

УДК 621.785.532

Повышение износостойкости деталей из конструкционных сталей ионным азотированием при комплексной подготовке поверхности с использованием метода сухого электрополирования

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

Уфимский университет науки и технологий» (УУНУТ),
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450008, Россия

Поступила в редакцию 04.03.2024.

После доработки 08.08.2024.

Принята к публикации 12.08.2024.

Рассмотрены результаты исследований износостойкости деталей машин из конструкционных сталей, с азотированными слоями, полученными при комплексной подготовке поверхности перед ионной имплантацией и последующего ионного азотирования. Азотированные слои на деталях из конструкционных сталей, получаемых по традиционной технологии не способны полностью реализовать свой потенциал по износостойкости, поскольку перенасыщение границ зёрен азотом приводит к снижению прочности их границ, образованию нитридной сетки и к выкрашиванию зерен и их фрагментов в процессе трения износа. Активация поверхностного слоя деталей высокоэнергетической ионно-имплантационной обработкой, в ряде случаев позволяет устранить процесс образования нитридной сетки. Однако, микрогеометрическая и физико-механическая неоднородность азотируемой поверхности, а также наличие на поверхности загрязнений снижает эксплуатационные свойства азотированного слоя. Показано, что использование сухого электрополирования позволяет добиться наименьшей по сравнению с другими методами полирования шероховатости поверхности, при обеспечении наиболее однородного состояния материала поверхностного слоя. Установлено, что использование электроадсорбции для очистки поверхности позволяет устранить загрязнения, присутствующие на поверхности деталей, что способствует наиболее эффективному использованию последующей активации поверхностного слоя методом высокоэнергетической ионной имплантации. В результате применения комплексной подготовки поверхности детали удается наиболее полно реализовать возможности технологии ионного азотирования. На примере роторов винтовых насосов, работающих в условиях интенсивного трения изнашивания, приведены результаты сравнительных испытаний на изнашивание. Показано, что использование комплексной подготовки поверхности, включающей сухое электрополирование и электроадсорбцию перед активацией поверхностного слоя высокоэнергетической ионной имплантацией повышает износостойкость азотированного слоя приблизительно в 2 раза.

Ключевые слова: износ, трение, сухое электрополирование, электроадсорбция, высокоэнергетическая ионная имплантация, ионное азотирование, поверхностностный слой, азотированный слой.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

Адрес для переписки:

Н.К. Криони
Уфимский университет науки и технологий» (УУНУТ),
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450008, Россия
e-mail: nkrioni@mail.ru

Address for correspondence:

N.K. Krioni
Ufa University of Science and Technology (UUS and T),
Karl Marx str., 12, Ufa 450008, Russia
e-mail: nkrioni@mail.ru

Для цитирования:

Н.К. Криони, А.А. Мингажева, А.Д. Мингажев.
Повышение износостойкости деталей из конструкционных сталей ионным азотированием при комплексной подготовке поверхности с использованием метода сухого электрополирования.

Трение и износ.
2024. – Т. 45, № 4. – С. 319–326.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

For citation:

N.K. Krioni, A.A. Mingazheva, and A.D. Mingazhev.
[Increasing the Wear Resistance of Structural Steel Parts by Ion Nitriding During Complex Surface Preparation Using the Dry Electropolishing Method].

Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 4, pp. 319–326 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

Increasing the Wear Resistance of Structural Steel Parts by Ion Nitriding During Complex Surface Preparation Using the Dry Electropolishing Method

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

Ufa University of Science and Technology (UUS and T),
Karl Marx str., 12, Ufa 450008, Russia

Received 04.03.2024.

Revised 08.08.2024.

Accepted 12.08.2024.

Abstract

The article considers the results of studies on the wear resistance of machine parts made of structural steels with nitrided layers obtained during complex surface preparation before ion implantation and subsequent ion nitriding. Nitrided layers on parts made of structural steels produced using traditional technology are not able to fully realize their potential for wear resistance, since oversaturation of grain boundaries with nitrogen leads to a decrease in the strength of their boundaries, the formation of a nitride grid and to the staining of grains and their fragments during wear friction. The method developed by the authors for activating the surface layer of parts by high-energy ion implantation treatment, in some cases, eliminates the process of nitride mesh formation. However, the microgeometric and physico-mechanical heterogeneity of the nitrided surface, as well as the presence of impurities on the surface, reduces the operational properties of the nitrided layer. It is shown that the use of dry electropolishing makes it possible to achieve the lowest surface roughness compared to other polishing methods, while ensuring the most homogeneous state of the surface layer material. It is also shown that the use of electroadsorption for surface cleaning makes it possible to eliminate impurities present on the surface of parts, which contributes to the most effective use of subsequent activation of the surface layer by high-energy ion implantation. It is also shown that as a result of the application of complex surface preparation of the part, it is possible to fully realize the possibilities of ion nitriding technology. Using the example of rotors of screw pumps operating under conditions of intense wear friction, the results of comparative wear tests are presented. It is shown that the use of complex surface preparation, including dry electropolishing and electroadsorption before activation of the surface layer by high-energy ion implantation increases the wear resistance of the nitrided layer by about 2 times.

