

УДК 620.178.162

Особенности абразивного износа эластомерного композита с корундовыми микросферами при низких температурах

Н.В. Шадрин, П.Н. Петрова, А.Ф. Федорова, У.В. Евсеева

Федеральный исследовательский центр Якутский научный центр СО РАН,
Институт проблем нефти и газа СО РАН,
ул. Автоторожная, 20, г. Якутск 677007, Россия

Поступила в редакцию 17.11.2020.

После доработки 17.08.2021.

Принята к публикации 20.08.2021.

Приведены результаты исследования износостойкости эластомерных композитов на основе бутадиен-нитрильной резины БНКС-18, содержащих полые корундовые микросферы НСМ-S и НСМ-L, при температурах 22 °С и –34 °С. Показано, что введение корундовых микросфер в резиновую смесь приводит к уменьшению истираемости эластомерного композита как при трении при 22 °С, так и при –34 °С. Методом РЭМ показаны отличительные особенности изнашивания эластомерного композита при разных температурах абразивного трения. В частности, показано, что в отличие от трения при –34 °С, при трении при 22 °С помимо протекания абразивного механизма износа, также наблюдается фрикционный механизм износа. Обнаружено, что при абразивном воздействии при –34 °С вследствие уменьшения эластичности и повышения жёсткости эластомера, приводящего к увеличению плотности контакта корундовых микросфер с твёрдыми частицами абразива, происходит более интенсивное разрушение стенок корундовых микросфер. Предложены типы их разрушения в зависимости от расположения в эластомерной матрице. Первый тип, когда большая часть микросферы располагается внутри резины и видна только малая часть верхушки, которая подвергается разрушению. Второй тип разрушения наблюдается, когда микросфера менее глубоко расположена в резине, примерно на 50 % выступает из резины, и микросфера сильно подвергается разрушению. В разрушенную полость таких микросфер забивается и скапливается изношенная часть резины и абразива. Третий тип разрушения наблюдается, когда большая часть микросферы выпирает из резины и при абразивном воздействии вылетает из неё и на её месте образуется «кратер».

Ключевые слова: бутадиен-нитрильный каучук, полые корундовые микросферы, эластомерный композит, абразивное трение, трение при низкой температуре, механизм износа.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

Адрес для переписки:

А.Ф. Федорова
Федеральный исследовательский центр Якутский научный
центр СО РАН, Институт проблем нефти и газа СО РАН,
ул. Автоторожная, 20, г. Якутск 677007, Россия
e-mail: faitalina@mail.ru

Address for correspondence:

A.F. Fedorova
Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences”, Institute of oil and gas
problems SB RAS,
Avtodorozhnaya str., 20, Yakutsk, 677007, Russia
e-mail: faitalina@mail.ru

Для цитирования:

Н.В. Шадрин, П.Н. Петрова, А.Ф. Федорова, У.В. Евсеева.
Особенности абразивного износа эластомерного композита с
корундовыми микросферами при низких температурах.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 4. — С. 418–426.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

For citation:

N.V. Shadrinov, P.N. Petrova, A.F. Fedorova, and U.V. Evseeva.
[Features of Abrasive Wear of Elastomer Composites with Corundum
Microspheres at Low Temperatures].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 4, pp. 418–426 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

Features of Abrasive Wear of Elastomer Composites with Corundum Microspheres at Low Temperatures

N.V. Shadrinov, P.N. Petrova, A.F. Fedorova, and U.V. Evseeva

Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Institute of Oil and Gas Problems SB RAS,
Avtodorijnaya str., 20, Yakutsk, 677007, Russia

Received 17.11.2020.

Revised 17.08.2021.

Accepted 20.08.2021.

Abstract

The results of a study of the wear resistance of elastomeric composites based on butadiene-nitrile rubber BNKS-18 containing hollow corundum microspheres HCM-S and HCM-L at temperatures of 22 °C and –34 °C are presented. It is shown that the introduction of corundum microspheres into the rubber mixture leads to a decrease in the abrasion of the elastomeric composite both under friction at 22 °C and at –34 °C. The REM method shows the distinctive features of wear of an elastomeric composite at different temperatures of abrasive friction. In particular, it is shown that, in contrast to the friction at –34 °C, the friction at 22 °C, in addition to the flow of the abrasive wear mechanism, also has a frictional wear mechanism. It was found that the abrasive action at –34 °C causes more intensive destruction of the walls of corundum microspheres. The types of their destruction are proposed depending on their location in the elastomeric matrix. The first type, when most of the microsphere is located inside the rubber and only a small part of the top is visible, which is subject to destruction. The second type of destruction is observed when the microsphere is less deeply located in the rubber, protrudes from the rubber by about 50 %, and the microsphere is strongly destroyed. In the destroyed cavity of such micro-spheres, the worn-out part of rubber and abrasive is clogged and accumulates. The third type of destruction is observed when most of the microsphere protrudes from the rubber and, under abrasive action, flies out of it and a “crater” forms in its place.

