

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ISSN 1997-9258

**Журнал входит в перечень ведущих периодических изданий,
рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук**

Главный редактор

Семенов Виктор Владимирович,
канд. экон. наук

Заместители главного редактора

Леонтьев Л.И., академик РАН
Волков А.И., канд. хим. наук
Матросов Ю.И., д-р техн. наук

Члены редколлегии

Алымов М.И., чл.-корр. РАН
Бродов А.А., канд. экон. наук
Григорович К.В., академик РАН
Денисов С.Н., д-р экон. наук
Дроздов А.А., канд. техн. наук
Дуб А.В., д-р техн. наук
Еремин Г.Н., канд. техн. наук
Жигалов А.Н., д-р техн. наук (Беларусь)
Заякин О.В., чл.-корр. РАН
Козырев Н.А., д-р техн. наук
Комлев В.С., чл.-корр. РАН
Левашов Е.А., д-р техн. наук
Москвина Т.П., канд. техн. наук
Никулин А.Н., д-р техн. наук
Петрова Л.Г., д-р техн. наук
Рубаник В.В., чл.-корр. НАНБ (Беларусь)
Рудской А.И., академик РАН
Родионова И.Г., д-р техн. наук
Смирнов Л.А., академик РАН
Тихонов А.К., д-р техн. наук
Филиппов Г.А., д-р техн. наук
Филиппова В.П., канд. физ.-мат. наук
Филонов М.Р., д-р техн. наук
Чжоу Мейдун (КНР)
Эфрон Л.И., д-р техн. наук

С требованиями к публикациям в журнале «ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ» и правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте ЦНИИчермет им. И.П. Бардина – www.chermet.net

Подписной индекс 58999

в объединенном каталоге «Пресса России» на сайте www.pressa-rf.ru и «Пресса по подписке» <https://www.akc.ru>
Вопросы подписки: Н.А. Карамышева
ntpnm@yandex.ru

**Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-60022**

Выпуск подготовлен
Информационно-издательским центром
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»:

Руководитель ИИЦ *Е.Х. Иванова*

Редактор *Н.В. Колясникова*, канд. техн. наук

Верстка *П. Несмелова*

Адрес редакции:

105005 Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2, оф. 474
ЦНИИчермет им. И.П. Бардина,
тел. +7 495 777 93 02, 777 95 13,
E-mail: ntpnm@yandex.ru, rhenium@list.ru,
metallurgizdat@yandex.ru

Подписано в печать 25.03.2025 г.

Формат 60×88 1/8.

Отпечатано в ООО «Металлургиздат»

www.metallurgizdat.com

Фото на обложке В.П. Чекалова

ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

1 • 2025

ОБЗОРЫ

Дагман А.И.

Ключевые особенности механизма влияния бора на формирование микроструктуры и свойств высокопрочных низколегированных сталей 4

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИИ

Москалев Д.Н., Цыганов И.А.

Моделирование экранирования стальной проволоки от растворимого медного анода в процессе электроосаждения меди 16

Блинова Е.Н., Кулеш А.А., Либман М.А., Пименов Е.В., Сундеев Р.В., Шалимова А.В., Шурыгина Н.А.

Влияние стабильности γ -фазы в аустенитно-мартенситных сплавах системы железо-хром-никель на протекание мартенситного превращения, инициированного пластической деформацией 24

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕТАЛЛУРГИИ

Иванова А.С., Ливанова О.В., Плешивцев В.Г., Филиппов Г.А.

Деградационные процессы в металле труб сетевых водопроводов 28

Родионова И.Г., Буков К.А., Ганзя Т.Д., Рузаев Д.Г., Брылин А.М., Пименова Т.В., Заркова Е.И., Чиркина И.Н., Гранилина Э.С.

Исследование влияния режимов рекристаллизационного отжига в колпаковых печах на коррозионную стойкость холоднокатаного проката 36

Гладченкова Ю.С., Степанов А.Б., Никольская Л.И.

Оценка влияния химического состава и режимов горячей прокатки на хладостойкость сталей для колесных систем автомобилей 50

Громов В.Е., Юрьев А.Б., Коновалов С.В., Полевой Е.В., Козырев Н.А.

