

УДК 62-762.001

Повышение триботехнических параметров деталей из бронзы путём нанесения покрытия из молибдена

В.Б. Балякин, С.В. Фалалеев, Д.Е. Долгих, А.А. Юртаев

Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королёва,
Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия

Поступила в редакцию 14.04.2023.

После доработки 29.05.2023.

Принята к публикации 20.06.2023.

Показаны результаты экспериментального определения коэффициента интенсивности изнашивания и коэффициента трения в контакте сталь—бронза БрНБТ и сталь — покрытие из молибдена. Для определения триботехнических параметров покрытия были проведены эксперименты на автоматизированной машине трения Tribometer TRB швейцарской фирмы ANTON PAAR по схеме шар—диск. Показано, что средний коэффициент трения для образца с молибденовым покрытием почти в два раза ниже, чем для образца без покрытия. С помощью профилометра SURTRONIC 25 получены профилограммы для определения коэффициента интенсивности изнашивания. При пробеге 50000 м коэффициент интенсивности изнашивания для образца из материала БрНБТ без покрытия при максимальном контактом напряжении 507 МПа составляет $2,48 \cdot 10^{-4}$ мм³/м, а для образца с молибденовым покрытием составил $1,98 \cdot 10^{-5}$ мм³/м. Для снижения интенсивности износа шарнирных подшипников со вкладышами из бронзы рекомендуется наносить на поверхность вкладыша слой молибдена толщиной 100—200 мкм методом ионно-плазменного напыления. Такое покрытие снижает интенсивность изнашивания поверхности примерно в 12 раз, что позволит на порядок повысить ресурс изделий.

Ключевые слова: образец, бронза, трение, антифрикционное покрытие, молибден, трибометр TRB, профилометр, шероховатость, интенсивность изнашивания, шарнирные подшипники, электроды.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

Адрес для переписки:

В.Б. Балякин
Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С.П. Королёва,
Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия
e-mail: 029-029@mail.ru

Address for correspondence:

V.B. Balyakin
Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia
e-mail: 029-029@mail.ru

Для цитирования:

В.Б. Балякин, С.В. Фалалеев, Д.Е. Долгих, А.А. Юртаев
Повышение триботехнических параметров деталей из бронзы
путём нанесения покрытия из молибдена.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 3. — С. 233—240.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

For citation:

V.B. Balyakin, S.V. Falaleev, D.E. Dolgih, and A.A. Yurtaev
[Improvement of Tribotechnical Parameters of Bronze Parts by
Applying Molybdenum Coating].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 3, pp. 233—240 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

Improvement of Tribotechnical Parameters of Bronze Parts by Applying Molybdenum Coating

V.B. Balyakin, S.V. Falaleev, D.E. Dolgih, and A.A. Yurtaev

Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia

Received 14.04.2023.

Revised 29.05.2023.

Accepted 20.06.2023.

Abstract

The results of experimental determination of the wear intensity coefficient and the friction coefficient in the steel-bronze BrNBT and steel—molybdenum coating contact are shown. To determine the tribotechnical parameters of the coating, experiments were carried out on the automated friction machine Tribometer TRB of the Swiss company ANTON PAAR according to the ball-disk scheme. It is shown that the average coefficient of friction for a sample with a molybdenum coating is almost two times lower than for a sample without a coating. With the help of the SURTRONIC 25 profile meter, a profilogram was obtained to determine the coefficient of wear intensity. At a run of 50,000 m, the coefficient of wear intensity for a sample made of BrNBT material without coating at a maximum contact voltage of 507 MPa is $2.48 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{m}$, and for a sample with a molybdenum coating was $1.98 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{m}$, which is 12.5 times less. Recommendations for the use of molybdenum antifriction coating are given.

Keywords: sample, bronze, friction, antifriction coating, molybdenum, Tribometer TRB, profilometer, roughness, wear intensity, articulated bearings, electrodes.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

Адрес для переписки:

В.Б. Балякин
Самарский национальный исследовательский университет
им. акад. С.П. Королёва,
Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия
e-mail: 029-029@mail.ru

Address for correspondence:

V.B. Balyakin
Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia
e-mail: 029-029@mail.ru

Для цитирования:

В.Б. Балякин, С.В. Фалалеев, Д.Е. Долгих, А.А. Юртаев
Повышение триботехнических параметров деталей из бронзы
путём нанесения покрытия из молибдена.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 3. — С. 233–240.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

For citation:

V.B. Balyakin, S.V. Falaleev, D.E. Dolgih, and A.A. Yurtaev
[Improvement of Tribotechnical Parameters of Bronze Parts by
Applying Molybdenum Coating].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 3, pp. 233–240 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-3-233-240

