

УДК 621.785.532

Износостойкость азотированной микропористой поверхности из конструкционной стали, полученной электролитно-плазменной обработкой

Н.К. Криони, А.А. Мингажева, А.Дж. Мингажев

Уфимский Университет Науки и Технологий,
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450001, Россия

Поступила в редакцию 15.07.2024.

После доработки 30.11.2024.

Принята к публикации 10.12.2024.

В работе рассмотрены результаты исследований износостойкости деталей машин из конструкционных сталей, при формировании в их поверхностном слое микропор методом деаллоинга на основе электролитно-плазменной обработки. Приведены технологические условия формирования микропористого поверхностного слоя методами электролитно-плазменной обработки с последующим его модифицированием ионной имплантацией и ионным азотированием. Показано, что создание микропористого слоя способствует повышению триботехнических характеристик поверхностей в условиях смазки. Показано, что использование метода электролитно-плазменной обработки поверхности позволяет высокопроизводительно формировать микропористый поверхностный слой, который не требует дальнейшей механической обработки, а в одном технологическом цикле способен осуществить его полирование. Показано, что использование предварительной подготовки поверхностного слоя под азотирование с использованием методов высокоэнергетической обработки позволяет значительно повысить износостойкость микропористого слоя. Приведены результаты сравнительных испытаний микропористых поверхностей с различными вариантами обработки. Показано, что использование микропористых поверхностей в условиях трения со смазкой позволяет повысить износостойкость сталей 40X и 40XH приблизительно в 1,5—2 раза, а их азотирование обеспечивает повышение износостойкости по сравнению с простым традиционным азотированием приблизительно в три раза, а по сравнению с микропористыми поверхностями без азотирования более чем в 9 раз.

Ключевые слова: конструкционная сталь, износ, трение, смазка, микропористая поверхность, ионное азотирование, ионная имплантация, поверхностностный слой.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

Адрес для переписки:

Н.К. Криони
Уфимский Университет Науки и Технологий,
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450001, Россия
e-mail: nkrioni@mail.ru

Для цитирования:

Н.К. Криони, А.А. Мингажева, А.Дж. Мингажев
Износостойкость азотированной микропористой поверхности из конструкционной стали, полученной электролитно-плазменной обработкой.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 486—492.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

Address for correspondence:

N.K. Krioni
Ufa University of Science and Technology,
Karl Marx Street, 12, Ufa 450008, Russia
e-mail: nkrioni@mail.ru

For citation:

N.K. Krioni, A.A. Mingazheva, and A.Dzh. Mingazhev.
[Wear Resistance of a Nitrided Microporous Surface Made of Structural Steel Obtained by Electrolytic Plasma Treatment].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 486—492 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

Wear Resistance of a Nitrided Microporous Surface Made of Structural Steel Obtained by Electrolytic Plasma Treatment

N.K. Krioni, A.A. Mingazheva, and A.Dzh. Mingazhev

Ufa University of Science and Technology,
Karl Marx Street, 12, Ufa 450008, Russia

Received 15.07.2024.

Revised 30.11.2024.

Accepted 10.12.2024.

Abstract

The paper considers the results of studies on the wear resistance of machine parts made of structural steels during the formation of micropores in their surface layer by the dealloying method based on electrolytic plasma treatment. The technological conditions for the formation of a microporous surface layer by electrolytic plasma treatment with subsequent modification by ion implantation and ion nitriding are presented. It is shown that the creation of a microporous layer contributes to an increase in the tribotechnical characteristics of surfaces under lubrication conditions. It is shown that the use of the electrolyte-plasma surface treatment method allows high-performance formation of a microporous surface layer that does not require further mechanical processing, and in one technological cycle is able to polish it. It is shown that the use of preliminary preparation of the surface layer for nitriding using high-energy processing methods can significantly increase the wear resistance of the microporous layer. The results of comparative tests of microporous surfaces with various processing options are presented. It is shown that the use of microporous surfaces in conditions of friction with lubrication makes it possible to increase the wear resistance of 40X and 40KHN steels by about 1.5—2 times, and their nitriding provides an increase in wear resistance compared with simple traditional nitriding by about three times, and compared with microporous surfaces without nitriding by more than 9 times.

