

УДК 621.891

Исследование трения, износа и противозадирной стойкости тяжелонагруженных азотированных сопряжений

Л.И. Куксенова^{1,2}, В.Н. Симонов², М.С. Алексеева^{1,3}, С.А. Пахомова², Д.А. Козлов¹

¹Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, (ИМАШ РАН),
Малый Харитоньевский переулок, 4, г. Москва 101000, Россия

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

³Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ФГУП ВИАМ),
ул. Радио, д. 17, г. Москва 105005, Россия

Поступила в редакцию 10.09.2020.

После доработки 12.03.2021.

Принята к публикации 12.03.2021.

Приведены результаты триботехнических испытаний азотированных и цементованных сталей по схемам, имитирующими тяжелонагруженные сопряжения: пары реверсивного трения скольжения при нагрузках до 40 МПа и пары трения качения с проскальзыванием на роликовых образцах в соответствии с ГОСТ 25.501–78 для оценки предела контактной выносливости. Оценивали интенсивность изнашивания (I_h), коэффициент трения (f), предельно допустимую нагрузку (P_d), определяющую несущую способность контакта, и критическое давление (P_{kp}), при котором формируются задиры и схватывание. Показано, что при скорости скольжения 0,19 м/с для пары с азотированным слоем $P_d = 40$ МПа, $P_{kp} \geq 40$ МПа, $I_h = 0,8 \cdot 10^{-9}$, $f = 0,10$; с цементованным — $P_d = 20$ МПа, $P_{kp} = 25$ МПа, $I_h = 1,4 \cdot 10^{-9}$, $f = 0,13$. Противозадирная стойкость, оцениваемая по величине критического давления, для пар с азотированным образцом на 25—30 % выше. Для условий качения с проскальзыванием предел контактной выносливости азотированных сталей 16Х2Р3МФБАЮ-Ш, 20Х3Р3МБФ-Ш находится на уровне контактной выносливости цементованной стали 18Х2Р4В-Ш. Интенсивность износа нитридов железа в 2—3 раза ниже, чем диффузионной зоны, повышается критическое давление, долговечность пары увеличивается в несколько раз. С позиций термодинамики диссоциации нитридов Fe_{2-3}N , Fe_4N , и карбидов Fe_3C железа при повышенных температурах в пятнах контакта высказана гипотеза природы более высокой противозадирной стойкости азотированных сталей.

Ключевые слова: трение, износ, противозадирная стойкость, азотирование, цементация, стали.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-319-328

Адрес для переписки:

Л.И. Куксенова
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Малый Харитоньевский переулок, 4, г. Москва 101000, Россия
e-mail: lkukc@mail.ru

Address for correspondence:

L.I. Kuksenova
Institute of Mechanical Engineering named after A.A. Blagonravov
Russian Academy of Sciences,
Maly Kharitonovsky lane, 4, Moscow, Russia
e-mail: lkukc@mail.ru

Для цитирования:

Л.И. Куксенова, В.Н. Симонов, М.С. Алексеева, С.А. Пахомова,
Д.А. Козлов.

For citation:

L.I. Kuksenova, V.N. Simonov, M.S. Alekseeva, S.A. Pakhomova, and
D.A. Kozlov.

Исследование трения, износа и противозадирной стойкости тяжелонагруженных азотированных сопряжений.

[Research of Friction, Wear and Seizure Resistance of Extra High
Loaded Nitrided Couples].

Трение и износ.

Trenie i Iznos.

2021. — Т. 42, № 3. — С. 319–328.

2021, vol. 42, no. 3, pp. 319–328 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-319-328

Research of Friction, Wear and Seizure Resistance of Extra High Loaded Nitrided Couples

L.I. Kuksenova^{1,2}, V.N. Simonov², M.S. Alekseeva^{1,3}, S.A. Pakhomova², and D.A. Kozlov¹

¹Institute of Mechanical Engineering named after A.A. Blagonravov Russian Academy of Sciences (IMASH RAN),
Moscow, Maly Kharitonovsky lane, 4

²Bauman Moscow State Technical University,
2nd Baumanskaya st., 5, building 1, Moscow 105005, Russia;

³All-Russian Research Institute of Aviation Materials (FSUE VIAM),
st. Radio, 17, Moscow 105005, Russia

Received 10.09.2020.

Revised 12.03.2021.

Accepted 12.03.2021.

Abstract

The results of tribotechnical tests of nitrided and carburized steels according to schemes simulating heavily loaded couples: a pair of reversible sliding friction at loads up to 40 MPa and a pair of rolling friction with slipping in accordance with GOST 25.501–78 to assess the limit of contact endurance are presented. The intensity of wear (I_h), the coefficient of friction (f), the maximum permissible load (P_d), which determines the bearing capacity of the contact, and the critical pressure (P_{cr}), at which seizure are formed, were evaluated. It is shown that at a sliding speed of 0.19 m/s for a pair with a nitrided layer $P_d = 40$ MPa, $P_{cr} \geq 40$ MPa, $I_h = 0.8 \cdot 10^{-9}$, $f = 0.10$; cemented — $P_d = 20$ MPa, $P_{cr} = 25$ MPa, $I_h = 1.4 \cdot 10^{-9}$, $f = 0.13$. The extreme pressure resistance, estimated by the value of the critical pressure, is 25—30 % higher as compared with a nitrided sample. For rolling conditions with slipping, the limit of contact fatigue of nitrided steels 16Kh2R3MFBAU-Sh, 20Kh3R3MBF-Sh is at the level of contact endurance of carburized steel 18Kh2R4V-Sh. The wear rate of iron nitrides is 2—3 times lower than that of the diffusion zone, the critical pressure increases, and the durability of the friction pair increases several times. From the standpoint of the thermodynamics of dissociation of Fe_{2-3}N , Fe_4N , and Fe_3C at elevated temperatures in the contact spots, a hypothesis of the nature of the higher critical pressure of nitrided steels is put forward.