Список использованных источников

1. Сладкова Л.А., Неклюдов А.Н. Новый взгляд на проблему изнашивания колес подвижного состава // Трение и износ. — 2021 (42), № 2, 162—169
2. Бударова О.П., Болдырев С.В. Изнашивание пары трения поршень-втулка аксиально-поршневых насосов в условиях обводненного масла // Трение и износ. — 2020 (41), № 1, 43—49
3. Балякин В.Б., Лаврин А.В. Методика повышения допустимого момента трения рулевых агрегатов ЖРД // Трение и износ. — 2021 (42), № 3, 329—337
4. Murzin S.P., Balyakin V.B., Gachot C. et al. Ultraviolet Nanosecond Laser Treatment to Reduce the Friction Coefficient of Silicon Carbide Ceramics // Applied Sciences (Switzerland). — 2021 (11), no. 24
5. Борисова Р.В., Никифоров Л.А., Спиридонов А.М., Охлопкова Т.А., Охлопкова А.А., Корякина Н.С. Влияние бромированного СВМПЭ на триботехнические характеристики и особенности изнашивания полимерных наноккомпозитов на основе СВМПЭ и наночастиц // Трение и износ. — 2019 (40), № 1, 36—43
6. Балякин В.Б., Фалалеев С.В. Методы и средства снижения момента трения в торцовых уплотнениях // Трение и износ. — 2021 (42), № 5, 604—611
7. Бабак В.П., Щепетов В.В., Харченко С.Д. Антифрикционные наноструктурные стеклокомпозиционные самосмазывающиеся покрытия // Трение и износ. — 2022 (43), № 3, 327—335
8. Чернец М.В., Корниенко А.А., Пашечко М.И., Чернец Ю.М., Духота А.И. К вопросу расчета контактных давлений в металлополимерных подшипниках скольжения при изнашивании // Трение и износ. — 2021 (42), № 5, 552—561
9. Kim S., Son C., and Rim K. Combining Effect of Optimized Axial Compressor Variable Guide Vanes and Bleed Air on the Thermodynamic Performance of Aircraft Engine System // Energy. — 2017 (119), 199—210
10. Vlady T.R., Yatsko A.J., and Mavris D.N. Effect Of Variable Inlet Guide Vanes On A Small Gas Turbine Engine // AIAA Scitech 2021 Forum. — 2021, no. 1(Part F), 1—11
11. Falaleev S.V., Melentjev V.S., and Gvozdev A.S. Methodology of Computer-Aided Design of Variable Guide Vanes of Aircraft Engines // International Journal of Environmental and Science Education. — 2016 (11), no. 10, 3847—3860
12. Белов Д.С., Сергеев В.С., Блинков И.В., Смирнов Н.И., Черногор А.В. Сравнение стойкости ионно-плазменных вакуумно-дуговых покрытий Ti-AL-NI-N и Ti-AL-NI-MO-N к изнашиванию и эрозии // Трение и износ. — 2020 (41), № 2, 136—144
13. Ковалева М.Г., Колпаков А.Я., Поплавский А.И., Галкина М.Е., Герус Ж.В., Любушкин Р.А., Мишунин М.В. Триботехнические свойства покрытий на основе углерода и углерода, легированного азотом, полученных импульсным вакуумно-дуговым методом // Трение и износ. — 2018 (39), № 4, 433—437

References

1. Sladkova L.A. and Neklyudov A.N. A New Look at the Problem of Wear on Wheel Rolling // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 2, 101—105
2. Budarova O.P. and Boldyrev S.V. The Wear of a Piston-Sleeve Friction Pair in Axial-Piston Pumps under the Conditions of Water-Contaminated Lubricating Oil // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 1, 31—35
3. Balyakin V.B. and Lavrin A.V. A Method to Increase the Permissible Torque of the Friction Force in Steering Units of Liquid Propellant Engines // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 3, 211—216
4. Murzin S.P., Balyakin V.B., Gachot C. et al. Ultraviolet Nanosecond Laser Treatment to Reduce the Friction Coefficient of Silicon Carbide Ceramics // Applied Sciences (Switzerland). — 2021 (11), no. 24
5. Borisova R.V., Nikiforov L.A., Spiridonov A.M. et al. The Influence of Brominated UHMWPE on the Tribological Characteristics and Wear of Polymeric Nanocomposites Based on UHMWPE and Nanoparticles // Journal of Friction and Wear. — 2019 (40), no. 1, 27—32
6. Balyakin V.B. and Falaleev S.V. Methods and Means of Reducing Friction Torque in Face Seals // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 5, 447—452
7. Babak V.P., Shchepetov V.V., and Kharchenko S.D. Antifriction Nanostructural Glass-Composite Self-Lubricating Coatings // Journal of Friction and Wear. — 2022 (43), no. 3, 327—335
8. Chernets M.V., Kornienko A.A., Chernets Y.M. et al. Regarding the Question of Calculation of Contact Pressure in Metal-Polymer Plain Bearings during Wear // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 5, 359—366
9. Kim S., Son C., and Rim K. Combining Effect of Optimized Axial Compressor Variable Guide Vanes and Bleed Air on the Thermodynamic Performance of Aircraft Engine System // Energy. — 2017 (119), 199—210
10. Vlady T.R., Yatsko A.J., and Mavris D.N. Effect Of Variable Inlet Guide Vanes On A Small Gas Turbine Engine // AIAA Scitech 2021 Forum. — 2021, no. 1(Part F), 1—11
11. Falaleev S.V., Melentjev V.S., and Gvozdev A.S. Methodology of Computer-Aided Design of Variable Guide Vanes of Aircraft Engines // International Journal of Environmental and Science Education. —

- 2016 (11), no. 10, 3847—3860
12. **Belov D.S., Sergevnin V.S., Blinkov I.V. et al.** Comparative Research on Wear and Erosion Resistance of Ti–Al–Ni–N and Ti–Al–Ni–Mo–N Ion-Plasma Vacuum Arc Coatings // Journal of Friction and Wear. — 2021 (42), no. 2, 85—90. DOI 10.3103/S1068366621020021. — EDN FQPYGV
13. **Kovaleva M.G., Kolpakov A.J., Poplavsky A.I. et al.** Properties of Coatings Based on Carbon and Nitrogen-Doped Carbon Obtained Using a Pulsed Vacuum Arc Method // Journal of Friction and Wear. — 2018 (39), no. 4, 345—348

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