

УДК 621.91.01

Процессы образования новых структур в зоне контакта при лезвийном резании сплавов железа и титана с инструментальными материалами: термодинамический подход

А.Г. Наумов¹, С.А. Сырбу^{1,2}, Н.А. Таратанов¹, А.С. Митрофанов¹, А.Г. Азовцев¹

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
проспект Строителей, 33, г. Иваново 153040, Россия

²МИРЭА — Российский технологический университет,
Проспект Вернадского, д. 78, ЦФО, г. Москва 119454, Россия

Поступила в редакцию 04.07.2024.

После доработки 30.11.2024.

Принята к публикации 10.12.2024.

Обоснована вероятность образования новых фаз на трибосопряжённых металлических поверхностях контактной зоны при физико-химических взаимодействиях смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) или их компонентов с ювенильными металлическими поверхностями железа и титана при использовании режущего инструмента. Проведены исследования изменения внешнего вида поверхностей стали 45 и титанового сплава ВТ1-0, образованных при резании с использованием в качестве СОТС воздуха и его отдельных компонентов (кислорода и азота), в том числе активированных коронным разрядом, при давлении внешних сред 10^{-1} мм рт. ст. Лучшее качество поверхности стали 45 было зафиксировано при активации СОТС отрицательным потенциалом на коронирующем электроде. Для титанового сплава ВТ1-0 лучшее качество поверхности было зафиксировано при активации СОТС положительным потенциалом на коронирующем электроде. Установлено, что титан, имеющий большее химическое сродство к кислороду, обладает большим химическим сродством и к свободно-радикальным фрагментам кислородсодержащих органических СОТС. Выдвинуто предположение о том, что СОТС, содержащие органические соединения, могут использоваться при обработке как железа, так и титана, а также их сплавов.

Ключевые слова: сталь 45, титановый сплав ВТ1-0, СОТС, энтальпия образования, изобарно-изотермический потенциал, просвечивающая электронная микроскопия, квантово-химическое моделирование, металлокомплексы.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

Адрес для переписки:

С.А. Сырбу
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
проспект Строителей, 33, г. Иваново 153040, Россия
e-mail: syrbuie@yandex.ru

Address for correspondence:

S.A. Syrbu
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency
Situations of Russia,
Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo 153040, Russia
e-mail: syrbuie@yandex.ru

Для цитирования:

А.Г. Наумов, С.А. Сырбу, Н.А. Таратанов, А.С. Митрофанов,
А.Г. Азовцев
Процессы образования новых структур в зоне контакта при
лезвийном резании сплавов железа и титана с инструментальными
материалами: термодинамический подход.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 503—513.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

For citation:

A.G. Naumov, S.A. Syrbu, N.A. Taratanov, A.S. Mitrofanov, and
A.G. Azovtsev.
[Processes of Formation of New Structures in the Contact Zone during
Blade Cutting of Iron and Titanium Alloys with Instrumental
Materials: Thermodynamic Approach].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 503—513 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

Processes of Formation of New Structures in the Contact Zone during Blade Cutting of Iron and Titanium Alloys with Instrumental Materials: Thermodynamic Approach

A.G. Naumov¹, S.A. Syrbu^{1,2}, N.A. Taratanov¹, A.S. Mitrofanov¹, and A.G. Azovtsev¹

¹Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo 153040, Russia

²MIREA — Russian Technological University,
Vernadsky Avenue 78, Central Federal District, Moskva 119454, Russia

Received 04.07.2024.

Revised 30.11.2024.

Accepted 10.12.2024.

Abstract

The probability of formation of new phases on tribo-conjugated metal surfaces of the contact zone at physicochemical interactions of lubricating and cooling technological products (LCTP) or their components with juvenile metal surfaces of iron and titanium when cutting tools are used has been substantiated. Studies of changes in the appearance of surfaces of steel 45 and titanium alloy VT1-0, formed during cutting with the use of air and its separate components (oxygen and nitrogen), including those activated by corona discharge, as LCTP, at the pressure of external media 10^{-1} mm Hg have been carried out. The best surface quality of steel 45 was recorded at activation of SDS by negative potential on the corona electrode. For titanium alloy VT1-0 the best surface quality was recorded at activation of LCTP by positive potential on the corona electrode. It has been established that titanium, having a higher chemical affinity to oxygen, has a higher chemical affinity to free-radical fragments of oxygen-containing organic LCTP. It has been suggested that the CRMs containing organic compounds can be used in the treatment of both iron and titanium, as well as their alloys.

Keywords: steel 45, titanium alloy VT1-0, lubricating and cooling technology products, enthalpy of formation, isobaric-isothermal potential, transmission electron microscopy, quantum chemical modeling, metal complexes.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

Адрес для переписки:

С.А. Сырбу
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
проспект Строителей, 33, г. Иваново 153040, Россия
e-mail: syrbue@yandex.ru

Address for correspondence:

S.A. Syrbu
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency
Situations of Russia,
Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo 153040, Russia
e-mail: syrbue@yandex.ru

Для цитирования:

А.Г. Наумов, С.А. Сырбу, Н.А. Таратанов, А.С. Митрофанов,
А.Г. Азовцев
Процессы образования новых структур в зоне контакта при
лезвийном резании сплавов железа и титана с инструментальными
материалами: термодинамический подход.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 503—513.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

For citation:

A.G. Naumov, S.A. Syrbu, N.A. Taratanov, A.S. Mitrofanov, and
A.G. Azovtsev.
[Processes of Formation of New Structures in the Contact Zone during
Blade Cutting of Iron and Titanium Alloys with Instrumental
Materials: Thermodynamic Approach].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 503—513 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-503-513

