

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИТА В ПОДШИПНИКЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ТРЕНИИ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Лукьянов А.И.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: углерод-углеродный композит, подшипники скольжения, пара трения УУКМ-сталь, трение в гидравлической жидкости, УУКМ модифицированный диселенидом вольфрама, халькогениды.

Аннотация. Упорный подшипник скольжения в конструкции которого использован углерод-углеродный композит как опорная неподвижная деталь и вращающаяся деталь – втулка из стали. Весь узел помещен в чашку с гидравлической жидкостью. Скорость вращения втулки постоянна – 2,5 м/с, давление в интервале от 0,618 до 2,077 МПа. Были проведены замеры коэффициента трения когда УУКМ не модифицирован и с модификацией диселенидом вольфрама. В результате полученных данных – коэффициенты трения отличаются незначительно.

THE USE OF CARBON-CARBON COMPOSITE IN A SLIDING BEARING UNDER FRICTION IN A HYDRAULIC FLUID.

Lukyanov A.I.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Keywords: carbon-carbon composite, sliding bearings, friction pair UCM-steel, friction in hydraulic fluid, UCM modified with tungsten diselenide, chalcogenides.

Abstract. A thrust sliding bearing in the construction of which a carbon-carbon composite is used as a supporting fixed part and a rotating part – a sleeve made of steel. The entire assembly is placed in a cup with hydraulic fluid. The rotation speed of the sleeve is constant – 2,5 m/s, pressure in the range from 0,618 to 2,077 MPa. Measurements of the coefficient of friction were carried out when the UCM is not modified and modified with tungsten diselenide. As a result of the data obtained, the friction coefficients differ slightly.

Введение. Подшипники скольжения конструктивно намного проще чем подшипники качения, а значит и существенно дешевле. Поэтому интерес к ним не ослабевает. В условиях появления новых материалов подшипники скольжения успешно конкурируют с подшипниками качения. Такой материал как углерод-углеродный композит, обладающий такими качествами как: малый вес, прочность, термостойкость несколько не уступает металлам. В связи с повышенными требованиями к экологии в работе [1] проведен численный анализ подшипника скольжения при гидродинамической смазке водой. Расчеты связаны с получением трибологических характеристик подшипников скольжения изготовленных в основном из металлокерамики и полимеров. Результаты подтверждены экспериментально. Авторы работы [2] исследовали трибохарактеристики полимерных материалов армированных углеродным

волокном. Напечатанные на 3D-принтере образцы изучали на возвратно-поступательное скольжение в сухих условиях и с водной смазкой по нержавеющей стали. Результаты этой работы имеют значение для улучшения конструкции 3D-принтера при печати методом экструзии материалов для трибологических применений. В [3] Марченко Е.А. и Лобова Т.А. показали преимущества использования диселенидов тугоплавких металлов в сравнении с дисульфидом молибдена. Приведен пример успешного применения в узле трения в космической Лунной программе, где важно снижение пускового момента трения после продолжительного не функционирования узла.

Цель работы – на основе эксперимента построить графики зависимости коэффициентов трения, при постоянной скорости, от нагрузки не модифицированного и модифицированного углерод-углеродного композита.

Материалы. Был выбран УУКМ с плотностью $1,61 \text{ г/см}^3$ и пористостью 16% в виде круга, втулка – сталь 40Х с твердостью HRC 52..54, смазка – гидравлическая жидкость АМг-10.

Оборудование и технологии. Расположение элементов подшипника – вертикальное, в чашке с гидравлической жидкостью: внизу круг из УУКМ, который упирается во вращающуюся втулку. Нагрузка прикладывается через рычаги снизу. С помощью пьезодатчика данные момента трения выводились на компьютер. Подробное описание конструкции в [4]. Модификация УУКМ-образца осуществлялась методом пропитки раствором соли вольфрама с последующим насыщением парами селена в камере с ТВЧ нагревом.

Результаты эксперимента. После проведения испытаний был построен график (рис. 1).

