

УДК 621.793

Влияние режима охлаждения при высокоскоростном газотермическом напылении покрытий из стали 95X18 на их структуру и износостойкость

В.А. Кукареко¹, М.А. Белоцерковский¹, А.Н. Григорчик¹, Го Сяомэй²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь

²Чжэцзянский университет водных ресурсов и электроэнергетики,
г. Ханьчжоу, Китай

Поступила в редакцию 16.05.2024.

После доработки 12.10.2024.

Принята к публикации 14.10.2024.

Проведено исследование влияния скорости охлаждения газотермического покрытия из высокохромистой стали 95X18 на его фазовый состав и триботехнические свойства. Установлено, что предварительный подогрев стальной подложки до 400 °С перед напылением покрытия приводит к уменьшению в 2,7 раза скорости его охлаждения в области бейнитного превращения и увеличению содержания в покрытии остаточного аустенита до 83,5 об. %. Показано, что стабилизация аустенита обусловлена перераспределением углерода между α и γ фазами и обогащением аустенита углеродом. Установлено, что покрытие из стали 95X18, напыленное на подогретую до 400 °С подложку, характеризуется более высокой износостойкостью в различных условиях трения (на 12—24 %) по сравнению с покрытием, сформированным на холодной подложке. Высокое сопротивление изнашиванию покрытий с повышенным содержанием γ -фазы достигается за счёт деформационно-активированного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, приводящего к существенному возрастанию микротвёрдости и износостойкости поверхностных слоёв покрытий.

Ключевые слова: высокохромистая сталь, газотермическое напыление, стабилизация аустенита, бейнитная область, содержание аустенита, износостойкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

Адрес для переписки:

А.Н. Григорчик
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь
e-mail: GrigorchikAN@gmail.com

Address for correspondence:

A.N. Grigorchik
Joint Institute of Mechanical Engineering, National Academy of
Sciences of Belarus,
Akademicheskaya Street, 12, Minsk 220072, Belarus
e-mail: GrigorchikAN@gmail.com

Для цитирования:

В.А. Кукареко, М.А. Белоцерковский, А.Н. Григорчик, Го Сяомэй.
Влияние режима охлаждения при высокоскоростном
газотермическом напылении покрытий из стали 95X18 на их
структуру и износостойкость.
Трение и износ.
2024. – Т. 45, № 5. – С. 384–391.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

For citation:

V.A. Kukareko, M.A. Belotserkovsky, A.N. Grigorchik, and
Guo Xiaomei.
[The Influence of the Cooling Mode During High-Speed Thermal
Spraying of Coatings Made of 95Cr18 Steel on Their Structure and
Wear Resistance].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 5, pp. 384–391 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

The Influence of the Cooling Mode During High-Speed Thermal Spraying of Coatings Made of 95Cr18 Steel on Their Structure and Wear Resistance

V.A. Kukareko¹, M.A. Belotserkovsky¹, A.N. Grigorichik¹, and Guo Xiaomei²

¹Joint Institute of Mechanical Engineering, National Academy of Sciences of Belarus,
Akademicheskaya Street, 12, Minsk 220072, Belarus

²Zhejiang University of Water Resources and Electric Power,
No. 508, 2nd Street, Zhejiang Xiasha Higher Education District, Hangzhou, Zhejiang Province, China

Received 16.05.2024.

Revised 12.10.2024.

Accepted 14.10.2024.

Abstract

A study was carried out of the influence of the cooling rate of gas-thermal coatings made of high-chromium steel 95Cr18 on their phase composition and tribotechnical properties. It has been established that preheating the steel substrate to 400 °C before spraying the coating leads to a 2.7 fold decrease in its cooling rate in the region of bainite transformation and an increase in the content of retained austenite in the coating to 83.5 vol. %. It is shown that the stabilization of austenite is due to the redistribution of carbon between the α and γ phases and the enrichment of austenite with carbon. It has been established that a coating made of steel 95Cr18, sprayed onto a substrate heated to 400 °C, is characterized by higher wear resistance under various friction conditions (by 12—24 %) compared to a coating formed on a cold substrate. High wear resistance of coatings with a high content of the γ -phase is achieved due to the deformation-activated $\gamma \rightarrow \alpha$ transformation, leading to a significant increase in microhardness and wear resistance of the surface layers of coatings.

