

УДК 539.621

Влияние направления залегания волокон на изнашивание волокнистого композита

А.Г. Шпенёв, П.О. Буковский

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

Поступила в редакцию 13.12.2022.

После доработки 19.02.2023.

Принята к публикации 21.02.2023.

Изучена зависимость интенсивности изнашивания волокнистого композита от угла между направлением скольжения и направлением залегания волокон на поверхности трения при условии, что волокна в материале расположены параллельно поверхности трения. Поставлен эксперимент по изнашиванию образца композитного материала на основе углеродного волокна и углеродной матрицы в форме диска контртелом из карбид-кремниевой керамики в форме кольца. Структура композита, изготовленного из углеродной ткани саржевого переплетения, образует на поверхности трения участки с волокнами, ориентированными параллельно друг другу и поверхности материала. Постановка эксперимента по схеме «кольцо—диск» позволяет в одном испытании получить разный угол между направлением волокон и направлением скольжения. На основании результатов исследования рельефа поверхности трения после испытаний определена относительная скорость изнашивания участков поверхности, которые характеризуются различным направлением волокон. Установлено, что участки с волокнами, направленными под острым углом к направлению трения, обладают большей износостойкостью, а волокна, находящиеся под прямым углом к направлению скольжения, сильнее подвержены разрушению в процессе износа. Построена модель процесса изнашивания отдельного волокна вплоть до его полного разрушения. Предложен феноменологический критерий разрушения отдельного волокна, позволяющий оценить влияние угла между направлением волокна и направлением скольжения на разрушение волокна. Рассмотрен алгоритм определения коэффициентов, входящих в предложенную модель изнашивания, на основе ограниченного количества трибологических испытаний.

Ключевые слова: углеродный волокнистый композит, трение и износ, фрикционный композит, износ композита.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Адрес для переписки:

А.Г. Шпенёв
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
проспект Вернадского, д. 101, к. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: kel-a-kris@list.ru

Для цитирования:

А.Г. Шпенёв, П.О. Буковский
Влияние направления залегания волокон на изнашивание
волокнистого композита.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 1. — С. 41—50.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Address for correspondence:

A.G. Shpenev
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Pr. Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: kel-a-kris@list.ru

For citation:

A.G. Shpenev and P.O. Bukovskiy
[Influence of the Fiber Bedding Direction on the Fiber Composite
Wear].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 1, pp. 41—50 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Influence of the Fiber Bedding Direction on the Fiber Composite Wear

A.G. Shpenev and P.O. Bukovskiy

*Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Pr. Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia*

Received 13.12.2022.

Revised 19.02.2023.

Accepted 21.02.2023.

Abstract

Study fibrous composite wear rate dependence on the angle between the sliding direction and the direction of the fibers on the friction surface, when fibers in the material are parallel to the friction surface. For this purpose, an experiment was carried out on the wear of a composite material sample based on carbon fiber and a carbon matrix in the form of a disc with a ring-shaped counterbody made of silicon carbide ceramics. The structure of the composite made of carbon twill weave forms on the friction surface areas with fibers oriented parallel to each other and the surface of the material. Setting up the experiment according to the “ring-disk” scheme allows one to obtain a different angle between the direction of the fibers and the direction of sliding in one test. Based on the results of the friction surface relief study after the tests, the relative wear rate of the surface areas, which are characterized by different directions of the fibers, is determined. It was found that areas with fibers directed at an acute angle to the friction direction have greater wear resistance, and fibers located at a right angle to the direction of sliding are more susceptible to destruction during wear. A wear process model of an individual fiber up to its complete destruction is constructed. A phenomenological criterion for the destruction of an individual fiber is proposed, which makes it possible to estimate the effect of the angle between the direction of the fiber and the direction of sliding on the destruction of the fiber. An algorithm for determining the coefficients included in the proposed wear model, based on a limited number of tribological tests, is proposed.

Keywords: carbon fiber composite, friction and wear, composite friction, composite wear.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Адрес для переписки:

А.Г. Шпенёв
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
проспект Вернадского, д. 101, к. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: kel-a-kris@list.ru

Для цитирования:

А.Г. Шпенёв, П.О. Буковский
Влияние направления залегания волокон на изнашивание
волокнистого композита.
Трение и износ.
2023. – Т. 44, № 1. – С. 41–50
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Address for correspondence:

A.G. Shpenev
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Pr. Vernadskogo, 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: kel-a-kris@list.ru

For citation:

A.G. Shpenev and P.O. Bukovskiy
[Influence of the Fiber Bedding Direction on the Fiber Composite
Wear].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 1, pp. 41–50 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-1-41-50