Keywords: butadiene-nitrile rubber, hollow corundum microspheres, elastomeric composite, abrasive friction, friction at low temperature, wear mechanism.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

Адрес для переписки:

А.Ф. Федорова
Федеральный исследовательский центр Якутский научный
центр СО РАН, Институт проблем нефти и газа СО РАН,
ул. Автоторожная, 20, г. Якутск 677007, Россия
e-mail: fitalina@mail.ru

Для цитирования:

Н.В. Шадрин, П.Н. Петрова, А.Ф. Федорова, У.В. Евсеева.
Особенности абразивного износа эластомерного композита с
корундовыми микросферами при низких температурах.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 4. — С. 418–426.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

Address for correspondence:

A.F. Fedorova
Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences”, Institute of Oil and Gas
Problems SB RAS,
Avtodorijnaya str., 20, Yakutsk, 677007, Russia
e-mail: fitalina@mail.ru

For citation:

N.V. Shadrinov, P.N. Petrova, A.F. Fedorova, and U.V. Evseeva.
[Features of Abrasive Wear of Elastomer Composites with Corundum
Microspheres at Low Temperatures].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 4, pp. 418–426 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-418-426

Список использованных источников

1. Модифицированные полимерные и композиционные материалы для северных условий / под ред. Попова С.Н. — Новосибирск: Изд-во СО РАН. — 2017
2. Алифанов Е.В., Чайкун А.М., Горлов Д.С., Венедиктова М.А. Особенности механизма трения эластомерных материалов различных типов. Теоретические и практические аспекты (обзор) // Труды ВИАМ. — 2018, № 1. dx.doi.org/10.18577/2307-6046-2018-0-1-8-8
3. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. — М.: Изд. НППА «Исток». — 2009
4. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / под ред. Чичинадзе А.В. — М.: Машиностроение. — 2001
5. Ushmarin N.F., Krasnova E.V., Egorov E.N., Koltsov N.I., Stroganov I.V., and Khairullin R.Z. The Effect of Hollow Corundum Microspheres on the Properties of Materials Based on Carbon-Chain Rubbers // Polymer Science, Series D. — 2018 (11), no. 3, 320–322. DOI: 10.1134/S1995421218030218
6. Ушмарин Н.Ф., Пелипенко Д.В., Санда-лов С.И. [и др.]. Влияние полых корундовых микросфер на свойства подошвенной обувной резины // Доклады XXII науч.-практ. конф. Резиновая промышленность: Сырье, материалы, технологии. — М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП». — 2017, 110–112
7. Целых Е.П., Ходакова С.Я., Третьякова Н.А. Триботехнические свойства эластомерных композиций, модифицированных полыми корундовыми микросферами оксида алюминия // Доклады XXII науч.-практ. конф. Резиновая промышленность: Сырье, материалы, технологии. — М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП». — 2017, 100–103
8. Целых Е.П., Ходакова С.Я., Суриков В.И. Свойства резины, модифицированной полыми корундовыми микросферами оксида алюминия // Матер. VI Региональной науч.-практ. конф. с международным участием. — Омск: ОмГТУ. — 2017, 59–63
9. Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения // Вестник ВГУИТ. — 2018 (80), № 3, 323–329. DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-323-329
10. Чайкун А.М., Елисеев О.А., Наумов И.С., Венедиктова М.А. Особенности морозостойких резин на основе различных каучуков // Труды ВИАМ. — 2013, № 12.
11. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки до 2030 года // Авиационные материалы и технологии. — 2012, № 5, 7–17

12. Кудряш М.Н. Полые корундовые микросферы. Электронный ресурс <http://t-tiss.com/produktsiya/polye-korundovye-mikrosfery.html>
13. Tianming Gao, Ruihong Xie, Linghong Zhang, Hongxing Gui, and Maofang Huang. Use of Rubber Process Analyzer for Characterizing the Molecular Weight Parameters of Natural Rubber // International Journal of Polymer Science. — 2015. Article ID 517260. P. 6. DOI:10.1155/2015/517260
14. Yahaya L.E., Adebawale K.O., and Olu-Owolabi B.I. Cure Characteristics and Rheological Properties of Modified Kaolin-Natural Rubber Composites // American Chemical Science Journal. — 2014. (4) no. 4. 472–480. DOI:10.9734/ACSJ/2014/6575
15. Шадрин Н.В., Евсеева У.В. Исследование механических свойств и механизма разрушения бутадиен-нитрильной резины, наполненной полыми корундовыми микросферами // Вопросы материаловедения. — 2018, № 2, 135–148
16. Бергштейн Л.А. Лабораторный практикум по технологии резины. 2 изд. — Л.: Химия. — 1989