Keywords: structural steel, wear, friction, lubrication, microporous surface, ion nitriding, ion implantation, surface layer.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

Адрес для переписки:

Н.К. Криони
Уфимский Университет Науки и Технологий,
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450001, Россия
e-mail: nkrioni@mail.ru

Address for correspondence:

N.K. Krioni
Ufa University of Science and Technology,
Karl Marx Street, 12, Ufa 450008, Russia
e-mail: nkrioni@mail.ru

Для цитирования:

Н.К. Криони, А.А. Мингажева, А.Дж. Мингажев
Износостойкость азотированной микропористой поверхности из конструкционной стали, полученной электролитно-плазменной обработкой.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 486—492.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

For citation:

N.K. Krioni, A.A. Mingazheva, and A.Dzh. Mingazhev.
[Wear Resistance of a Nitrided Microporous Surface Made of Structural Steel Obtained by Electrolytic Plasma Treatment].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 486—492 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-486-492

Список использованных источников

1. **Лебедев Д.И., Винокуров Г.Г., Стручков Н.Ф.** Открытая пористость и шероховатость поверхности износостойких порошковых покрытий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2018 (20), № 6, 68—72
2. **Шнейдер Ю.Г., Гузок Я.В.** Влияние микрорельефа трущихся пар герметичных холодильных компрессоров на их долговечность // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 1973, № 5, 30—32
3. **Рождественский Ю.В., Задорожная Е.А., Хозенюк Н.А., Гаврилов К.В.** Динамика и смазка гидродинамических трибосопряжений поршневых и роторных машин. — М.: Наука. — 2018
4. **Башмур К.А., Петровский Э.А.** Технологические возможности ячеистого рельефа для обеспечения эксплуатационных свойств цилиндрических поверхностей технологических агрегатов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2022, № 11, 99—107
5. **Саакиян Л.С., Ефремов А.П.** Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии. — М.: Недра. — 1982
6. **Черкез М.Б., Богорад Л.Я.** Хромирование. Изд 4-е. — Л.: Машиностроение. — 1978
7. **Алексеев Н.С., Капорин В.А., Иванов С.В.** Эффективность шлифования микропористых покрытий с применением СОЖ // Обработка металлов (технология, оборудование, инструмент). — 2015, № 2(67), 6—16
8. **Li R. and Sieradzki K.** Ductile-Brittle Transition in Random Porous Au. // Phys. Rev. Letters. — 1992, no. 68, 11685
9. **Sun Yu., Ren Yi., and Yang Ke.** New Preparation Method of Micron Porous Copper Through Physical Vacuum Dealloying of Cu-Zn Alloys // Material Letters. — 2016 (165), nos. 1-4, 102
10. **Zhang Z., Wang Y., Qi Z., Zhang W., Qin J., and Frenzel J.** Generalized Fabrication of Nanoporous Metals (Au, Pd, Pt, Ag, and Cu) through Chemical Dealloying // J. Phys. Chem. C. — 2009, no. 113, 12629—12636
11. **Erlebacher J.** An Atomistic Description of Dealloying Porosity Evolution, the Critical Potential, and Rate-Limiting Behavior // J. Electrochem. Soc. — 2004, no. 151, 614
12. **Hryniewicz T. et al.** Electrochemical and XPS Studies of AISI 316L Stainless Steel after Electropolishing in a Magnetic Field // Corrosion Science. — 2008 (50), 2676—2681
13. **Куликов И.С., Вашенко С.В., Каменев А.Я.** Электролитно-плазменная обработка материалов. — Минск: Беларус. навука. — 2010
14. **Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З.** Физика плазмы для физиков. — М.: Атомиздат. — 1979
15. **Gall D.** Micromagnetism- Microstructure Relations and the Hysteresis Loop // in: Handbook of Mag-

netism and Advanced Magnetic Materials / H. Kronmuller, S. Parkin (Eds) / D. Gall. — 2: Micromagnetism. — New-York: John Wiley & Sons. Ltd. — 2007, 1—36

