

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ТРЕНИЯ

*Рошин М.Н.*

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г.Москва*

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

**Аннотация.** Работа посвящена высокотемпературным лабораторным трибологическим испытаниям модифицированной поверхности трения УУКМ. Установлено, что модифицированная поверхность трения УУКМ в среде MoSe-SnSe-ПТФЭ, InSb-Se-ПТФЭ, Ni-Se-ПТФЭ при нагрузке 0,5МПа и 1,0МПа может применяться в узлах трения в диапазоне температур 20-500°С, а модифицированная поверхность трения УУКМ в среде Se-ПТФЭ может применяться в узлах трения в диапазоне температур 20-600°С.

## COMPARATIVE TESTS OF CARBON-CONTAINING MATERIALS WITH A MODIFIED FRICTION SURFACE

*Roshchin M.N.*

*Blagonravov Institute of Mechanical Engineering,  
Russian Academy of Sciences, Moscow*

**Keywords:** friction, coefficient of friction, load, speed, high temperature tests, modified surface, contact pressure, CCCM.

**Abstract.** This work is devoted to high-temperature laboratory tribological tests of a modified CCCM friction surface. It is established that a modified friction surface CCCM in the environment MoSe-SnSe-PTFE, InSb-Se-PTFE, Ni-Se-PTFE at a load of 0.5 MPa and 1.0 MPa can be applied in friction in the temperature range 20-500°С, and a modified friction surface CCCM in the environment Se-PTFE can be used in friction in the temperature range 20-600°С.

Для обеспечения работоспособности узлов трения в экстремальных условиях, например при высоких температурах, необходимы новые материалы. Чтобы проверить работоспособность узла трения при проведении испытаний, необходимо создать условия близкие к реальным. Для создания реальных условий в эксперименте необходимо создать специальное оборудование, разработать специальные методики эксперимента.

Одним из перспективных материалов для работы в узлах трения при высоких температурах является углерод-углеродный композиционный материал (УУКМ), содержащий углеродный армирующий элемент в виде дискретных волокон. Достоинствами УУКМ являются малая плотность (1,3 – 2,1 т/м<sup>3</sup>); высокая теплоемкость, высокая коррозионная стойкость; высокая прочность и жесткость [1]. Однако, УУКМ в узлах трения при высоких температурах имеет высокое значение коэффициента трения [2].

**Цель работы** – провести сравнительные испытания и изучить поведение коэффициента трения при модификации поверхности трения УУКМ для работы в узлах трения без смазки в паре со сталью 40Х13.

Для улучшения трибологических параметров УУКМ (композиционный материал марки «Арголон-2D») производилось изменение структуры поверхности трения. Учитывая пористость материала УУКМ, поверхность трения насыщалась [3]:

- MoSe-SnSe при температуре 860°C с последующей обработкой в среде политетрафторэтилена (ПТФЭ);
- антимонидом индия (InSb) с последующей обработкой в среде селена (Se) и ПТФЭ, обработка образцов из УУКМ проходила в защитной камере при температуре 800°C;
- Ni с последующей обработкой в среде Se и ПТФЭ, обработка образцов из УУКМ проходила в защитной камере при температуре 750°C;
- среде Se и ПТФЭ. Процесс обработки образцов из УУКМ проводился в защитной камере при температуре 820°C.

Сравнительные трибологические испытания образцов УУКМ, обработанных в среде MoSe-SnSe-ПТФЭ, InSb-Se-ПТФЭ, Ni-Se-ПТФЭ и Se-ПТФЭ проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, разработанном в ИМАШ РАН. При испытаниях контролировалась нагрузка, приложенная на испытуемые образцы, линейная скорость, время испытаний и температура. Образцы для испытания имели следующий размер - 10x10x8 мм. В качестве ответной пары была выбрана сталь 40X13. Общая площадь контакта составляла 300мм<sup>2</sup>, образцы располагались на диске при среднем диаметре – 66мм, линейная скорость - 0,16м/с, осевая нагрузка составляла 0,5 и 1,0МПа, температура испытаний составляла 20-600°C. При испытаниях измерялась температура на поверхности трения и момент трения [4].

По результатам испытаний установлены зависимости коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,5МПа рис. 1 и при нагрузке 1,0МПа рис. 2.

