

Вестник БарГУ

Научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 года
Выходит 2 раза в год

№ 2 (10), 2021

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования
«Барановичский государственный университет».

Адрес редакции:
ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.
Телефон: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Подписные индексы: 00999 — для индивидуальных подписчиков; 009992 — для организаций.
Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Технические науки» включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включен в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-01/2016.

Выходит на русском и английском языках.
Распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательской группой А. Ю. Сидоренко
Технический редактор Л. Н. Щербук
Компьютерная вёрстка С. М. Глушак
Корректор Н. Н. Колодко

Подписано в печать 03.11.2021. Формат 60 × 84 1/8.
Бумага ксероксная. Печать цифровая.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,50. Уч.-изд. л. 9,30.
Тираж 100 экз. Заказ . Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: Гродненское областное унитарное полиграфическое предприятие «Слонимская типография».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/203 от 07.03.2014, № 2 от 25.02.2014. Адрес: ул. Хлюпина, 16, 231800 г. Слоним, Гродненская обл.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кочурко В. И. (гл. ред. журн.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, заслуженный работник образования Республики Беларусь, профессор кафедры технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Климук В. В. (зам. гл. ред. журн.), кандидат экономических наук, доцент, первый проректор (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Алифанов А. В. (гл. ред. сер.), лауреат Государственной премии Республики Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Горбач Ю. Е. (отв. секретарь сер.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Зубрицкая Л. С. (ред. текстов на англ. яз.) (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Богданович И. А. (отв. за направление «Машиностроение и машиноведение»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Дубень И. В.** (отв. за направление «Процессы и машины агроинженерных систем»), кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Г. И., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь);

Белый А. В., член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь); **Девойно О. Г.**, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий (филиал Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть», Минск, Республика Беларусь);

Дремук В. А., кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Жигалов А. Н.**,

кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь); **Калугин Ю. К.**, кандидат технических наук, доцент (учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Республика Беларусь);

Карташевич А. Н., доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь);

Клочков А. В., доктор технических наук, профессор (учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь);

Клубович В. В., академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор (государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь);

Сиваченко Л. А., доктор технических наук, профессор (межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», Могилев, Республика Беларусь);

Томило В. А., доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь); **Шелег В. К.**, доктор технических наук, профессор (Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь).

Promoter: Educational institution
"Baranovichi State University".

Editorial address:
21 Voykova Str., 225404 Baranovichi.
Phone: +375 (163) 64 34 77.
E-mail: vestnikbargu@gmail.com .

Subscription indices: 00999 — for individual subscribers;
009992 — for companies.
The certificate of the registration of mass media № 1533
of 30.07.2012 issued by the Ministry of Information
of Belarus.

In compliance with the order of the Higher Attestation
Commission of the Republic of Belarus from January 21,
2015 № 16 the scientific and practical journal "BarSU
Herald. Engineering Series" is included into the List of
scientific publications of the Republic of Belarus for
publishing the results of theses research on engineering
sciences (mechanical engineering and machines,
processes and machines of agroengineering systems).

Scientific-and-practical journal "BarSU Herald"
is included into RSCI (Russian Science Citation Index),
license agreement № 06-01/2016.

Issued in Russian and English. The journal is distributed
on the territory of the Republic of Belarus.

Managing editor A. Y. Sidorenko
Technical editor L. N. Scherbuk
Desktop Publishing S. M. Glushak
Proofreader N. N. Kolodko

Signed print 03.11.2021. Format 60 × 84 1/8. Paper xerox.
Digital printing. Headset Times. Conv. pr. s. l. 14,50.
Acc.-pub. s. l. 9,30. Circulation of 100 copies.
Order . Free price.

Printing performance: Grodno Regional Printing Unitary
Enterprise "Slonim printing establishment". The state
registration certificate of the publisher, manufacturer and
publications distributor № 1/203 of 07.03.2014, № 2
of 25.02.2014. Address: 16 Hlyupin St., 231800 Slonim,
Grodno region.

