

УДК 621.891

Физико-химическая трибомеханика антифрикционных материалов, работающих в тяжело нагруженных узлах трения в активных смазочных средах

Л.И. Куксенова^{1,2}, В.И. Савенко²

¹Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101000, Россия

²Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
Ленинский пр., д. 31, к. 4, г. Москва 119071, Россия

Поступила в редакцию 11.09.2023.

После доработки 27.11.2023.

Принята к публикации 12.12.2023.

В рамках физико-химической механики (эффект Ребиндера) проанализированы задачи о пластифицирующем и упрочняющем действии смазочной среды на приповерхностные слои металлических трибоматериалов. Исследовано влияние модельных (вазелиновое масло, глицерин, минеральные масла, гидравлические жидкости на основе глицерина) и промышленных (Буксол, Пума и М-14В₂) смазочных сред, содержащих поверхностно-активные вещества, на основные трибологические (коэффициент трения, интенсивность изнашивания), прочностные (предел текучести, микротвёрдость) и микроструктурные (уширение рентгеновских линий, плотность дислокаций, параметр кристаллической решётки) характеристики, а также на процессы диффузионного перераспределения легирующих элементов в поверхностных слоях трибоматериалов, таких как медь, латуни и бронзы, при их трении в паре со сталью. Проведен анализ условий становления и устойчивого функционирования режима «безызносного» трения в этих трибоматериалах. Показано, что среди промышленных медных сплавов наибольшей износостойкостью в поверхностно-активных смазочных средах обладают латуни типа Л90, алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, оловянные бронзы БрОФ4-0,25, БрОФ6,5-0,15. Приведены примеры реализации режима избирательного переноса в трибосопряжениях, применяемых в железнодорожном и автотранспорте.

Ключевые слова: медь, латунь, бронза, микроструктура, контактная деформация, трение, износ, ПАВ, смазочные материалы, избирательный перенос, эффект Ребиндера.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

Адрес для переписки:

В.И. Савенко

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
РАН,

Ленинский пр., д. 31, к. 4, г. Москва 119071, Россия

e-mail: visavenko@rambler.ru

Address for correspondence:

V.I. Savenko

A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of
the Russian Academy of Sciences,

Leninsky Ave., 31, room 4, Moscow 119071, Russia

e-mail: visavenko@rambler.ru

Для цитирования:

Л.И. Куксенова, В.И. Савенко

Физико-химическая трибомеханика антифрикционных
материалов, работающих в тяжело нагруженных узлах трения в
активных смазочных средах.

Трение и износ.

2023. — Т. 44, № 6. — С. 504—520.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

For citation:

L.I. Kuksenova and V.I. Savenko

[Physico-Chemical Tribomechanics of Antifriction Materials Operating
in Heavy-Loaded Friction Pairs in Active Lubricating Media].

Trenie i Iznos.

2023, vol. 44, no. 6, pp. 504—520 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

Physico-Chemical Tribomechanics of Antifriction Materials Operating in Heavy-Loaded Friction Pairs in Active Lubricating Media

L.I. Kuksenova^{1,2} and V.I. Savenko²

¹A.A. Blagonravov Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences,
M. Kharitonevsky Lane, 4, Moscow 101000, Russia

²A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences,
Leninsky Ave., 31, room 4, Moscow 119071, Russia

Received 11.09.2023.

Revised 27.11.2023.

Accepted 12.12.2023.