Список использованных источников

1. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. — М.: Наука. — 1970
2. **Zum-Gahr K.H.** Abrasive Wear of Two-Phase Metallic Materials with a Coarse Microstructure // Int. Conf. on Wear of Materials. American Society of Material Engineering. — 1985, 793
3. **Песецкий С.С., Богданович С.П., Мышкин Н.К.** Триботехнические свойства нанокompозитов, получаемых диспергированием наполнителей в расплавах полимеров // Трение и износ. — 2007 (28), № 5, 500—524
4. **Горячева И.Г., Торская Е.В.** Контактные задачи при наличии износа для тел с переменным по поверхности коэффициентом износостойкости // Трение и износ. — 1992 (13), № 1, 185—194
5. **Yen B. and Dharan C.K.H.** A Model for the Abrasive Wear of Fiber-Reinforced Polymer Composites // Wear. — 1996 (195), 123—127
6. **Gun Y. Lee, Dharan C.K.H., and Ritchie R.O.** A Physically-Based Abrasive Wear Model for Composite Materials // Wear. — 2002 (252), 322—331
7. **Shpenev A.** Model of Composite Wear with Abrasive Particles // Advanced Materials. — 2018 (207), 459—468
8. **Goryacheva I.G. and Makhovskaya Yu.Yu.** Modeling of Fiber Composite Wear // Advanced Structured Materials. — 2021 (141), 163—174
9. **Rodríguez-Tembleque L. and Aliabadi M.H.** Friction and Wear Modelling in Fiber-Reinforced Composites // Computer Modeling in Engineering and Sciences. — 2014 (102), no. 3, 183—210
10. **Cheng B. and Kortschot M.** An Energy-Based Model for the Wear of Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Epoxy // Journal of Composite Materials. — 2020 (54), no. 28, 4535—4544
11. **Sharma M., Mohan Rao I., and Bijwe J.** Influence of Fiber Orientation on Abrasive Wear of Unidirectionally Reinforced Carbon Fiber-Polyetherimide Composites // Tribology International. — 2010 (43), 959—964
12. **Shpenev A.G., Muravyeva T.I., Shkalei I.V., Kulakov V.V., and Golubkov A.K.** The Study of the Surface Fracture during Wear of C/C Fiber Composites by SPM and SEM // Procedia Structural Integrity — 2020 (28), 1702—1708
13. **Frankl S., Pletz M., and Schuecker C.** Incremental Finite Element Delamination Model for Fibre Pull-Out Tests of Elastomer-Matrix Composites // Procedia Structural Integrity — 2019 (17), 51—57
14. **Шпенев А.Г.** Влияние термоупругой неустойчивости на износ композитных тормозных дисков // Трение и износ. — 2021 (42), № 1, 52—62
15. **Graf M. and Ostermeyer G.-P.** Efficient Computation of Thermoelastic Instabilities in the Presence of Wear // Wear. — 2014 (312), 11—20

References

1. **Hrushchev M. M., Babichev M. A.** Abrazivnoe iznashivanie. — M.: Nauka. — 1970 (in Russian)
2. **Zum-Gahr K.H.** Abrasive Wear of Two-Phase Metallic Materials with a Coarse Microstructure // Int. Conf. on Wear of Materials. American Society of Material Engineering. — 1985, 793
3. **Pesetskii S.S., Bogdanovich S.P., and Myshkin N.K.** Tribological Behavior of Nanocomposites Produced by the Dispersion of Nanofillers in Polymer Melts // Journal of Friction and Wear. — 2007 (28), 457—475
4. **Goryacheva I.G., Torskaya E.V.** Kontaktnye zadachi pri nalichii iznosa dlya tel s peremennym po poverhnosti koefficientom iznosostojkosti // Trenie i iznos. — 1992 (13), № 1, 185—194 (in Russian)
5. **Yen B. and Dharan C.K.H.** A Model for the Abrasive Wear of Fiber-Reinforced Polymer Composites // Wear. — 1996 (195), 123—127
6. **Gun Y. Lee, Dharan C.K.H., and Ritchie R.O.** A Physically-Based Abrasive Wear Model for Composite Materials // Wear. — 2002 (252), 322—331
7. **Shpenev A.** Model of Composite Wear with Abrasive Particles // Advanced Materials. — 2018 (207), 459—468
8. **Goryacheva I.G. and Makhovskaya Yu.Yu.** Modeling of Fiber Composite Wear // Advanced Structured Materials. — 2021 (141), 163—174
9. **Rodríguez-Tembleque L., and Aliabadi M.H.** Friction and Wear Modelling in Fiber-Reinforced Composites // Computer Modeling in Engineering and Sciences. — 2014 (102), no. 3, 183—210
10. **Cheng B. and Kortschot M.** An Energy-Based Model for the Wear of Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Epoxy // Journal of Composite Materials. — 2020 (54), no. 28, 4535—4544
11. **Sharma M., Mohan Rao I., and Bijwe J.** Influence of Fiber Orientation on Abrasive Wear of Unidirectionally Reinforced Carbon Fiber-Polyetherimide Composites // Tribology International. — 2010 (43), 959—964
12. **Shpenev A.G., Muravyeva T.I., Shkalei I.V., Kulakov V.V., and Golubkov A.K.** The Study of the Surface Fracture during Wear of C/C Fiber Composites by SPM and SEM // Procedia Structural Integrity — 2020 (28), 1702—1708
13. **Frankl S., Pletz M., and Schuecker C.** Incremental Finite Element Delamination Model for Fibre Pull-Out tests of Elastomer-Matrix Composites // Procedia Structural Integrity — 2019 (17), 51—57
14. **Shpenev A.G.** The Influence of the Thermoelastic Instability on the Wear of Composite Brake Discs // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 1, 30—37
15. **Graf M. and Ostermeyer G.-P.** Efficient Computation of Thermoelastic Instabilities in the Presence of Wear // Wear. — 2014 (312), 11—20

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