EDITORIAL BOARD

Kochurko V. I. (*editor-in-chief*), DSc in Agriculture, Professor, Academician of the Belarusian Academy of Engineering, Academician of the International Academy of Technical Education, academician of the International Academy of Pedagogical Education, Academician of the Academy of Economic Sciences of Ukraine, Honored Worker of Education of the Republic of Belarus, Professor of Department of Technical Support of Agricultural Production Processes and Agronomic Sciences (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Klimuk V. V. (*deputy editor-in-chief*), PhD in Economics, Associate Professor, first vice-rector (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Alifanov A. V. (*the series editor-in-chief*), Laureate of the State Prize of the Republic of Belarus in the field of science and technology, Doctor of Technical Sciences, Professor (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Gorbach Yu. E. (*responsible for the topic area "Engineering Sciences"*) (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Zubritskaya L. S. (*ed. of texts in English*) (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Bogdanovich I. A. (*responsible for the area "Mechanical Engineering and Machine Science"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Duben I. V.** (*responsible for the area "Processes and Machines of Agro engineering Systems"*), PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus).

Aniskovich G. I., PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, the Republic of Belarus); **Bely A.V.**, A. M. of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Devoino O. G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Innovative Research Laboratory of Plasma and Laser Technologies (branch of the Belarusian National Technical University "Research Unit", Minsk, the Republic of Belarus); **Dremuk V. A.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Zhigalov A. N.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Baranovichi State University", Baranovichi, the Republic of Belarus); **Kalugin Yu. K.**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (Educational institution "Yanka Kupala Grodno State University", Grodno, the Republic of Belarus); **Kartashevich A. N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Educational institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klochkov A.V.**, Doctor of Technical Sciences, Professor (educational institution "Belarusian State of the Orders of the October Revolution and Labor Red Banner Agricultural Academy", Gorki, the Republic of Belarus); **Klubovich V. V.**, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor (State Scientific Institution "Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, the Republic of Belarus); **Sivachenko L. A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Interstate educational institution of higher education "Belarusian-Russian University", Mogilev, the Republic of Belarus); **Tomilo V. A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus); **Sheleg V. K.**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus).

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Алифанов А. В., Милюкова А. М., Ционенко Д. А. Модель воздействия импульсного магнитного поля на изделие из титанового сплава

Булойчик И. А. Анализ изменения структурообразования интерметаллидных слоев на основе цинка при цинковании термоупрочненных стальных изделий диффузионным способом из газовой фазы

Дубень И. В., Дремук В. А. Расчет числа витков пружин кручения

Жигалов А. Н., Горавский И. А. Экспериментальные исследования износа осевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5, упрочненного аэродинамическим звуковым методом

Жигар В. И., Довгяло В. А., Моисеенко В. Л. Определение экономической эффективности практического применения методов повышения производительности звеносборочной линии КБ03

Качанов И. В., Филипчик А. В., Шаталов И. М., Булыга Д. М., Ковалевич В. С., Недвецкий С. В., Денисов В. А. Гидроабразивная технология очистки металлических поверхностей гребных винтов от коррозии

Михайлов М. И., Тетерич Н. Э., Воробей В. И. К вопросу о диагностике резцов по силе резания в условиях роботизированного технологического комплекса

Сиваченко Л. А., Абдукаликова Г. М., Сотник Л. Л., Дыдышко И. М. Проблемы, задачи и пути развития пружинных технологических аппаратов

Сотник Л. Л., Русан С. И., Сиваченко Л. А. Анализ пропускной способности вибровалкового измельчителя с переменными параметрами движения вала

Чаевский В. В., Кулешов А. К., Рудак П. В., Барчик С., Коледа П. Влияние ионно-плазменной обработки лезвий ножей на режущую способность фрезы при фрезеровании древесины

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Дубень И. В. Агротехническая и энергетическая оценка работы плужных корпусов с углоснимами

Крупенин П. Ю. Анализ фазового портрета пульсаций доильного аппарата

Филиппов А. И., Лещик С. Д., Калугин Ю. К., Дубень И. В. Исследование и разработка модели по оптимизации процесса разбрасывания удобрений

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

4 Alifanov A. V., Miliukova A. M., Tsionenko D. A. Model of impact of pulsed magnetic field on titanium alloy product

12 Bulochyk I. A. Analysis of changes in the structure formation of zinc-based intermetallic layers during galvanizing of heat-hardened steel products by diffusion method from the gas phase

