

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ УУКМ ПАРАМИ СЕЛЕНИДА ОЛОВА ДЛЯ РАБОТЫ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Рошчин М.Н.*

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

**Аннотация.** Работа посвящена высокотемпературным лабораторным трибологическим испытаниям углерод-углеродного композиционного материала и его модификации. Установлено, что модифицированная поверхность трения УУКМ в среде SnSe-ПТФЭ в паре со сталью 40Х13 при температуре 500°С и нагрузке 1,0 МПа имеет коэффициент трения в 5,6 раз меньше, чем у УУКМ, а при нагрузке 0,5МПа коэффициент трения в 5,9 раз меньше, чем у УУКМ.

## MODIFICATION OF SURFACE FRICTION CCCM PAIRS OF TIN SELENIDE FOR HIGH TEMPERATURES

*Roshchin M.N.*

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

**Abstract.** The work is devoted to high-temperature laboratory tribological tests of carbon-carbon composite material and its modification. It is established that a modified friction surface CCCM in the environment of SnSe-PTFE mated with steel 40H13 at a temperature 500°C and a load of 1.0 MPa, the friction coefficient is 5.6 times less than that of the CCCM, and at a load of 0.5 MPa the friction coefficient is 5.9 times less than that of CCCM.

Работоспособность узлов трения при высоких температурах требует разработки новых материалов. Поиск новых материалов и правильный выбор их для узлов трения – один из эффективных путей повышения надежности и долговечности машин. Проблема выбора материалов для узлов трения усложняется еще тем, что в экстремальных условиях испытаний работы узлов трения необходимо создать условия близкие к реальным. Моделирование работы узлов трения, работающих при высоких температурах, осложняется созданием специального оборудования и методики проведения эксперимента. Отсутствие унифицированных методов испытаний объясняется сложностью процессов, происходящих при трении, наличием большого числа факторов, влияющих на процесс трения.

Большой интерес при создании узлов трения представляют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), содержащие углеродный армирующий элемент в виде дискретных волокон. Достоинствами УУКМ являются малая плотность (1,3 – 2,1 т/м<sup>3</sup>); высокие теплоемкость, сопротивление тепловому удару, эрозии и облучению; низкие коэффициенты трения и линейного расширения; высокая коррозионная стойкость; широкий диапазон электрических свойств (от проводников до полупроводников); высокие прочность и жесткость [1]. Широкое применение УУКМ в узлах трения при высоких температурах сдерживается в связи с тем, коэффициент трения имеет высокое значение.

**Цель работы** - изучить возможность модификации поверхности трения для уменьшения коэффициент трения материала УУКМ при трении без смазки по стали 40X13 при удельной нагрузке 0,5 и 1,0 МПа и диапазоне температур (20...500°C).

Для решения поставленной задачи производилась модификация поверхности трения УУКМ [2]. Для уменьшения коэффициента трения УУКМ поверхность трения обрабатывалась в среде:

- селенида олова (SnSe) и политетрафторэтилена (ПТФЭ). Процесс обработки образцов из УУКМ проводился в защитной камере при температуре 880°C в парах SnSe.

- на втором этапе полученные образцы насыщались при температуре 680°C в парах ПТФЭ.

Испытаниям были подвергнуты 2 вида образцов: УУКМ и УУКМ, обработанных в среде SnSe и ПТФЭ. Сравнительные трибологические испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, разработанном в ИМАШ РАН, обеспечивающий режим трения образцов по пальчиковой схеме в интервале температур 20...500°C в условиях удельных нагрузок 0,12...1,0МПа [3].

В процессе испытаний осуществлялся контроль нагрузки на испытуемые образцы, скорость вращения шпинделя установки, время испытаний и температура. Регистрация момента трения и осуществляется с использованием тензометрических датчиков ZET 7111 Tensometer CAN. Данные передаются в цифровом виде по интерфейсу CAN 2.0, используя протокол Modbus.

Для испытаний использовался объемно-армированные углерод-углеродные композиционные материалы марки «Арголон-2D».

Испытания проводились на образцах 10x10x8 мм, изготовленных из УУКМ, в паре трения со сталью 40X13. Площадь контакта составляла 300мм<sup>2</sup>, средний диаметр расположения образцов – 66 мм, линейная скорость – 0,16м/с, осевая нагрузка: 0,5 и 1,0МПа. В процессе испытаний измерялась температура на поверхности трения и момент трения.

В результате испытаний было установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 0,5 и 1,0 МПа и температуре от 20°C до 500°C для испытуемых образцов материалов: УУКМ и УУКМ, обработанных в среде SnSe и ПТФЭ. Результаты испытаний приведены на рис. 1 и 2.

