

УДК 621.81.004.12

Адаптация структуры приповерхностных слоев антифрикционных медных сплавов при трении с различными смазочными материалами

С.А. Поляков^{1,2}, Л.И. Куксенова^{1,2}, Е.М. Кулешова¹, М.С. Алексеева^{2,3}

¹Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана,
2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, г. Москва 105005, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения
им. А.А. Благонравова Российской академии наук, (ИМАШ РАН),
Малый Харитоньевский переулок, д. 4, г. Москва 101000, Россия

³Федеральное государственное унитарное предприятие Всероссийский научно-исследовательский
институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский
институт» Государственный научный центр Российской Федерации (ВИАМ),
ул. Радио, д. 17, г. Москва 105005, Россия

Поступила в редакцию 09.02.2022.

После доработки 22.08.2022.

Принята к публикации 22.08.2022.

Рассмотрены структурные параметры приповерхностных микрообъемов медных сплавов (физическое уширение рентгеновских линий и параметр кристаллической решетки твердого раствора, степень фрикционного упрочнения) при трении в среде активного и неактивного смазочных материалов. Экспериментально показаны их изменения в условиях контактной деформации и дана интерпретация влияния на триботехнические характеристики (показатели прирабатываемости, интенсивности изнашивания). Структурные параметры и их адаптация к условиям нагружения трением сопоставлены с показателями прирабатываемости, адаптивности и износостойкости антифрикционных сплавов и раскрыта их взаимосвязь, проявляющаяся в совместном изменении структурных и триботехнических параметров в зависимости от составов антифрикционных и природы смазочных материалов. Даны рекомендации по подбору состава антифрикционных медных сплавов для узлов трения: среди алюминиевых бронз в качестве материала для тяжело нагруженных шарнирно-болтовых соединений, эксплуатация которых происходит в среде с поверхностно-активными составляющими смазочного материала, длительная работоспособность обеспечивается однофазным сплавом с большим запасом пластичности (типа БрА5, БрА7).

Ключевые слова: триботехнические характеристики, структурные критерии, поверхностные слои, антифрикционные сплавы, влияние смазочной среды.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Адрес для переписки:

Л.И. Куксенова
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской
академии наук, (ИМАШ РАН),
Малый Харитоньевский переулок, д. 4, г. Москва 101000, Россия
e-mail: lkuc@mail.ru

Для цитирования:

С.А. Поляков, Л.И. Куксенова, Е.М. Кулешова, М.С. Алексеева.
Адаптация структуры приповерхностных слоев антифрикционных
медных сплавов при трении с различными смазочными
материалами.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 420–432.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Address for correspondence:

L.I. Kuksenova
Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Mechanical
Engineering named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of
Sciences, (IMASH RAS),
Maly Kharitonevsky lane, 4, Moscow 101000, Russia
e-mail: lkuc@mail.ru

For citation:

S.A. Polyakov, L.I. Kuksenova, E.M. Kuleshova, and M.S. Alekseeva.
[Adaptation of the Structure of Near-Surface Layers of Antifriction
Copper Alloys during Friction with Various Lubricants].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 420–432 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Adaptation of the Structure of Near-Surface Layers of Antifriction Copper Alloys during Friction with Various Lubricants

S.A. Polyakov^{1,2}, L.I. Kuksenova^{1,2}, E.M. Kuleshova¹, and M.S. Alekseeva^{2,3}

¹Moscow State Technical University named after N.E. Bauman,
2nd Baumanskaya st., 5, building 1, Moscow 105005, Russia

²Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Mechanical Engineering named after
A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, (IMASH RAS),
Maly Kharitonevsky lane, 4, Moscow 101000, Russia

³Federal State Unitary Enterprise All-Russian Research Institute of Aviation Materials of the National
Research Center “Kurchatov Institute” State Scientific Center of the Russian Federation (VIAM),
st. Radio, d. 17, Moscow 105005, Russia

Received 09.02.2022.

Revised 22.08.2022.

Accepted 22.08.2022.

Abstract

The structural parameters of near-surface microvolumes of copper alloys during friction in the medium of active and inactive lubricants (physical broadening of X-ray lines, crystal lattice parameter, degree of friction hardening) are considered. Their changes under the conditions of contact deformation are experimentally shown, and an interpretation of the effect on tribological characteristics (indicators of running-in, wear rate) is given. Structural parameters and their adaptation to friction loading conditions are compared with the running-in, adaptability and wear resistance of antifriction alloys, and their relationship is revealed, which manifests itself in a joint change in structural and tribotechnical parameters depending on the composition of antifriction materials and the nature of lubricants. Recommendations on the selection of the composition of antifriction copper alloys for friction units in the environment of surface-active lubricants are given: among aluminum bronzes as a material for heavily loaded swivel-bolt joints, the operation of which takes place in an environment with surface-active components of the lubricant, long-term performance is ensured by a single-phase alloy with a large margin of plasticity (type BrA5, BrA7).