17 Duben I. V., Dremuk V. A. Calculation of the number of torsion springs

24 Jigalov A. N., Goravskii I. A. Experimental study of the wear of an axial milling tool made of high-speed steel R6M5, hardened by aerodynamic sound method

42 Zhihar V. I., Dovgualo V. A., Moiseenko V. L. determination of economic efficiency of practical application of methods for improving the productivity of the link assembly line KB03

51 Kachanov I. V., Filipchik A. V., Shatalov I. M., Bulyga D. M., Kovalevich V. S., Nedvetsky S. V., Denisov V. A. Hydro-abrasive technology for cleaning metal surfaces of propellers from corrosion

60 Mikhailov M. I., Teterich N. Э., Vorobei V. I. To the question of cutters diagnostics by cutting force in conditions of a robotic technological complex

67 Sivachenko L. A., Abdalikova G. M., Sotnik L. L., Dydyshko I. M. Problems, tasks and ways of development of spring technological apparatus

78 Sotnik L. L., Rusan S. I., Sivachenko L. A. Analysis of the throughput of a vibrating grinder with variable parameters of the roll movement

88 Chayevski V. V., Kuleshov A. K., Rudak P. V., Barcik Š., Koleda P. The effect of ion-plasma treatment of the blades on the cutting ability of the milling cutter during wood milling

PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS

95 Duben I. V. Agrotechnical and energy assessment of the work of plough bodies with trashboard

102 Krupenin P. Y. Analysis of the phase portrait of milking machine pulsations

108 Filippov A. I., Leshchik S. D., Kalugin Yu. K., Duben I. V. Research and development of a model for optimizing the fertilizer spreading process

УДК 669.58

И. А. Булойчик

Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,
пр-т Независимости, 65, 220013 Минск, Республика Беларусь, +375 (17) 293 93 30, ilya.by@gmail.com

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА ПРИ ЦИНКОВАНИИ ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДИФфуЗИОННЫМ СПОСОБОМ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Приведены данные по исследованию формирования цинковых интерметаллидных диффузионных слоев на термически упрочненных поверхностях в условиях структурного изменения металла. Для цинковых диффузионных слоев, сформированных на мартенситной стальной основе, наблюдали повышение значений микротвердости и зоны формирования твердого раствора цинка в железе (α -фаза) в сравнении с цинковыми диффузионными слоями, сформированными на стали с перлитной структурой.

Ключевые слова: термодиффузионное цинкование в порошковых насыщающих средах; защита от коррозии; диффузионный слой; микроструктура; микротвердость.

Рис. 5. Библиогр.: 5 назв.

I. A. Buloichyk

Belorussian National Technical University, 65 Nezavisimosti Ave., 220013 Minsk,
the Republic of Belarus, +375 (17) 293 93 30, ilya.by@gmail.com

ANALYSIS OF CHANGES IN THE STRUCTURE FORMATION OF ZINC-BASED INTERMETALLIC LAYERS DURING GALVANIZING OF HEAT-HARDENED STEEL PRODUCTS BY DIFFUSION METHOD FROM THE GAS PHASE

Data on the study of the formation of zinc intermetallic diffusion layers on thermally hardened surfaces under conditions of structural change of the metal are presented. For zinc diffusion layers formed on a martensitic steel base, an increase in the values of microhardness and the zone of formation of a solid solution of zinc in iron (α -phase) was observed in comparison with zinc diffusion layers formed on steel with a pearlite structure.

Key words: thermodiffusion galvanizing in powder saturating media; corrosion protection; diffusion layer; microstructure; microhardness.

Fig. 5. Ref.: 5 titles.

Введение. Проблемы антикоррозионной защиты металлоизделий были и остаются актуальными для промышленно развитых стран. Существует множество технологий получения антикоррозионных покрытий на стальных и чугунных деталях. Значительная часть производства антикоррозионных покрытий отведена технологиям цинкования. Следует отметить, что в настоящее время в Республике Беларусь существует достаточно большое количество предприятий, обеспечивающих цинкование изделий в расплавах цинка и электролитах. Однако традиционные цинковые покрытия, полученные данными способами, в ряде случаев не обеспечивают требуемые эксплуатационные показатели [1; 2]. Одним из альтернативных

направлений в сфере получения защитных цинковых покрытий на стальных изделиях является способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (далее — ТДЦ). Преимущественной особенностью данного способа является возможность замены процессом ТДЦ ряда операций термической обработки деталей (отпуска), что ведет к снижению затрат на термическую и антикоррозионную обработку изделий.