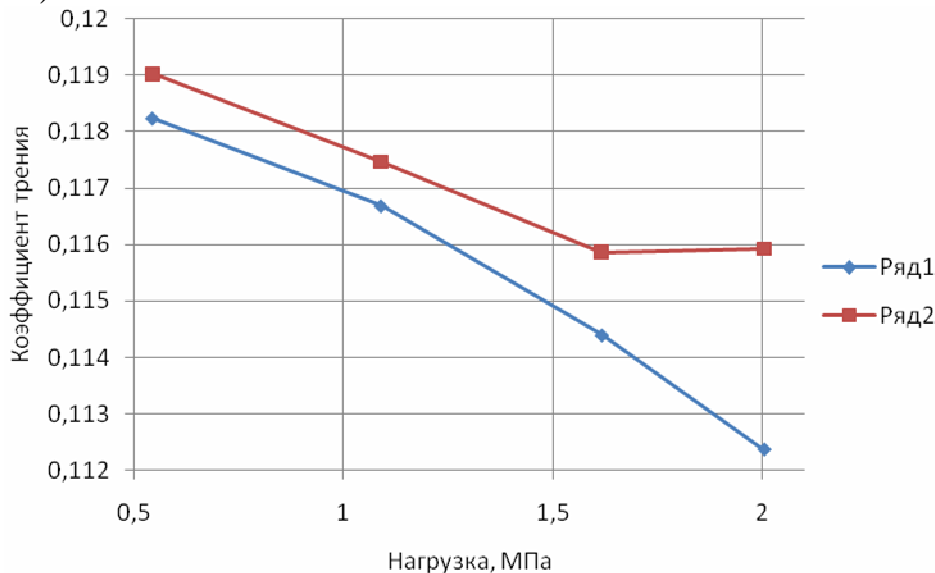


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при скорости 2.5 м/с при смазке АМг-10, температуре 20°C материалов: 1 – УУКМ+(WSe₂); 2 – УУКМ (без насыщения)

Выводы

1. Был проведен количественный анализ наличия диселенида вольфрама на поверхности образца при помощи электронного микроскопа SNE-4500M Plus. Замеры произведены по девяти точкам, усреднены и отображены в таблице 1.

Табл. 1. Химические элементы, зарегистрированные на поверхности образца в процентном соотношении (%).

Se	Al	Si	W
66,46	14,0	1,69	17,81

Из таблицы видно, что помимо селена и вольфрама присутствуют алюмосиликаты, которые вероятнее всего находятся в виде оксидов, а это, как известно, ухудшает коэффициент трения. Наличие в углеродной матрице алюмосиликатов не дает улучшить коэффициент трения с помощью диселенида вольфрама. Поэтому графики на Рис.1 практически совпадают.

2. Необходимо доработать технологию насыщения образца диселенидом вольфрама.

3. Химическое соединение – диселенид вольфрама (WSe_2) имеет кристаллическую структуру аналогичную дисульфиду молибдена (MoS_2). Но обладает большей термостабильностью на воздухе и в вакууме: коэффициент трения 0,02-0,185. Поэтому является перспективным трибологическим материалом.

Список литературы

1. Gao Genyuan, Zhongwei Yin, Dan Jiang, Xuli Zhang. Numerical analysis of sliding bearings during hydrodynamic lubrication with water // International tribology. 2014, vol. 75, pp. 31-38. doi.org/10.1016/j.triboint.2014.03.009.
2. Dakal Nayan, Cayetano Espejo, Ardian Morina, Nazanin Emami. Tribological characteristics of 3D-printed composites in neat and PEEK reinforced with carbon fiber // International Tribology. 2024, vol. 193, 109356. doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109356.
3. Марченко Е.А., Лобова Т.А. Использование диселенидов тугоплавких металлов для обеспечения стабильности работы узлов трения // Вестник научно-технического развития. Национальная Технологическая Группа. – 2009. – №5(21). – С. 16-21.
4. Roshchin M.N. Tribological studies of sliding bearings with fluoroplast when lubricated with hydraulic fluid in pumps // AIP Conf. Proc. 2024, vol. 3102, p.020030. doi.org/10.1063/5.0200009.

Сведения об авторе:

Лукьянов Алексей Игоревич – младший научный сотрудник.