Abstract

Within the framework of physico-chemical mechanics (the Rebinder effect), the problems of the plasticizing and strengthening effect of the lubricating medium on the near-surface layers of metal tribomaterials are analyzed. The influence of modeling (petroleum jelly oil, glycerin, mineral oils, glycerin-based hydraulic fluids) and industrial (Buksol, Puma and M-14V2) lubricant media which containing surfactants, is investigated on the main tribological (coefficient of friction, wear intensity), strength (yield strength, microhardness,) and microstructural (broadening of X-ray lines, dislocation density and crystal lattice parameter) characteristics, as well as on the processes of diffusion redistribution of alloying elements in surface layers tribomaterials, such as copper, brass and bronze, when they are rubbed together with steel. The analysis of the conditions of formation and stable functioning of the regime of "non-wear" friction in these tribomaterials is carried out. It is shown that among industrial copper alloys, brass of the L90 type, aluminum bronzes BrA5, BrA7, tin bronzes BrOF4-0.25, BrOF6,5-0,15 have the greatest wear resistance in surface-active lubricants. Examples of the implementation of the selective transfer mode in tribo-pairs used in railway and motor transport are given.

Keywords: copper, brass, bronze, microstructure, contact deformation, friction, wear, surfactants, lubricants, selective transfer, Rebinder effect.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

Адрес для переписки:

В.И. Савенко
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
РАН,
Ленинский пр., д. 31, к. 4, з. Москва 119071, Россия
e-mail: visavenko@rambler.ru

Для цитирования:

Л.И. Куксенова, В.И. Савенко
Физико-химическая трибомеханика антифрикционных
материалов, работающих в тяжело нагруженных узлах трения в
активных смазочных средах.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 6. — С. 504—520.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

Address for correspondence:

V.I. Savenko
A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of
the Russian Academy of Sciences,
Leninsky Ave., 31, room 4, Moscow 119071, Russia
e-mail: visavenko@rambler.ru

For citation:

L.I. Kuksenova and V.I. Savenko
[Physico-Chemical Tribomechanics of Antifriction Materials Operating
in Heavy-Loaded Friction Pairs in Active Lubricating Media].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 6, pp. 504—520 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-6-504-520

Список использованных источников

1. **Рыбакова Л.М., Куksenova Л.И.** Структура и износостойкость металла. — М.: Машиностроение. — 1982
2. **Венцель Е.С.** Самоадаптация трибоузлов к условиям эксплуатации. // Вестник ХНАДУ. — 2015, № 68, 25—29
3. **Савенко В.И.** Роль эффекта Ребиндера в реализации режима безызносности в триботехнике // Эффект безызносности и триботехнологии. — 1994, № 3-4, 26—38
4. **Щукин Е.Д., Савенко В.И.** Применение метода микросклерометрии для изучения эффекта Ребиндера. Обзор. // Коллоидный журнал. — 2020, (82), no. 6, 653—660
5. **Shchukin E.D.** The Influence of Surface-Active Media on the Mechanical Properties of Materials // Advances in Colloid and Interface Science. — 2006, no. 123-126(3-4), 33—47
6. **Евдокимов В.Д.** Реверсивность трения и качество машин. — Киев: Техника. — 1977
7. **Савенко В.И., Щукин Е.Д.** О соотношениях между феноменологическими и структурными критериями работы узлов трения // Трение и износ. — 1987 (8), № 4, 581—589
8. **Rybakova L.M. and Kuksenova L.I.** Physical Criteria of Wear Resistance of Metal Materials in Surface-Active Lubricating Media // Proc. the Conference on Tribology «Friction, Lubrication and Wear – 50 Years on». — London: IME. — 1987, 419—426
9. **Гаркунов Д.Н.** Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин. — М.: Изд-во МСХА. — 2002
10. **Вольфсон Е.Ф.** Эффект Горского (к 80-летию выдающегося открытия В.С. Горского) // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. — 2016 (59), no. 5, 357—359
11. **Кужаров А.С., Кужаров А.А.** Избирательный перенос: мифы и реалии // Вестник РГУПС. — 2011, № 4, 43—51
12. **Кужаров А.С., Бурлакова В.Э., Задосенко Е.Г. и др.** Триботехнические возможности координационных соединений меди при трении бронзы по стали // Трение и износ. — 2005, № 6, 628—637
13. **Хмелевская В.С., Малышкин В.Г.** Дисспативные структуры в металлических материалах после облучения и других видов сильного воздействия // Материаловедение. — 1999, № 1, 25—32
14. **Куksenova Л.И., Дякин С.И., Титов В.В. и др.** Влияние структурных изменений и свойств поверхностных слоев материалов на несущую способность и долговечность шарнирно-болтовых соединений // Трение и износ. — 1988 (9), № 3, 422—423
15. **Мамыкин С.М., Лаптева В.Г., Куksenova Л.И.** Исследование триботехнической эффективности