Keywords: tribotechnical characteristics, structural criteria, surface layers, antifriction alloys, influence of the lubricating medium.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Адрес для переписки:

Л.И. Куksenova
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской
академии наук, (ИМАШ РАН),
Малый Харитоньевский переулок, д. 4, г. Москва 101000, Россия
e-mail: lkuc@mail.ru

Для цитирования:

С.А. Поляков, Л.И. Куksenova, Е.М. Кулешова, М.С. Алексеева.
Адаптация структуры приповерхностных слоев антифрикционных
медных сплавов при трении с различными смазочными
материалами.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 420–432.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Address for correspondence:

L.I. Kuksenova
Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Mechanical
Engineering named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of
Sciences, (IMASH RAS),
Maly Kharitonevsky lane, 4, Moscow 101000, Russia
e-mail: lkuc@mail.ru

For citation:

S.A. Polyakov, L.I. Kuksenova, E.M. Kuleshova, and M.S. Alekseeva.
[Adaptation of the Structure of Near-Surface Layers of Antifriction
Copper Alloys during Friction with Various Lubricants].
Trenie i Izнос.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 420–432 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-420-432

Список использованных источников

1. **Куксенова Л.И., Кулешова Е.М., Поляков С.А.** Особенности формирования несущей способности сопряжений скольжения при использовании наномодифицированных смазочных материалов // Трение и износ. — 2019 (40), № 6, 712—719
2. **Куксенова Л.И., Поляков С.А.** Формирование динамической структуры приповерхностных слоев материалов сопряжений скольжения в различных смазочных средах // МиТОМ. — 2019, № 11(773), 39—43
3. **Коршунов Л.Г., Шабанов В.А., Черненко Н.Л., Пилюгин В.П.** Влияние контактных напряжений на фазовый состав, прочностные и трибологические свойства нанокристаллических структур, возникающих в сталях и сплавах при трении скольжения // МиТОМ. — 2008, № 12, 24—33
4. **Moshkovich A., Perfilyev V., and Rapoport L.** Effect of Plastic Deformation and Damage Development during Friction of FCC Metals in the Conditions of Boundary Lubrication // Lubricants. — 2019 (7), no. 5, 45
5. **Алексеев Н.М.** Закономерности пластического течения и разрушения металлов при заедании трущихся поверхностей / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М.: МИНХиГП им. И.М. Губкина. — 1983
6. **Крагельский И.В., Алексеев Н.М., Рыбакова Л.М., Назаров А.Н.** Влияние упрочнения материалов в процессе трения на их стойкость против задира // Машиноведение. — 1977, № 6, 88—94
7. **Поляков С.А., Куксенова Л.И.** Методы оценки адаптационных свойств механических систем как средств повышения показателей их работоспособности // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2017, № 1, 24—30
8. **Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И.** Структура и износостойкость металла. — М.: Машиностроение. — 1982
9. **Буше Н.А., Копытько В.В.** Совместимость трущихся поверхностей. — М.: Наука. — 1981
10. **Поляков С.А.** Самоорганизация при трении и эффект безызносности. — М.: Изд-во ТСХА. — 2009
11. **Симаков Ю.С.** Физико-химические процессы при избирательном переносе / В сб. Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения. Под ред. Д.Н. Гаркунова. — М.: Машиностроение. — 1982, 88—111
12. **Савенко В.И.** Роль эффекта Ребиндера в реализации режима безызносности в триботехнике // Эффект безызносности и триботехнологии. — 1994, № 3-4, 26—38
13. **Куксенова Л.И., Дякин С.И., Титов В.В., Громаковский С.Д., Вячеславова Л.А., Рыбакова Л.М.** Влияние структурных изменений и свойств поверхностных слоев материалов на несущую способность и долговечность шарнирно-болтовых соединений // Трение и износ. — 1988 (9), № 3, 422—428
14. **Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В.** Промышленные цветные металлы и сплавы. Справочник. — М.: Metallurgy. — 1974
15. **Поляков С.А., Куксенова Л.И.** Формирование противозадирных свойств материалов при динамической адаптации их приповерхностных слоев к условиям эксплуатации // Трение и износ. — 2008 (29), № 3, 275—284
16. **Владимиров В.И.** Проблемы физики трения и изнашивания / В кн. Физика износостойкости поверхности металлов. — Л.: АН СССР, ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР. — 1988, 8—41
17. **Поляков С.А., Куксенова Л.И.** Формирование механических свойств поверхностей трения методами физико-химической механики материалов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. — 2018, № 2, 25—33