Обработанная поверхность трения УУКМ в среде SnSe-ПТФЭ при трении по стали 40X13 в режимах температур от 20°C до 500°C имеет более низкий коэффициент трения при нагрузке 0,5 и 1,0МПа. При нагрузке 1,0МПа и температуре 500°C коэффициент трения для образцов, обработанных в среде SnSe-ПТФЭ, ниже на 82%, чем у УУКМ. При нагрузке 0,5МПа и температуре 500°C коэффициент трения для образцов, обработанных в среде SnSe-ПТФЭ, ниже на 83%, чем у УУКМ. При температуре 20°C и нагрузке 1,0 МПа коэффициент трения образцов, обработанных в среде SnSe-ПТФЭ, ниже на 27%, чем у образцов УУКМ, а при нагрузке 0,5МПа коэффициент трения

образцов, обработанных в среде SnSe-ПТФЭ, ниже на 16%, чем у образцов УУКМ.

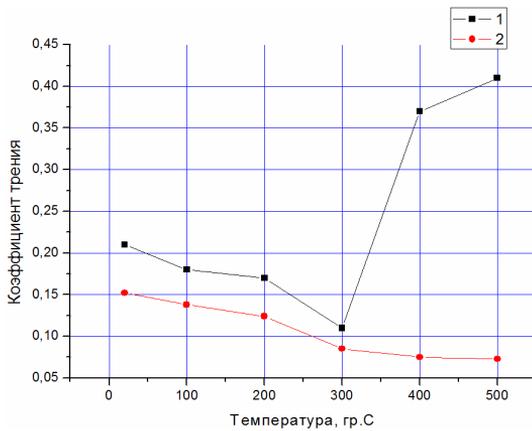


Рис.1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0МПа материалов: 1-УУКМ, 2-SnSe-ПТФЭ

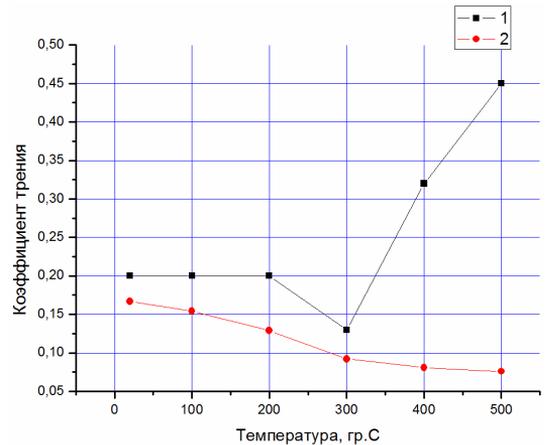


Рис.2. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 0,5МПа материалов: 1-УУКМ, 2-SnSe-ПТФЭ

### Выводы

Проведенные исследования показали, что модифицированная поверхность трения УУКМ в среде SnSe-ПТФЭ в паре со сталью 40X13 при температуре 500°C и нагрузке 1,0 МПа имеет коэффициент трения в 5,6 раз меньше, чем у УУКМ, а при нагрузке 0,5МПа коэффициент трения в 5,9 раз меньше, чем у УУКМ.

### Список литературы

- а. 1. Новые материалы. Колл. авторов. Под научной редакцией Ю.С. Карабасова. – М: МИСИС. – 2002 – 736 с.
2. Рощин 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.
3. Алисин В.В., Юдкин В.Ф. Исследование физико-механических свойств наномодифицированного углерод-углеродного композита фрикционного назначения термар // Деформирование и разрушение композиционных материалов и конструкций Труды Третьей международной конференции. 2018. С. 7-9.

### References

1. New material. Call. authors. Under the editorship of Yu.S. Karabasov. – М: MISIS. – 2002 – 736 p.
2. Roshchin M.N. Modification of the friction surface of CCCM to reduce the coefficient of friction at high temperatures // Mechanics and engineering.

Science and practice Materials of the international scientific-practical conference. SPb.: SPbB SRC MS, 2018. №1. P. 78-80.

3. Alisin V.V., Yudkin V.F. Investigation of physical and mechanical properties of nanomodified carbon-carbon composite of frictional purpose termar// Deformation and destruction of composite materials and structures Proceedings of the Third international conference. 2018. P. 7-9.

<b>Рошин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук, Россия, г. Москва, Roschin50@yandex.ru	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher. Institute of mechanical engineering named A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow, Roschin50@yandex.ru
--	---

*Received 01.04.2019*