Keywords: wear, friction, dry electropolishing, electroadsorption, high-energy ion implantation, ion nitriding, surface layer, nitrided layer.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

Адрес для переписки:

Н.К. Криони
Уфимский университет науки и технологий» (УУНТ),
ул. Карла Маркса, 12, г. Уфа 450008, Россия
e-mail: nkrioni@mail.ru

Для цитирования:

Н.К. Криони, А.А. Мингажева, А.Д. Мингажев.
Повышение износостойкости деталей из конструкционных сталей
ионным азотированием при комплексной подготовке поверхности
с использованием метода сухого электрополирования.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 4. — С. 319–326.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

Address for correspondence:

N.K. Krioni
Ufa University of Science and Technology (UUS and T),
Karl Marx str., 12, Ufa 450008, Russia
e-mail: nkrioni@mail.ru

For citation:

N.K. Krioni, A.A. Mingazheva, and A.D. Mingazhev.
[Increasing the Wear Resistance of Structural Steel Parts by Ion
Nitriding During Complex Surface Preparation Using the Dry
Electropolishing Method].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 4, pp. 319–326 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-319-326

Список использованных источников

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. — М.: Машиностроение. — 1977
2. Двойников М.В., Ковенский И.М., Ошибков А.В. и др. Анализ результатов исследований износостойкости ротора винтового забойного двигателя // Известия вузов. Нефть и газ. — 2014. № 5.86—88
3. Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Лаптева В.Г. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов. - 2-е изд., испр. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2014
4. Мингажева А.А. К вопросу о механизме эксплуатационно-технологического наследования свойств поверхностного слоя детали в условиях трения // Вестник УГАТУ. — 2021 (25), № 4(94), 3—9
5. Криони Н.К., Мингажев А.Д., Мингажева А.А. К вопросу о подборе дозы ионной имплантации для активации поверхностного слоя деталей из легированных сталей перед азотированием // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2023 (19), № 8(224), 360—363
6. Криони Н.К., Мингажева А.А., Мингажев А.Д. Повышение износостойкости азотированного слоя деталей машин из легированных сталей высокоинтенсивными и высокоэнергетическими методами // Трение и износ. — 2022 (43), № 6, 603—611
7. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.М. Химико-термическая обработка. — М.: Metallurgiya. — 1985
8. Способ химико-термической обработки детали из легированной стали: патент РФ № 2559606, 2015 / Н.К. Криони, А.Д. Мингажев, А.А. Мингажева и др. 6 с.]
9. Способ азотирования детали из легированной стали: патент РФ № 2777058, 2022 / А.Д. Мингажев, Н.К. Криони, А.А. Мингажева
10. Способ ионного азотирования детали из легированной стали и установка для его реализации: патент РФ № 2811030, 2024 / А.Д. Мингажев, А.А. Мингажева, И.Х. Самматов и др

References

1. Kragelsky I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Fundamentals of calculations for friction and wear. — Moscow: Mashinostroenie. — 1977 (in Russian)
2. Dvoynikov M.V., Kovensky I.M., Oshibkov A.V., etc. Analysis of the results of studies on the wear resistance of the rotor of a screw downhole engine // News of universities. Oil and Gas. — 2014, no. 5, 86—88 (in Russian)
3. Gerasimov S.A., Kuksenova L.I., Lapteva V.G. Structure and wear resistance of nitrided structural steels and alloys. - 2nd ed., ispr. — M.: Publishing House of the Bauman Moscow State Technical University. — 2014 (in Russian)
4. Mingazheva A.A. On the issue of the mechanism of operational and technological inheritance of the properties of the surface layer of a part under friction conditions // UGATU Bulletin. — 2021 (25), no. 4(94), 3—9 (in Russian)
5. Krioni N.K., Mingazhev A.D., Mingazheva A.A. On the issue of selecting the dose of ion implantation to activate the surface layer of alloy steel parts before nitriding // Reinforcing technologies and coatings. — 2023 (19), no. 8(224), 360—363 (in Russian)
6. Krioni N.K., Mingazheva A.A., and Mingazhev A.D. Increasing the Wear Resistance of the Nitrided Layer of Machine Parts Made of Alloy Steels by High-Intensity and High-Energy Methods // Journal of Friction and Wear. — 2022 (43), no. 6, 603—611 (in Russian)
7. Lakhtin Yu.M., Arzamasov B.M., Chemical Heat Treatment. — Moscow: Metallurgiya. — 1985 (in Russian)
8. Method of chemical-thermal treatment of a part made of alloy steel: Russian Federation Patent No. 2559606, 2015 / N.K. Krioni, A.D. Mingazhev, A.A. Mingazheva et al. (in Russian)
9. Method of nitriding alloy steel parts: Russian Federation Patent No. 2777058, 2022 / A.D. Mingazhev, N.K. Krioni, A.A. Mingazheva (in Russian)
10. The method of ion nitriding of alloy steel parts and the installation for its implementation: Russian Federation Patent No. 2811030, 2024 / A.D. Mingazhev, A.A. Mingazheva et al. (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