

УДК 621.762; 537.523.4

Триботехническая и коррозионная характеристика электроискровых Fe–Al алюминидных покрытий на нержавеющей стали AISI 304

А.А. Бурков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский федеральный исследовательский центр Институт материаловедения ДВО РАН,
ул. Тихоокеанская, 153, г. Хабаровск, 680042, Россия

Поступила в редакцию 11.03.2022.

После доработки 21.08.2022.

Принята к публикации 22.08.2022.

Исследовано влияние соотношения Al и Fe в электродной смеси на фазовый состав, триботехнические свойства, коррозионное поведение и циклическую жаростойкость электроискровых Fe–Al покрытий, на нержавеющей стали AISI 304. Было приготовлено пять смесей гранул с содержанием алюминия от 20 до 100 моль %. Структуру покрытий изучали методами рентгеновского дифракционного анализа, растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа. Износостойкость покрытий исследовалась согласно стандарту ASTM G99–17 при сухом трении скольжения с применением контртел в виде дисков из быстрорежущей стали P6M5 на скорости 0,47 м/с, при нагрузке 10 Н. Испытание на жаростойкость проводилось при температуре 900 °С в течение 100 часов. Установлено, что с ростом содержания алюминия в смеси гранул, монотонно повышалось содержание алюминия в покрытиях, и фазовый состав интерметаллидов изменялся от FeAl до Fe₁₄Al₈₆. Микротвёрдость покрытий составляла от 5,8 до 7,1 ГПа. Средний коэффициент трения покрытий находился в диапазоне от 0,71 до 0,87. Скорость износа Fe–Al покрытий находилась в пределах от $2,3 \cdot 10^{-5}$ до $7,9 \cdot 10^{-5}$ мм³/(Н·м). Лучшей износостойкостью обладало покрытие с наименьшим содержанием алюминия, и его износостойкость была в 4 раза выше, чем у стали AISI 304. Жаростойкость нержавеющей стали с покрытиями повышалась при увеличении содержания железа в смеси гранул. Результаты испытаний, показали, что покрытия, полученные в анодной смеси с 20 ат. % алюминия позволяют повысить жаростойкость нержавеющей стали AISI 304 до 13 раз. Испытания образцов методами потенциодинамической поляризации и импедансной спектроскопии в 3,5 % растворе NaCl показали повышение их коррозионной стойкости с ростом содержания алюминия в покрытиях.

Ключевые слова: нержавеющая сталь AISI 304, покрытие, электроискровое легирование, алюминид железа, FeAl, износ, коэффициент трения, коррозионная стойкость, жаростойкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

Адрес для переписки:

А.А. Бурков
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Хабаровский федеральный исследовательский центр Институт
материаловедения ДВО РАН,
ул. Тихоокеанская, 153, г. Хабаровск, 680042, Россия
e-mail: burkovalex@mail.ru

Address for correspondence:

A.A. Burkov
Khabarovsk Federal Research Center Institute of Materials Science of
the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Tikhookenskaya St., 153, Khabarovsk 680042, Russia
e-mail: burkovalex@mail.ru

Для цитирования:

А.А. Бурков.
Триботехническая и коррозионная характеристика
электроискровых Fe–Al алюминидных покрытий на нержавеющей
стали AISI 304.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 361–369.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

For citation:

A.A. Burkov.
[Tribological and Corrosion Characteristics of Electrospark Fe–Al
Aluminide Coatings on Stainless Steel AISI 304].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 361–369 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

Tribological and Corrosion Characteristics of Electrosark Fe–Al Aluminide Coatings on Stainless Steel AISI 304

A.A. Burkov

*Khabarovsk Federal Research Center Institute of Materials Science of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Tikhookenskaya St., 153, Khabarovsk 680042, Russia*

Received 11.03.2022.

Revised 21.08.2022.

Accepted 22.08.2022.

Abstract

The effect of the ratio of Al and Fe in the electrode mixture on the phase composition, tribotechnical properties, corrosion behavior and oxidation resistance of electrosark Fe–Al coatings on AISI 304 stainless steel was studied in this work. Five mixtures of granules with an aluminum content of 20 to 100 mol % were prepared. The structure of the coatings was studied by X-ray analysis, scanning electron microscopy, and energy dispersion spectroscopy. The wear resistance of the coatings was studied according to the ASTM G99-17 standard with dry sliding friction using counterbodies in the form of disks made of high-speed steel R6M5 at a speed of 0.47 m/s under a load of 10 N. The oxidation resistance test was carried out at a temperature of 900 °C for 100 hours. It was found that with an increase in the aluminum content in the mixture of granules, the aluminum content in the coatings increased monotonically, and the phase composition of the intermetallic compounds changed from FeAl to Fe₁₄Al₈₆. The microhardness of the coatings ranged from 5.8 to 7.1 GPa. The average coefficient of friction of the coatings was in the range from 0.71 to 0.87. The wear rate of Fe–Al coatings ranged from $2.3 \cdot 10^{-5}$ to $7.9 \cdot 10^{-5}$ mm³/(N·m). The coating with the lowest aluminum content had the best wear resistance, and its wear rate was 4 times lower than that of AISI 304 steel. The oxidation resistance of coated stainless steel increased with increasing iron content in the mixture of granules. The test results showed that the coatings obtained in the anode mixture with 20 at. % aluminum can increase the oxidation resistance of stainless steel AISI 304 up to 13 times. Tests of samples by potentiodynamic polarization and impedance spectroscopy in 3.5 % NaCl solution showed an increase in their corrosion resistance with an increase in the aluminum content in the coatings.

