

УДК 621.893:620.178.16

ВЛИЯНИЕ ПРИРАБОТКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННЫХ ТОРМОЗОВ

П. О. БУКОВСКИЙ^{а+}, А. В. МОРОЗОВ^а, А. Н. КИРИЧЕНКО^б

Исследовано влияние приработки на трибологические свойства фрикционных углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) применяемых при производстве авиационных тормозных дисков. Для исследований были выбраны три группы фрикционных материалов, отличающиеся армированием пековой матрицы. Первая и вторая группы образцов были изготовлены из углеродного композита марки “Термар” на основе дискретного графитизированного волокна и отличались между собой длиной филаментов в готовом материале. Третья группа образцов была изготовлена из композита на основе карбонизированного волокна. Коэффициент трения скольжения определялся на трибометре по схеме контакта пальчик—диск при комнатной температуре 23 °С по методике двухфакторного планированного эксперимента в диапазоне нормальных давлений 2—22 МПа и скоростей скольжения 0,03—0,30 м/с. Изучение третьего тела на дорожке трения проводилось методом Рамановской спектроскопией с использованием возбуждающего зелёного лазера с длиной волны 532 нм. Полученные результаты показывают, что приработка исследуемых УУКМ материалов приводит к росту коэффициента трения, за счет появления на дорожке трения третьего тела из тонкого слоя частиц износа. Методом Рамановской спектроскопии было показано, что третье тело в основном содержит углеродные волокна. В работе продемонстрированы перспективы по улучшению фрикционных свойств УУКМ за счёт повышения трибологических свойств углеродных волокон используемых при изготовлении композитов.

Ключевые слова: углеродные композитные материалы, карбонизированные волокна, графитизированные волокна, углеродные тормоза, третье тело, фрикционная плёнка.

DOI: 10.32864/0202-4977-2020-41-4-448-456

Литература

1. Крамаренко Е. И., Кулаков В. В., Кенигфест А. М., Лисовский С. А., Мозалев В. В. Авиационные тормоза с углеродными фрикционными дисками // Трение и износ. — 2006 (27), № 3, 290—298
2. Чичинадзе А. В., Кожемякина В. Д., Суворов А. В. Методика расчета температурного поля в модельных кольцевых образцах при двухстороннем трении на новой универсальной машине трения ИМ-58-т2 применительно к многодисковым тормозам самолетов // Трение и износ. — 2010 (31), № 1, 38—47
3. Awasthi S. and Wood J. L. C/C Composite Materials for Aircraft Brakes // Advanced Ceramic Materials. — 1988 (3), no. 5, 449—451
4. Костиков В. В., Демин А. В., Кулаков В. В., [и др.] Фрикционные углерод-углеродные материалы “Термар” // В сб. “Современные проблемы производства и эксплуатации углеродной продукции”. — 2000, 211—212
5. Голубков А. К., Морозов А. В., Шпенев А. Г. Исследование трибологических свойств материалов, применяемых в направляющих и накладках узла трения многодискового авиационного тормозного механизма // Вестник машиностроения. — 2018, № 9, 36—39
6. Мальцева Л. А., Шарапова В. А. Жидкофазные технологии получения композиционных материалов. Матрицы. Упрочнители. Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. — 2013
7. Abdoa J., Shamseldeen E., and Lafdee K. Humidity Effects on Carbon—Carbon Composites (Fiber Pre-form + CVI) // Materials Science and Engineering A. — 2008 (472), 2—14

а Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН. Россия, 119526, г. Москва, просп. Вернадского, д. 101, к. 1.

б Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов. Россия, 108840, г. Троицк, ул. Центральная, д. 7а.

+ Автор, с которым следует вести переписку. e-mail: bukovskiy.pavel@gmail.com.

8. **Албагачиев А. Ю.** Триботехнические характеристики углеродных материалов тормозных дисков при попадании на поверхности трения антигололедной жидкости // Приводы и компоненты машин. — 2018 (29), № 5, 5—8
9. **Кравчук К. С.** Измерение трибологических свойств покрытий и композиционных материалов на субмикронном и нанометровом масштабах: дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Москва. — 2015
10. **Xiao X., Yin Y., Bao J., Lu L. and Feng X.** Review on the Friction and Wear of Brake Materials // Advances in Mechanical Engineering. — 2016 (8), no. 5, 1—10
11. **Евдокимов Ю. А., Колесников В. И.** Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. — М.: Наука. — 1980.
12. **Добычин М. Н., Морозов А. В., Никулин А. В., Сачек Б. Я., Анисимов А. В.** Планирование эксперимента при исследовании триботехнических характеристик фенольных углепластиков // Вопросы материаловедения. — 2009 (57), № 1, 186—193
13. **Vokobza L., Bruneel J.-L., and Couzi M.** Raman Spectroscopy as a Tool for the Analysis of Carbon-Based Materials (Highly Oriented Pyrolytic Graphite, Multilayer Graphene and Multiwall Carbon Nanotubes) and of Some of Their Elastomeric Composites // Vibrational Spectroscopy. — 2014, no. 74, 57—63

Поступила в редакцию 09.12.19.

После доработки 23.04.20.

Принята к публикации 29.04.20.

Bukovskiy P. O., Morozov A. V., and Kirichenko A. N. **Influence of Running-In on the Friction Coefficient of C/C Composite Materials for Aircraft Brakes.**

In present work experimentally studies the effect of running-in on the tribological properties of friction carbon-carbon (C/C) composite materials used in the production of Russian airplanes brake disc. Three groups of friction material selected for the study, differing in the reinforcement of the pec matrix. The first and second groups samples ware made of carbon composite brands Termar on the basis of discrete graphitized fiber and different from each other in the length of filaments in the finished material. The third group of samples was made of a composite based on carbonized fiber. The friction coefficient was determined on a tribometer according to the scheme of the contact pin on disc at room temperature 23 °C by the method of a two-factor planned experimental in the range normal pressures 2—22 МПа and sliding velocities 0.03—0.30 m/s. The study of the third body on the friction path was carried out by Raman spectroscopy using an exciting green laser with a wavelength of 532 nm. The results obtained in this work show that the running-in of the studied C/C materials leads to an increase in the friction coefficient. This is due to the appearance of a third body on the friction track, which is a thin layer of wear particles. By Raman spectroscopy it was show that the third body mainly contains carbon fibers. In this work demonstrates the prospects for improving the friction properties C/C by increasing the tribological properties of carbon fibers used in the manufacture of composites.

Keywords: carbon composite materials, carbonized fibers, graphitized fibers, carbon brakes, third body, friction film.

Образец цитирования: Буковский П. О., Морозов А. В., Кириченко А. Н. Влияние приработки на коэффициент трения углеродных композитных материалов авиационных тормозов // Трение и износ. 2020. Т. 41. №4. С. 448—456.

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.

Адрес редакции: 246050, ул.Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Full text of articles can be purchased from the editorial office.

Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: FWJ@tut.by

Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>