При формировании интерметаллидных слоев на основе цинка важное значение имеет структура стальной основы, на которой происходит диффузионное взаимодействие атомов насыщающего элемента и насыщаемой основы. В большинстве случаев при антикоррозионной обработке стальных изделий данным способом формирование диффузионного слоя происходит на ферритно-перлитных структурах с низким содержанием легирующих элементов. С учетом традиционного температурного интервала протекания процессов ТДЦ (380...420 °С) формирование диффузионного цинкового слоя на стальных изделиях возможно также после закалки на мартенсит. В этом случае процесс происходит в условиях диффузионного распада пересыщенного твердого раствора (мартенсита) [3]. Формирование диффузионного слоя происходит на поверхности с большой степенью дефектности кристаллического строения в условиях значительных структурных напряжений. С одной стороны, из теории диффузии известно, что чем выше степень дефектности (дислокации, границы раздела фаз и др.) насыщаемой подложки, тем интенсивнее будет происходить диффузионное проникновение насыщающего атома в поверхность подложки за счет увеличенного количества «легких путей диффузии». Процессы интенсивной фазовой перекристаллизации во время распада мартенсита при отпуске также могут активировать взаимную диффузию атомов железа и цинка, способствуя более активному формированию диффузионного слоя. С другой стороны, с учетом данных источника [4], где указано, что формирование диффузионных слоев на основе цинка происходит в условиях взаимной диффузии атомов железа и цинка, значительные термические и структурные напряжения в мартенсите, а также большая, по сравнению с перлитными структурами, концентрация углерода могут препятствовать встречной диффузии атомов железа и замедлять формирование интерметаллидных фаз диффузионного слоя. Следовательно, рассматривая процессы диффузионного взаимодействия атомов цинка с поверхностью пересыщенного твердого раствора (мартенсита), следует учитывать влияние закалочных напряжений на характер диффузии атомов железа.

Материалы и методы исследования. Для определения свойств и состава диффузионных слоев использовали методы оптической микроскопии в совокупности с методом измерения микротвердости вдавливанием алмазных наконечников по ГОСТ 9450-76.

Организация исследования. Цинкованию подвергали образцы из стали 65Г в структурном состоянии перлит зернистый (состояние поставки проволоки из стали 65Г), мартенсит в отожженном состоянии при 830 °С, структурно соответствующему ферритно-перлитной структуре (Ф + П). Формирование слоя производили термодиффузионным цинкованием во вращающемся контейнере и в стационарных тиглях с применением порошковых насыщающих сред на основе чистого цинка без применения активаторов при различной длительности выдержки. С применением вращающегося контейнера длительность выдержки образцов составляла 30 и 50 мин. Длительность выдержки образцов с применением стационарных тиглей составляла до 2,5 ч.

Результаты исследования и их обсуждение. Толщина цинковых диффузионных слоев, полученных во вращающемся контейнере, составляла порядка 20 мкм для каждого типа подложек (рисунки 1—3).