References

1. **Kuksenova L.I., Kuleshova E.M., Polyakov S.A.** Osobennosti formirovaniya nesushchej sposobnosti sopryazhenij skol'zheniya pri ispol'zovanii nanomodificirovannyh smazochnyh materialov // Trenie i iznos. — 2019 (40), № 6, 712—719 (in Russian)
2. **Kuksenova L.I., Polyakov S.A.** Formirovanie dinamicheskoj struktury pripoverhnostnyh sloev materialov sopryazhenij skol'zheniya v razlichnyh smazochnyh sredah // MiTOM. — 2019, № 11(773), 39—43 (in Russian)
3. **Korshunov L.G., Shabanov V.A., Chernenko N.L., Pilyugin V.P.** Vliyanie kontaktnyh napryazhenij na fazovyj sostav, prochnostnye i tribologicheskie svojstva nanokristallicheskih struktur, vznikayushchih v stal'nyh i splavah pri trenii skol'zheniya // MiTOM. — 2008, № 12, 24—33 (in Russian)
4. **Moshkovich A., Perfilyev V., and Rapoport L.** Effect of Plastic Deformation and Damage Development During Friction of FCC Metals in the Conditions of Boundary Lubrication // Lubricants. — 2019 (7), no. 5, 45
5. **Alekseev N.M.** Zakonomernosti plasticheskogo techeniya i razrusheniya metallov pri zaedanii trushchihsya poverhnostej / Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. — M.: MINHIGP im. I.M. Gubkina. — 1983 (in Russian)
6. **Kragel'skij I.V., Alekseev N.M., Rybakova L.M., Nazarov A.N.** Vliyanie uprochneniya materialov v processe treniya na ih stojkost' protiv zadira // Mashinovedenie. — 1977, № 6, 88—94 (in Russian)
7. **Polyakov S.A., Kuksenova L.I.** Metody ocenki adaptacionnyh svojstv mekhanicheskikh sistem kak sredstv povysheniya pokazatelej ih rabotosposobnosti // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti

- mashin. — 2017, № 1, 24—30 (in Russian)
8. **Rybakova L.M., Kuksenova L.I.** Структура i iznosostojkost' metalla. — M.: Mashinostroenie. — 1982 (in Russian)
 9. **Bushe N.A., Kopyt'ko V.V.** Sovmestimost' trushchihhsya poverhnostej. — M.: Nauka. — 1981 (in Russian)
 10. **Polyakov S.A.** Samoorganizaciya pri trenii i effekt bezyznosnosti. — M.: Izd-vo TSHA. — 2009 (in Russian)
 11. **Simakov Yu.S.** Fiziko-himicheskie processy pri izbiratel'nom perenose / V sb. Izbiratel'nyj perenos v tyazhelonagruzhennyh uzlah treniya. Pod red. D.N. Garkunova. — M.: Mashinostroenie. — 1982, 88—111 (in Russian)
 12. **Savenko V.I.** Rol' effekta Rebintera v realizacii rezhima bezyznosnosti v tribotekhnike // Effekt bezyznosnosti i tribotekhnologii. — 1994, № 3-4, 26—38(in Russian)
 13. **Kuksenova L.I., Dyakin S.I., Titov V.V., Gromakovskij S.D., Vyacheslavova L.A., Rybakova L.M.** Vliyanie strukturnyh izmenenij i svojstv poverhnostnyh sloev materialov na nesushchuyu sposobnost' i dolgovechnost' sharnirno-boltovyh soedinenij // Trenie i iznos. — 1988 (9), № 3, 422—428 (in Russian)
 14. **Smiryagin A.P., Smiryagina N.A., Belova A.V.** Promyshlennye cvetnye metally i splavy. Spravochnik. — M.: Metallurgiya. — 1974 (in Russian)
 15. **Polyakov S.A., Kuksenova L.I.** Formirovanie protivozadimnyh svojstv materialov pri dinamicheskoj adaptacii ih pripoverhnostnyh sloev k usloviyam ekspluatacii // Trenie i iznos. — 2008 (29), № 3, 275—284 (in Russian)
 16. **Vladimirov V.I.** Problemy fiziki treniya i iznashivaniya / V kn. Fizika iznosostojkosti poverhnosti metallov. — L.: AN SSSR, FTI im. A.F. Ioffe AN SSSR. — 1988, 8—41 (in Russian)
 17. **Polyakov S.A., Kuksenova L.I.** Formirovanie mekhanicheskikh svojstv poverhnostej treniya metodami fiziko-himicheskoj mekhaniki materialov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. — 2018, № 2, 25—33 (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