металлоплакирующей присадки «Валена» в смазочных материалах // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2007, № 2, 56—64

References

1. **Rybakova L.M., Kuksenova L.I.** Structure and wear resistance of metal. — M.: Mechanical Engineering. — 1982 (in Russian)
2. **Wenzel E.S.** Self-Adaptation of Tribo-Nodes to Operating Conditions // Herald of HNADU. — 2015, № 68, 25—29 (in Russian)
3. **Savenko V.I.** The Role of the Rebinder Effect in the Implementation of the Wearlessness Regime in Tribotechnics // The Effect of Wearlessness and Tribotechnologies. — 1994, № 3-4, 26—38 (in Russian)
4. **Shchukin E.D. and Savenko V.I.** Application of the Microsclerometry Method to Study the Rebinder Effect. Review // Colloidal Journal. — 2020 (82), no. 6, 653—660
5. **Shchukin E.D.** The Influence of Surface-Active Media on the Mechanical Properties of Materials // Advances in Colloid and Interface Science. — 2006, 123—126(3-4), 33—47
6. **Evdokimov V.D.** Reversibility of Friction and the Quality of Machines. — Kiev: Technika. — 1977 (in Russian)
7. **Savenko V.I. and Shchukin E.D.** On the Relationship between the Phenomenological and Structural Criteria for the Operation of Friction Units // Friction and Wear. — 1987 (8), no. 4, 581—589
8. **Rybakova L.M. and Kuksenova L.I.** Physical Criteria of Wear Resistance of Metal Materials in Surface-Active Lubricating Media // Proc. the Conference on Tribology «Friction, Lubrication and Wear – 50 Years on». — London: IME. — 1987, 419—426
9. **Garkunov D.N.** Tribotechnika. Design, Manufacture and Operation of Machines. — Moscow: Publishing House of the Ministry of Agriculture. — 2002 (in Russian)
10. **Wolfson E.F.** Gorsky Effect (to the 80th Anniversary of the Outstanding Discovery of V.S. Gorsky) // News of Higher Educational Institutions. Ferrous Metallurgy. — 2016 (59), no. 5, 357—359 (in Russian)
11. **Kuzharov A.S. and Kuzharov A.A.** Selective Transference: Myths and Realities // Vestnik RSUPS. — 2011, № 4, 43—51 (in Russian)
12. **Kuzharov A.S., Burlakova V.E., Zadoshenko E.G., etc.** Tribotechnical Possibilities of Copper Coordination Compounds in the Friction of Bronze on Steel // Friction and Wear. — 2005, no. 6, 628—637
13. **Khmelevskaya V.S. and Malynkin V.G.** Dissipative Structures in Metallic Materials after Irradiation and Other Types of Strong Exposure // Materials science. — 1999, no. 1, 25—32
14. **Kuksenova L.I., Dyakin S.I., Titov V.V., etc.** In-

fluence of Structural Changes and Properties of Surface Layers of Materials on the Bearing Capacity and Durability of Hinge-Bolt Joints // *Friction and wear*. — 1988 (9), no. 3, 422—423

15. **Mamykin S.M., Lapteva V.G., Kuksenova L.I.** Investigation of tribotechnical efficiency of metal-coating additive “Valena” in lubricants // *Problems mechanical engineering and machine reliability*. — 2007, no. 2, 56—64 (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