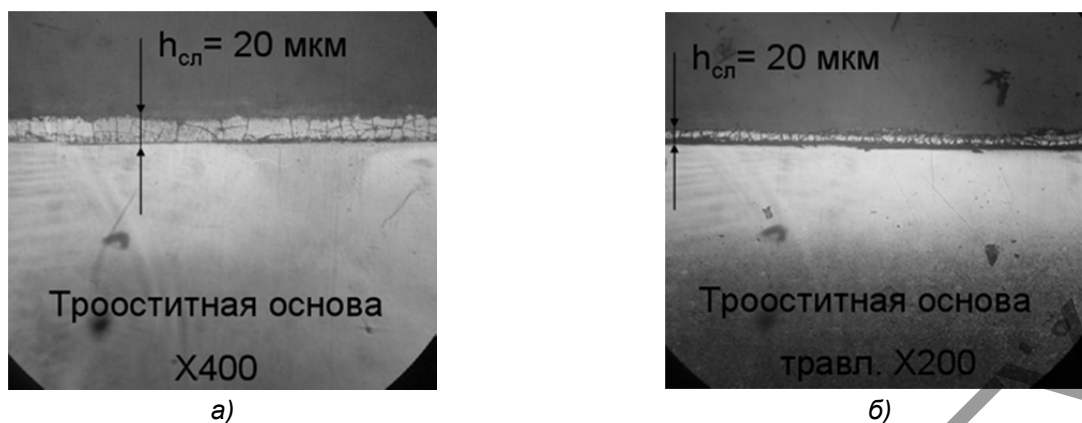


Рисунок 1. — Диффузионный цинковый слой, полученный на стали 65Г после закалки. Исходная структура стальной основы: мартенсит тетрагональный и аустенит остаточный. Цинкование 410 °С, 30 мин: а — шлиф не травлен; б — травление 3 % HNO_3

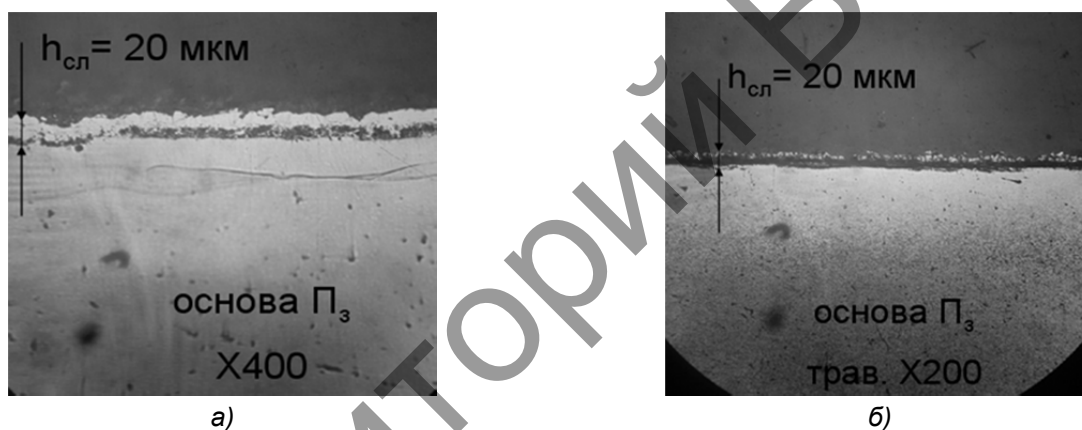


Рисунок 2. — Диффузионный цинковый слой, полученный на стали 65Г после закалки. Исходная структура стальной основы: перлит зернистый. Цинкование 410 °С, 30 мин: а — шлиф не травлен; б — травление 3 % HNO_3

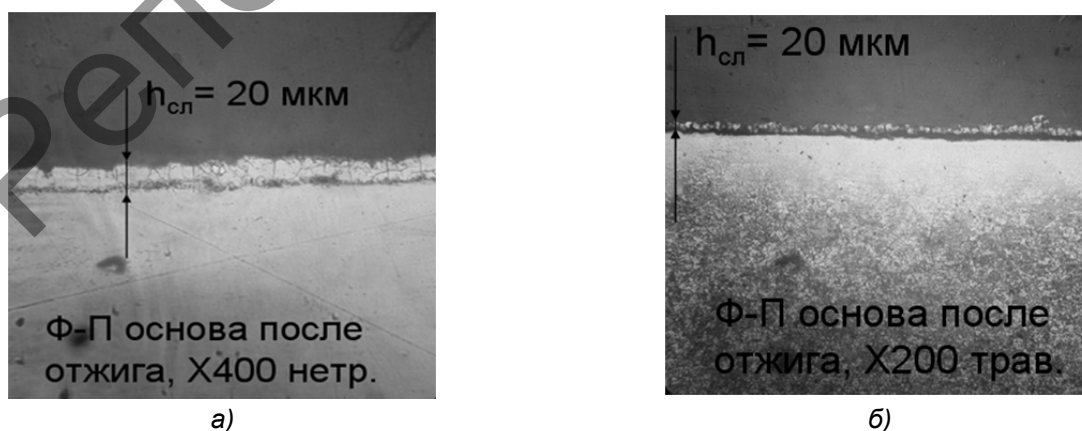


Рисунок 3. — Диффузионный цинковый слой, полученный на стали 65Г после полного отжига. Исходная структура стальной основы: перлит пластинчатый + феррит избыточный. Цинкование 410 °С, 30 мин: а — шлиф не травлен; б — травление 3 % HNO_3