References

1. Modificirovannye polimernye i kompozicionnye materialy dlya severnykh uslovij / pod red. Popova S.N. — Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. — 2017 (in Russian)
2. Alifanov E.V., Chajkun A.M., Gorlov D.S., Venediktova M.A. Osobennosti mekhanizma treniya elastomernyh materialov razlichnykh tipov. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty (obzor) // Trudy VIAM. — 2018, № 1 (in Russian) dx.doi.org/10.18577/2307-6046-2018-0-1-8-8
3. Kornev A.E., Bukanov A.M., Sheverdyayev O.N. Tekhnologiya elastomernyh materialov. — M.: Izd. NPPA «Istok». — 2009 (in Russian)
4. Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka) / pod red. Chichinadze A.V. — M.: Mashinostroenie. — 2001 (in Russian)
5. Ushmarin N.F., Krasnova E.V., Egorov E.N., Koltsov N.I., Stroganov I.V., and Khairullin R.Z. The Effect of Hollow Corundum Microspheres on the Properties of Materials Based on Carbon-Chain Rubbers // Polymer Science, Series D. — 2018 (11), no. 3, 320–322. DOI: 10.1134/S1995421218030218
6. Ushmarin N.F., Pelipenko D.V., Sandalov S.I. [i dr.]. Vliyanie polykh korundovykh mikrosfer na svoystva podoshvennoj obuvnoj reziny // Doklady XXII nauch.-prakt. konf. Rezinovaya promyshlennost': Syr'e, materialy, tekhnologii. — M.: ООО «Nauchno-issledovatel'skij centr «NIISHP». — 2017, 110–112 (in Russian)
7. Celyh E.P., Hodakova S.YA., Tret'yakova N.A. Tribotekhnicheskie svoystva elastomernyh kompozicij, modificirovannykh polymi korundovymi mikrosferami oksida alyuminiya // Doklady XXII

- nauch.-prakt. konf. Rezinovaya promyshlennost': Syr'e, materialy, tekhnologii. — M.: ООО «Nauchno-issledovatel'skij centr «NIISHP». — 2017, 100—103 (in Russian)
8. **Celyh E.P., Hodakova S.YA., Surikov V.I.** Svojstva reziny, modifitsirovannoj polymi korundovymi mikrosferami oksida alyuminiya // Mater. VI Regional'noj nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. — Omsk: OmGTU. — 2017, 59—63 (in Russian)
 9. **Sedyh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V.** Modifikatsiya butadien-nitril'nogo kauchuka na stadii ego vydeleniya // Vestnik VGUIT. — 2018 (80), № 3, 323—329 (in Russian) DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-323-329>
 10. **CHajkun A.M., Eliseev O.A., Naumov I.S., Venediktova M.A.** Osobennosti morozostojkikh rezin na osnove razlichnyh kauchukov // Trudy VIAM. — 2013, № 12 (in Russian)
 11. **Kablov E.N.** Strategicheskie napravleniya razvitiya materialov i tekhnologij ih pererabotki do 2030 goda // Aviacionnye materialy i tekhnologii. — 2012, № S, 7—17 (in Russian)
 12. **Kudryash M.N.** Polye korundovye mikrosfery. Elektronnyj resurs <http://t-tiss.com/produktsiya/polye-korundovye-mikrosfery.html>
 13. **Tianming Gao, Ruihong Xie, Linghong Zhang, Hongxing Gui, and Maofang Huang.** Use of Rubber Process Analyzer for Characterizing the Molecular Weight Parameters of Natural Rubber // International Journal of Polymer Science. — 2015. Article ID 517260. P. 6. DOI:10.1155/2015/517260
 14. **Yahaya L.E., Adebowale K.O., and Olu-Owolabi B.I.** Cure Characteristics and Rheological Properties of Modified Kaolin-Natural Rubber Composites // American Chemical Science Journal. — 2014. (4) no. 4. 472—480. DOI:10.9734/ACSJ/2014/6575
 15. **SHadrinov N.V., Evseeva U.V.** Issledovanie mekhanicheskikh svoystv i mekhanizma razrusheniya butadien-nitril'noj reziny, napolnennoj polymi korundovymi mikrosferami // Voprosy materialovedeniya. — 2018, № 2, 135—148 (in Russian)
 16. **Bergshtejn L.A.** Laboratornyj praktikum po tekhnologii reziny. 2 izd. — L.: Himiya. — 1989 (in Russian)

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