Список использованных источников

1. Дороева Е.С., Литвиненко Д.С., Янковская Н.Ф., Амел'ченко Н.А. Некоторые особенности механической обработки титановых сплавов // *Материалы XXI Международной научно-практической конференции «Решетневские чтения–2017»*. — Красноярск: Изд-во СибГУ им. М.Ф. Решетнева. — 2017, 494—496
2. Василенко О.А., Тюхта А.В., Василенко Ю.В. Эффективность действия СОЖ при шлифовании // *Известия ТулГУ. Технические науки*. Тула: Изд-во ТулГУ. — 2016, вып. 8, ч. 1, 215—220
3. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Константы неорганических веществ: Справочник под ред. Р.А. Лидина. 3-е изд., стереотип. — М.: Дрофа. — 2008
4. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ: Учебное пособие для вузов под ред. Р.А. Лидина. 3-е изд., испр. — М.: Химия. — 2000
5. Бубнов В.А., Князев А.Н. Титан и его сплавы в машиностроении // *Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки*. — 2016, № 3(42), 92—96
6. Братан С.М., Рошчупкин С.И., Стадник Т.В. Исследование механизма взаимодействия СОТС с материалом заготовки при шлифовании деталей из титана в присутствии неорганических солей // *Вестник современных технологий*. — 2020, № 4(20), 4—8
7. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. — М.: Машиностроение. — 1976
8. Naumov A.G., Syrбу S.A., Taratanov N.A., and Mitrofanov A.S. Contact Zone Changes in Cutting Alloys in the Presence of Oxygen-Containing Lubricants and Coolants // *Journal of Friction and Wear*. — 2023 (44), no. 5, 298—303
9. Sheinin V.B., Shabunin S.A., Bobritskaya E.V., Ageeva T.A., and Koifman O.I. Protonation Equilibriums of Porphin, 5,10,15,20-Tetraphenylporphin, 5,10,15,20-Tetrakis(4'-sulfonatophenyl) porphin in Methanol // *Macroheterocycles*. — 2012 (5), 252—259
10. Наумов А.Г., Латышев В.Н., Раднюк В.С., Наумова О.А. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов // *Металлообработка*. — 2016, № 4(94), 26—33
11. Репин Д.С., Наумов А.Г. Об эффективности активации полимерсодержащих смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке металлов резанием // *Вестник УГАТУ*. — 2020 (24), № 2(88), 36—42

References

1. Dorofeyeva Ye.S., Litvinenko D.S., Yankovskaya N.F., Amel'chenko N.A. Nekotoryye osobennosti mekhanicheskoy obrabotki titanovykh splavov // *Materialy XXI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Reshetnevskiye chteniya–2017»*. — Krasnoyarsk: Izd-vo SibGU im. M.F. Reshetneva. — 2017, 494—496 (in Russian)
2. Vasilenko O.A., Tyukhta A.V., Vasilenko Yu.V. Effektivnost' deystviya SOZH pri shlifovanii // *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki*. Tula: Izd-vo TulGU. — 2016, vyp. 8, ch. 1, 215—220 (in Russian)
3. Lidin R.A., Andreyeva L.L., Molochko V.A. Konstanty neorganicheskikh veshchestv: Spravochnik pod red. R.A. Lidina. 3-ye izd., stereotip. — M.: Drofa. — 2008 (in Russian)
4. Lidin R.A., Molochko V.A., Andreyeva L.L. Khimicheskiye svoystva neorganicheskikh veshchestv: Uchebnoye posobiye dlya vuzov pod red. R.A. Lidina. 3-ye izd., ispr. — M.: Khimiya. — 2000 (in Russian)
5. Bubnov V.A., Knyazev A.N. Titan i yego splavy v mashinostroyenii // *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskiye nauki*. — 2016, № 3(42), 92—96 (in Russian)
6. Bratan S.M., Roshchupkin S.I., Stadnik T.V. Issledovaniye mekhanizma vzaimodeystviya SOTS s materialom zagotovki pri shlifovanii detaley iz titana v prisutstvii neorganicheskikh soley // *Vestnik sovremennykh tekhnologiy*. — 2020, № 4(20), 4—8 (in Russian)
7. Lakhtin Yu.M., Kogan Ya.D. Azotirovaniye stali. — M.: Mashinostroyeniye. — 1976 (in Russian)
8. Naumov A.G., Syrбу S.A., Taratanov N.A., and Mitrofanov A.S. Contact Zone Changes in Cutting Alloys in the Presence of Oxygen-Containing Lubricants and Coolants // *Journal of Friction and Wear*. — 2023 (44), no. 5, 298—303
9. Sheinin V.B., Shabunin S.A., Bobritskaya E.V., Ageeva T.A., and Koifman O.I. Protonation Equilibriums of Porphin, 5,10,15,20-Tetraphenylporphin, 5,10,15,20-Tetrakis(4'-sulfonatophenyl) porphin in Methanol // *Macroheterocycles*. — 2012 (5), 252—259
10. Naumov A.G., Latyshev V.N., Radnyuk V.S., Naumova O.A. Razvitie teorii radikalno-cepного mexanizma dejstviya SOTS pri rezanii metallov // *Metalloobrabotka*. — 2016, № 4(94), 26—33 (in Russian)
11. Repin D.S., Naumov A.G. Ob effektivnosti aktivatsii polimersoderzhashchikh smazочно-okhlazhdayushchikh tekhnologicheskikh sredstv pri mekhanicheskoy obrabotke metallov rezaniem // *Vestnik UGATU*. — 2020 (24), № 2(88), 36—42 (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