Следует отметить, что для цинковых диффузионных слоев, полученных на стальной мартенситной основе, характерна большая равномерность формирования (сохранение одинаковой толщины диффузионного слоя на разных участках шлифа). Повышение значений микротвердости для цинковых диффузионных слоев, сформированных на мартенситной подложке, объясняется более активным протеканием диффузионных процессов при формировании цинкового диффузионного слоя на подложке такого типа, что, в свою очередь, влияет на фазовый состав формируемого диффузионного слоя. Отличительной особенностью диффузионно-оцинкованных образцов с мартенситной основой является увеличенная зона α -фазы, представленная на шлифе в виде слабо травящейся светлой полосы под цинковым диффузионным слоем, а также повышение значений микротвердости диффузионного слоя до 3 300 МПа в сравнении с цинковыми диффузионными слоями, сформированными на перлитной и ферритно-перлитной основах (рисунки 4, 5).

Повышение значений микротвердости для цинковых диффузионных слоев, сформированных на мартенситной подложке, связано с более активным протеканием сорбционных и диффузионных процессов при формировании цинкового диффузионного слоя на стальной подложке мартенситного типа, что, в свою очередь, влияет на фазовый состав формируемого диффузионного слоя.

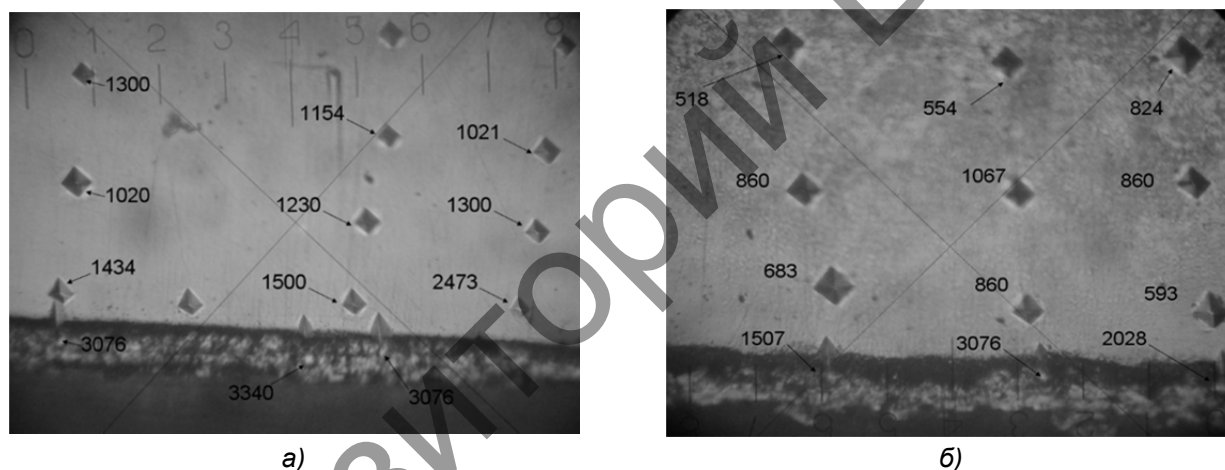


Рисунок 4. — Микротвердость на мартенситной (а) и ферритно-перлитной стальных основах (б) после термодиффузионного цинкования при 410 °С, 30 мин