Keywords: stainless steel AISI 304, coating, electrosark alloying, iron aluminide, FeAl, wear, coefficient of friction, corrosion resistance, oxidation resistance.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

Адрес для переписки:

А.А. Бурков
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Хабаровский федеральный исследовательский центр Институт
материаловедения ДВО РАН,
ул. Тихоокеанская, 153, г. Хабаровск, 680042, Россия
e-mail: burkovalex@mail.ru

Address for correspondence:

A.A. Burkov
Khabarovsk Federal Research Center Institute of Materials Science of
the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Tikhookenskaya St., 153, Khabarovsk 680042, Russia
e-mail: burkovalex@mail.ru

Для цитирования:

А.А. Бурков.
Триботехническая и коррозионная характеристика
электросарковых Fe–Al алюминидных покрытий на нержавеющей
стали AISI 304.
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 4. – С. 361–369.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

For citation:

A.A. Burkov.
[Tribological and Corrosion Characteristics of Electrosark Fe–Al
Aluminide Coatings on Stainless Steel AISI 304].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 4, pp. 361–369 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-4-361-369

Список использованных источников / References

1. **Riffard F. et al.** The Influence of Implanted Yttrium on the Cyclic Oxidation behaviour of 304 Stainless Steel // *Applied Surface Science*. — 2006 (**252**), no. 10, 3697—3706
2. **Yürektürk Y. and Baydoğan M.** Effect of Aluminizing and Austempering Processes on Structural, Mechanical and Wear Properties of a SSF Ductile Iron // *Materials Research Express*. — 2018 (**6**), no. 1, 016550. DOI: 10.1088/2053-1591/aae804
3. **Palm M., Stein F., and Dehm G.** Iron Aluminides // *Annual Review of Materials Research*. — 2019 (**49**), 297—326
4. **Deevi S.C.** Advanced Intermetallic Iron Aluminide Coatings for High Temperature Applications // *Progress in Materials Science*. — 2021 (**118**), 100769
5. **Canakci A. et al.** Microstructure and Properties of Fe–Al Intermetallic Coatings on the Low Carbon Steel Synthesized by Mechanical Alloying // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. — 2014 (**73**), no. 5, 849—858
6. **Frangini S. and Masci A.** Intermetallic FeAl Based Coatings Deposited by the Electrospark Technique: Corrosion behavior in Molten (Li + K) Carbonate // *Surface and Coatings Technology*. — 2004 (**184**), no. 1, 31—39
7. **Burkov A.A. and Chigrin P.G.** Effect of Tungsten, Molybdenum, Nickel and Cobalt on the Corrosion and Wear Performance of Fe-Based Metallic Glass Coatings // *Surface and Coatings Technology*. — 2018 (**351**), 68—77
8. **Jamnapara N.I. et al.** Microstructural Studies of Electrospark Deposited Aluminide Coatings on 9Cr Steels // *Surface Engineering*. — 2012 (**28**), no. 9, 700—704
9. **Pyachin S.A. and Burkov A. A.** Formation of Intermetallic Coatings by Electrospark Deposition of Titanium and Aluminum on a Steel Substrate // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. — 2015 (**51**), no. 2, 118—124
10. **Burkov A.A. et al.** Wear Resistance of Fe₃₃Ni₈Cr₈W₈Mo₈Co₈C₁₆B₁₁ Metallic Glass-Based Electrospark Coatings // *Journal of Friction and Wear*. — 2018 (**39**), no. 5, 381—387
11. **Wang Y. et al.** Effect of Bionic Hydrophobic Structures on the Corrosion Performance of Fe-Based Amorphous Metallic Coatings // *Surface and Coatings Technology*. — 2021 (**416**), 127176.
12. **Nikolenko S.V. and Syui N.A.** Investigation of Coatings Produced by the Electrospark Machining Method of Steel 45 with Electrodes Based on Carbides of Tungsten and Titanium // *Protection of metals and physical chemistry of surfaces*. — 2017 (**53**), no. 5, 889—894
13. **PalDey S. and Deevi S.C.** Cathodic Arc Deposited FeAl Coatings: Properties and Oxidation Characteristics // *Materials Science and Engineering: A*. — 2003 (**355**), nos. 1-2, 208—215
14. **Alman D.E. et al.** Wear of iron-Aluminide Intermetallic-Based Alloys and Composites by Hard Particles // *Wear*. — 2001 (**251**), no. 1-12, 875—884
15. **Song B. et al.** Microstructure and Wear Resistance of FeAl/Al₂O₃ Intermetallic Composite Coating Prepared by Atmospheric Plasma Spraying // *Surface and Coatings Technology*. — 2015 (**268**), 24—29

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