Keywords: friction, wear, seizure resistance, nitriding, cementation, steels.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-319-328

Адрес для переписки:

Л.И. Куксенова
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
Малый Харитоньевский переулок, 4, г. Москва 101000, Россия
e-mail: lkukc@mail.ru

Address for correspondence:

L.I. Kuksenova
Institute of Mechanical Engineering named after A.A. Blagonravov
Russian Academy of Sciences (IMASH RAN),
Maly Kharitonovsky lane, 4, Moscow, Russia
e-mail: lkukc@mail.ru

Для цитирования:

Л.И. Куксенова, В.Н. Симонов, М.С. Алексеева, С.А. Пахомова,
Д.А. Козлов.

Исследование трения, износа и противозадирной стойкости
тяжелонагруженных азотированных сопряжений.

Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 3. — С. 319—328.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-319-328

For citation:

L.I. Kuksenova, V.N. Simonov, M.S. Alekseeva, S.A. Pakhomova, and
D.A. Kozlov.

[Research of Friction, Wear and Seizure Resistance of Extra High
Loaded Nitrided Couples].

Trenie i Iznos.

2021, vol. 42, no. 3, pp. 319—328 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-319-328

Список использованных источников

1. Эйкин Л.С. Расчет толщины упругодинамической пленки смазки для силовых зубчатых передач // Проблемы трения и смазки. — 1974, № 3, 137—142
2. Blok H. Seizure Delay Method for Determining the Protection Against Scuffing Adboarded by Extreme Pressure Lubricants // J. Soc. of Auto Engrs. — 1939 (44), no. 5, 193—210
3. Матвеевский Р.М., Буяновский И.А., Лазовская О.В. Противозадирная стойкость смазочных сред при трении в режиме граничной смазки. — М.: Наука. — 1978
4. Дроздов Ю.Н., Гавриков Ю.А. Новый критерий расчета зубчатых передач на заедание // Вестник машиностроения. — 1967, № 7, 24—27
5. Семенов А.П. Схватывание металлов и методы его предотвращения при трении // Трение и износ. — 1980 (1), № 2, 236—246
6. Гегузин Я.Е., Крагельский И.В., Паричкая Л.Н. О взаимном схватывании металлов при высоких температурах под давлением // В кн. О природе схватывания твердых тел. — М.: Наука. — 1968, 17—21
7. Любарский И.М., Палатник Л.С. Металлофизика трения. — М.: Металлургия. — 1976
8. Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Лаптева В.Г. Структура и износстойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2014
9. Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Крапошин В.С., Лисоцкий И.В., Березина Е.В., Лаптева В.Г. Влияние нанокристаллической фазы нитридов железа на износстойкость азотированной стали 38Х2МЮА // Матер. всероссийской науч.-техн. конф. с международным участием «Машиностроительные технологии». — М.: ИМАШ РАН. — 2010, 216—218
10. Жуховичкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. — М.: Металлургия. — 1987, 704 с.
11. Эмсли Дж. Элементы / Пер. с англ. — М.: Мир. — 1993
1. Eykin L.S. Raschet tolshchiny uprugodinamicheskoy plenki smazki dlya silovykh zubchatykh peredach // Problemy treniya i smazki. — 1974, № 3, 137—142
2. Blok H. Seizure Delay Method for Determining the Protection Against Scuffing Adboarded by Extreme Pressure Lubricants // J. Soc. of Auto Engrs. — 1939 (44), no. 5, 193—210
3. Matveyevsky R.M., Buyanovsky I.A., Lazovskaya O.V. Protivozadirnaya stoykost smazochnykh sred pri trenii v rezhime granichnoy smazki. — M.: Nauka. — 1978
4. Drozdov Yu.N., Gavrikov Yu.A. Novy kriteriy rascheta zubchatykh peredach na zayedaniye // Vestnik mashinostroyeniya. — 1967, № 7, 24—27
5. Semenov A.P. Seizure of Metals and Methods for Preventing it in the Presence of Friction // Soviet Journal of Friction and Wear. — 1980 (1). no. 2. 32—40
6. Geguzin Ya.E., Kragelsky I.V., Paritskaya L.N. O vzaimnom skhvatyvanii metallov pri vysokikh temperaturakh pod davleniyem // V kn. O prirode skhvatyvaniya tverdykh tel. — M.: Nauka. — 1968, 17—21
7. Lyubarsky I.M., Palatnik L.S. Metallofizika treniya. — M.: Metallurgiya. — 1976
8. Gerasimov S.A., Kuksenova L.I., Lapteva V.G. Struktura i iznosostoykost azotirovannykh konstruktsionnykh staley i splavov. — M.: izd-vo MGTU im. N.E. Baumana. — 2014
9. Gerasimov S.A., Kuksenova L.I., Kraposhin V.S., Lisotsky I.V., Berezina Ye.V., Lapteva V.G. Vliyaniye nanokristallicheskoy fazy nitridov zheleza na iznosostoykost azotirovannoy stali 38Kh2MYuA // Materialy vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Mashinostroitelnye tekhnologii». — M.: IMASH RAN. — 2010, 216—218
10. Zhukhovitsky A.A., Shwartsman L.A. Fizicheskaya khimiya. — M.: Metallurgiya. — 1987
11. Emsli Dzh. Elementy / Perevod s anglyeskogo. — M.: Mir. — 1993

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
Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>