Keywords: high-chromium steel, thermal spraying, austenite stabilization, bainite region, austenite content, wear resistance.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

Адрес для переписки:

А.Н. Григоричик
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь
e-mail: GrigorichikAN@gmail.com

Address for correspondence:

A.N. Grigorichik
Joint Institute of Mechanical Engineering, National Academy of
Sciences of Belarus,
Akademicheskaya Street, 12, Minsk 220072, Belarus
e-mail: GrigorichikAN@gmail.com

Для цитирования:

В.А. Кукареко, М.А. Белоцерковский, А.Н. Григоричик, Го Сяомэй.
Влияние режима охлаждения при высокоскоростном
газотермическом напылении покрытий из стали 95Х18 на их
структуру и износостойкость.
Трение и износ.
2024. – Т. 45, № 5. – С. 384–391.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

For citation:

V.A. Kukareko, M.A. Belotserkovsky, A.N. Grigorichik, and
Guo Xiaomei.
[The Influence of the Cooling Mode During High-Speed Thermal
Spraying of Coatings Made of 95Cr18 Steel on Their Structure and
Wear Resistance].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 5, pp. 384–391 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-384-391

Список использованных источников

1. Кукареко В.А., Григорчик А.Н., Белоцерковский М.А., Сосновский В.А. О природе формирования метастабильной аустенитной структуры при газотермическом напылении высокохромистой стали мартенситного класса 95X18 // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2017 (13), № 7, 318—322
2. Кукареко В.А., Белоцерковский М.А., Бельский А.В., Григорчик А.Н. Влияние ионно-лучевого азотирования на структурно-фазовое состояние и триботехнические свойства экономичных газотермических покрытий из проволочных сталей различных классов // Трение и износ. — 2013 (34), № 6, 621—627
3. Коробов Ю.С., Алван Х.Л., Макаров А.В., Сиросш В.А. Сравнительная стойкость против кавитационной эрозии аустенитных сталей различного уровня метастабильности // Обработка металлов. — 2022 (25), № 1, 30—50
4. Alwan H.L., Korobov Yu.S., Soboleva N.N., and Lezhnin N.V. Cavitation Erosion-Corrosion Resistance of Deposited Austenitic Stainless Steel/E308L-17 Electrode // Solid State Phenom. — 2020 (299), 908—913
5. Патюпкин А.В., Рудычев А.С., Грешта В.Л., Солидор Н.А. Разработка материалов и восстановление деталей при совместном воздействии на них кавитации, коррозии и абразивного изнашивания // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2010, № 20, 125—129
6. Малинов В.Л. Наплавочные материалы и обработки, обеспечивающие повышение долговечности за счет метастабильного аустенита // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. — 2009, № 46, 92—94
7. Габайдулин Д.Ю., Гречнева М.В. Исследование кавитационного износа и восстановление рабочих колес гидротурбин ГЭС // Труды ГОСНИТИ. — 2013 (111), № 2, 137—141
8. Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. — М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. — 1961
9. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия. — 1986

10. Садовский В.Д., Фокина Е.А. Остаточный аустенит в закаленной стали. — М.: Наука. — 1986

References

1. Kukareko V.A. et al. // Hardening technologies and coatings. — 2017, no. 7(151), 318—322 (in Russian)
2. Kukareko V.A., Belotserkovskii M.A., Grigorichik A.N., and Byeli A.V. Effect of Ion-Beam Nitriding on Structure, Phase State, and Tribological Behavior of Efficient Thermal Spray Coatings Deposited from Various Classes of Rod Steels // Journal of Friction and Wear. — 2013 (34), no. 6, 475—480. DOI 10.3103/S1068366613060093. EDN XKZFAV
3. Korobov Yu.S., Alwan H.L., Makarov A.V., Sirososh V.A. Comparative resistance against cavitation erosion of austenitic steels of the solar level of metastability // Metal processing. — 2022 (25), no. 1, 30—50 (in Russian)
4. Alwan H.L., Korobov Yu.S., Soboleva N.N., and Lezhnin N.V. Cavitation Erosion-Corrosion Resistance of Deposited Austenitic Stainless Steel/E308L-17 Electrode // Solid State Phenom. — 2020 (299), 908—913
5. Patyupkin A.V., Rudychev A.S., Greshta V.L., Solidor N.A. Development of materials and restoration of parts under the combined influence of cavitation, corrosion and abrasive wear // Bulletin of the Azov State Technical University. Series: Technical Sciences. — 2010, no. 20, 125—129 (in Russian)
6. Malinov V.L. Surfacing materials and treatments that provide increased durability due to metastable austenite // Bulletin of the Kharkov National Automobile and Highway University. — 2009, no. 46, 92—94 (in Russian)
7. Gabaidulin D.Yu., Grechneva M.V. Study of cavitation wear and restoration of impellers of hydraulic turbines of hydroelectric power stations // Proceedings of GOSNITI. — 2013 (111), no. 2, 137—141 (in Russian)
8. Popov A.A., Popova L.E. Isothermal and thermokinetic diagrams of the decomposition of supercooled austenite. — Moscow. — 1961 (in Russian)
9. Novikov I.I. Theory of heat treatment of metals. — Moscow. — 1986 (in Russian)
10. Sadovsky V.D., Fokina E.V. Retained austenite in hardened steel. — Moscow. — 1986 (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