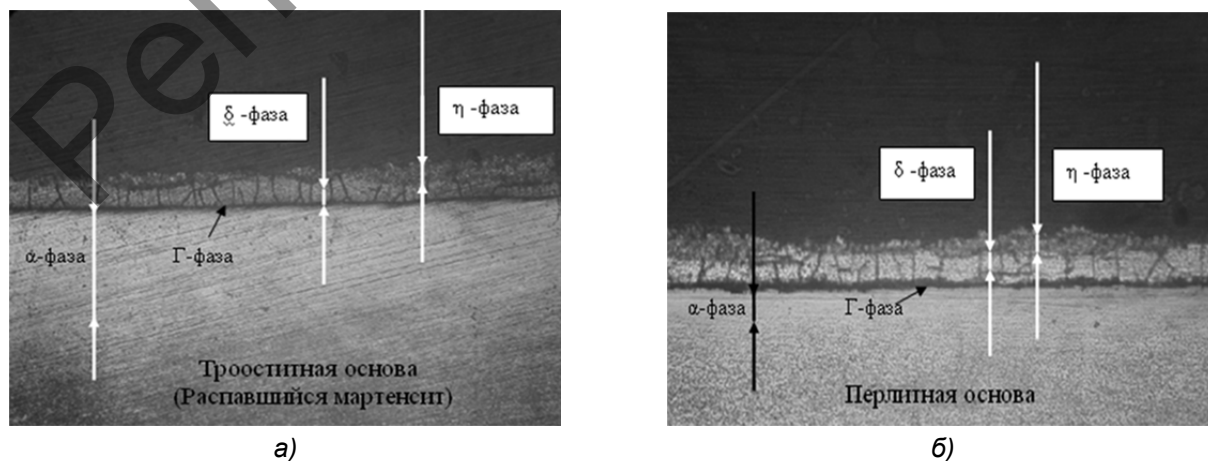


Рисунок 5. — Различия формирования зоны α -фазы для цинковых диффузионных слоев сформированных на мартенситной (а) и перлитной (перлит зернистый) основах (б), $\times 400$

Увеличение зоны α -фазы для цинковых диффузионных слоев, сформированных на мартенситной основе, связано с наличием большого количества дефектов структуры, характерных для мартенсита закалки и являющихся дополнительными «путями» диффузии для атомов насыщающего элемента. Если принять, что α -фаза (твердый раствор цинка в железе) формируется одной из первых при формировании диффузионного цинкового слоя [5], то увеличение зоны α -фазы для мартенситной основы может быть связано с более активной диффузией (на большую глубину) атомов цинка в металлическую поверхность за счет большей дефектности кристаллического строения мартенситной стальной основы в сравнении с перлитной.

Заключение. Исходная структура стального изделия перед процессом цинкования может оказывать существенное влияние на характер формирования диффузионного слоя. Наличие мартенситной структуры стальной основы влияет на характер формирования цинковых диффузионных слоев, что подтверждается увеличением зоны твердого раствора цинка в железе (α -фазы) после процесса цинкования. Для цинковых диффузионных слоев, сформированных на ферритно-перлитных и перлитных основах, характерна неравномерность формирования, что может быть связано с более низкой активностью протекания диффузионных процессов на данном типе стальной основы.

Список цитируемых источников

1. Константинов, В. М. Антиккоррозионные цинковые покрытия на стальных изделиях: перспективы термодиффузионных покрытий / В. М. Константинов, Н. И. Иваницкий, Л. А. Астрейко // *Литье и металлургия*. — 2013. — № 4 (73). — С. 107—110.
2. Константинов, В. М. Исследование структурообразования гальванически оцинкованных покрытий при термическом воздействии / В. М. Константинов, И. А. Булойчик // *Вестн. БарГУ. Сер. «Физико-математические науки (Физика). Технические науки (Машиностроение и машиноведение. Процессы и машины агроинженерных систем)»*. — 2013. — Вып. 1. — С. 96—101.
3. Константинов, В. М. Особенности реализации процессов термодиффузионного цинкования при антикоррозионной защите термообработанных стальных изделий / В. М. Константинов, И. А. Булойчик // *Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: материалы 3-го Респ. науч.-техн. семинара, Минск, 5—6 дек.* / Белорус. гос. техн. ун-т. — Минск, 2013. — С. 66—70.
4. Сотсков, Н. И. Исследование физико-химических и технологических процессов при термодиффузионном цинковании / Н. И. Сотсков, Б. М. Жуков // *Промышл. и гражд. стр.-во*. — 2009. — № 5. — С. 28—31.
5. Проскуркин, Е. В. Диффузионные цинковые покрытия / Е. В. Проскуркин, Н. С. Горбунов. — М.: Металлургия, 1972. — 248 с.

Поступила в редакцию 14.10.2021.