. No. 11. P. 9-13.

3. Al-Saadi D.A.Y., Pershin V.F., Salimov B.N. and Montaeв S.A Modification of graphite greases graphene nanostructures // Journal of Friction and Wear. 2017. Vol. 38. № 5. P. 355-358.
4. New materials. Team of authors / Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – M.: MISIS, 2002. – 736 p.
5. Roshchin M.N., Krivosheev A.Yu., Mishanova V.G. Carbon-based materials in friction units at high temperatures // Journal of Physics: Conference Series 1679 (2020) 042099.
6. Roshchin M.N., Markachev N.A., Bogachev V.A. Tribology of carbon-containing materials in the carbon dioxide environment at high temperatures // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862 (2020) 062063.

<b>Рошин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical Sciences, leading researcher, Roschin50@yandex.ru
<b>Лукьянов Алексей Игоревич</b> – инженер, alexxx0072@rambler.ru	<b>Lukyanov Aleksey Igorevich</b> – engineer, alexxx0072@rambler.ru
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва, Россия,	Blagonravov Institute of Mechanical Engineering, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*Received 15.06.2021*