References

1. **Lebedev D.I., Vinokurov G.G., Struchkov N.F.** Open porosity and surface roughness of wear-resistant powder coatings // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. — 2018 (20), no. 6, 68—72 (in Russian)
2. **Shnejder Yu.G., Guzik Ya.V.** Vliyanie mikrorel'efa trushchihsya par germetichnyh holodil'nyh kompressorov na ih dolgovechnost' // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. — 1973, № 5, 30—32 (in Russian)
3. **Rozhdestvenskij Yu.V., Zadorozhnaya E.A., Hozenyuk N.A., Gavrilo K.V.** Dinamika i smazka gidrodinamicheskikh tribosopryazhenij porshnevyyh i rotornyh mashin. — M.: Nauka. — 2018 (in Russian)
4. **Bashmur K.A., Petrovskij E.A.** Tekhnologicheskie vozmozhnosti yacheistogo rel'efa dlya obespecheniya ekspluatatsionnyh svojstv cilindricheskikh poverhnostej tekhnologicheskikh agregatov // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. — 2022, № 11, 99—107 (in Russian)
5. **Saakiyan L.S., Efremov A.P.** Zashchita neftepromyslovogo oborudovaniya ot korrozii. — M.: Nedra. — 1982 (in Russian)
6. **Cherkez M.B., Bogorad L.Ya.** Hromirovanie. Izd 4-e. — L.: Mashinostroenie. — 1978 (in Russian)
7. **Alekseev N.S., Kaporin V.A., Ivanov S.V.** Effektivnost' shlifovaniya mikroporistykh pokrytij s primeneniem SOZh // Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrument). — 2015, № 2(67), 6—16 (in Russian)
8. **Li R. and Sieradzki K.** Ductile-Brittle Transition in Random Porous Au. // Phys. Rev. Letters. — 1992, no. 68, 11685
9. **Sun Yu., Ren Yi., and Yang Ke.** New Preparation Method of Micron Porous Copper Through Physical Vacuum Dealloying of Cu-Zn Alloys // Material Letters. — 2016 (165), nos. 1-4, 102
10. **Zhang Z., Wang Y., Qi Z., Zhang W., Qin J., and Frenzel J.** Generalized Fabrication of Nanoporous Metals (Au, Pd, Pt, Ag, and Cu) through Chemical Dealloying // J. Phys. Chem. C. — 2009, no. 113, 12629—12636
11. **Erlebacher J.** An Atomistic Description of Dealloying Porosity Evolution, the Critical Potential, and Rate-Limiting Behavior // J. Electrochem. Soc. — 2004, no. 151, 614
12. **Hryniewicz T. et al.** Electrochemical and XPS Studies of AISI 316L Stainless Steel after Electropolishing in a Magnetic Field // Corrosion Science. — 2008 (50), 2676—2681
13. **Kulikov I.S., Vashchenko S.V., Kamenev A.Ya.** Elektrolitno-plazmennaya obrabotka materialov. — Minsk: Belarus. navuka. — 2010 (in Russian)

14. **Arcimovich L.A., Sagdeev R.Z.** Fizika plazmy dlya fizikov. — М.: Atomizdat. — 1979 (in Russian)
15. **Gall D.** Micromagnetism- Microstructure Relations and the Hysteresis Loop // in: Handbook of Mag-

netism and Advanced Magnetic Materials / H. Kronmuller, S. Parkin (Eds) / D. Gall. — 2: Micromagnetism. — New-York: John Wiley & Sons. Ltd. — 2007, 1—36

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