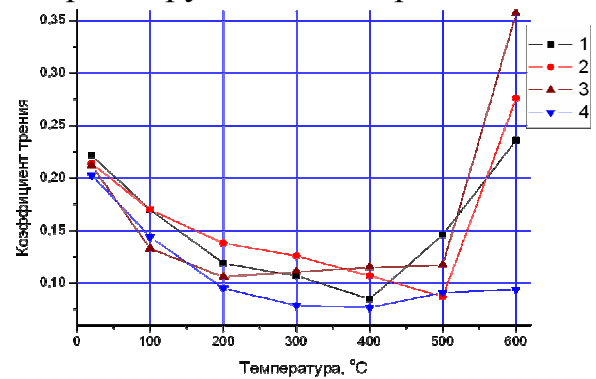
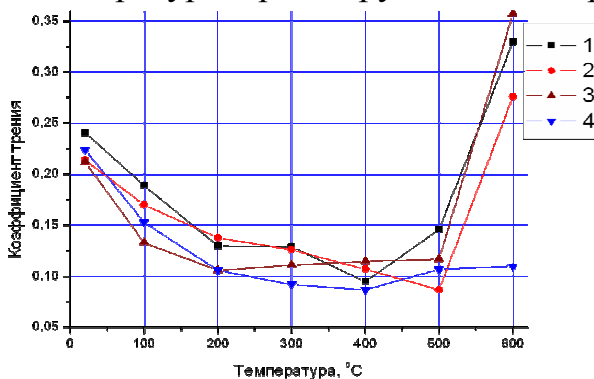


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,5МПа и скорости 0,16м/с для: 1- MoSe-SnSe-ПТФЭ, 2-InSb-Se-ПТФЭ, 3-Ni-Se-ПТФЭ, 4-Se-ПТФЭ

Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0МПа и скорости 0,16м/с для: 1- MoSe-SnSe-ПТФЭ, 2-InSb-Se-ПТФЭ, 3-Ni-Se-ПТФЭ, 4-Se-ПТФЭ

Коэффициент трения модифицированной поверхности УУКМ при нагрузке 0,5МПа, 1,0МПа и температуре 20°C находится в диапазоне 0,20-0,24, а при температуре 500°C находится в диапазоне 0,09-0,15. С увеличением температуры более 500°C при нагрузке 0,5МПа и 1,0МПа коэффициент трения для модифицированной поверхности MoSe-SnSe-ПТФЭ, InSb-Se-ПТФЭ, Ni-Se-ПТФЭ

резко возрастает и находится в диапазон 0,24-0,36. Модифицированная поверхность в среде Se-ПТФЭ при нагрузке 0,5МПа и 1,0МПа сохраняет низкое значение коэффициента трения 0,09-0,11.

### **Выводы**

Модифицированная поверхность трения УУКМ в среде MoSe-SnSe-ПТФЭ, InSb-Se-ПТФЭ, Ni-Se-ПТФЭ при нагрузке 0,5МПа и 1,0МПа может применяться в узлах трения в диапазоне температур 20-500°С, а модифицированная поверхность трения УУКМ в среде Se-ПТФЭ может применяться в узлах трения в диапазоне температур 20-600°С.

### **Список литературы**

1. Новые материалы. Колл. авторов. Под научной ред. Ю.С. Карабасова. – М: МИСИС, 2002. – 736 с.
2. Алисин В.В., Рошин М.Н., Лукьянов А.И. и др. Разработка и исследование узлов трения, работающих при высоких температурах, применительно к космическим аппаратам // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 1. С. 61-65.
3. Рошин М.Н. Модификация поверхности трения УУКМ с целью снижения коэффициента трения при высоких температурах // Механика и машиностроение. Наука и практика: Материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбФ НИЦ МС, 2018. – №1. – С. 78-80.
4. Алисин В.В. Новые конструкционные материалы на основе наноструктурированных кристаллов диоксида циркония // Развитие науки и образования: Коллективная монография. – Чебоксары, 2018. – С. 5-15.

### Сведения об авторе:

*Рошин Михаил Николаевич* – к.т.н., в.н.с., ИМАШ РАН, г. Москва.