Производство длинномерных дифференцированно-закаленных рельсов в «Евраз-Объединенный ЗСМК» 62

Бабанин А.Я., Белов Б.Ф., Абакумов И.А., Мовчан А.Ю.

Механизм силикотермического процесса извлечения кальция из минерального сырья ферросилицием 76

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Балановский А.Е., Конюхов В.Ю., Ремезов И.С.

Результаты исследования текстуры алюминиево-магниевого сплава АМГ5 после сварки трением с перемешиванием 85

Чигарев В.В., Зареченский Д.А., Холодный А.А., Воробьев В.В., Шевченко В.А., Шпак А.А.

Особенности формирования износостойкого композиционного сплава при электродуговой наплавке порошковой лентой 94

<i>Лопатина Е.В., Полякова М.А., Курьянова О.А., Самойлов С.П.</i> Моделирование структурно-фазового состава стали для проектирования процесса термомеханической обработки.....	100
<i>Егоров В.А., Степанов П.П., Есиев Т.С., Маханев В.О., Арабей А.Б., Самсоненко А.П., Тимофеев А.М., Червонный А.В.</i> Исследование механических свойств и структуры сталей для труб большого диаметра при повышенных температурах.....	107

КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

<i>Родионова И.Г., Колдаев А.В., Буков К.А., Мельниченко А.С., Рузаев Д.Г.</i> Сравнение результатов натурных коррозионных испытаний горячекатаных низкоуглеродистых сталей с результатами испытаний по лабораторной экспресс-методике	119
<i>Заркова Е.И., Буков К.А., Чиркина И.Н., Карамышева Н.А., Рузаев Д.Г.</i> Влияние влажности на результаты испытаний коррозионной стойкости горячекатаных автолистовых сталей методом переменного погружения	126

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

<i>Ушакова М.В., Бижанов А.М.</i> Об эффективности рециклинга вторичных материалов в черной металлургии.....	134
---	-----

ИСТОРИЯ. ХРОНИКА

<i>Новичкова О.В., Матросов Ю.И., Колясникова Н.В.</i> Роль профессора С.А. Голованенко в развитии качественных сталей.....	141
Памяти Феединой Людмилы Викторовны	145

PROBLEMS OF FERROUS METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

CONTENTS

1 • 2025

REVIEWS

<i>Dagman A.I.</i> Key features of the mechanism of effect of boron on the formation of microstructure and properties of high-strength low-alloyed steels	4
---	---

THE ORETICAL FOUNDATIONS OF METALLURGY

<i>Moskalyov D.N., Tsyganov I.A.</i> Modeling of shielding the steel wire from soluble copper anode in process copper electrodeposition.....	16
---	----

<i>Blinova E.N., Kulesh A.A., Libman M.A., Pimenov E.V., Sundeev R.V., Shalimova A.V., Shurygina N.A.</i> Influence of the stability of the γ -phase in austenitic–martensitic alloys of the iron–chromium–nickel system on martensite transformation initiated by plastic deformation	24
--	----

PRODUCTION PROCESSES IN METALLURGY

<i>Ivanova A.S., Livanova O.V., Pleshivtsev V.G., Filippov G.A.</i> Degradation processes in metal pipes of water supply networks	28
<i>Rodionova I.G., Bukov K.A., Ganzya T.D., Ruzaev D.G., Brylin A.M., Pimenova T.V., Zarkova E.I., Chirkina I.N., Granilina E.S.</i> Study of the influence of recrystallization annealing modes in bell furnaces on the corrosion resistance of cold-rolled steel	36
<i>Gladchenkova Yu.S., Stepanov A.B., Nikolskaya L.I.</i> Assessment of the influence of chemical composition and hot rolling modes on the cold resistance of steels for car wheel systems	50
<i>Gromov V.E., Yuriev A.B., Konovalov S.V., Polevoi E.V., Kozyrev N.A.</i> Production of long dimensional differentially quenched rails at use «EVRAZ – United ZSMK»	62
<i>Babanin A.Ya., Belov B.F., Abakumov I.A., Movchan A.Yu.</i> Mechanism of the silicothermal process of calcium extraction from mineral raw materials by ferrosilicium	76

MATERIALS SCIENCE AND NEW MATERIALS

<i>Balanovsky A.E., Konyukhov V.Yu., Remezov I.S.</i> The results of the study of the texture of aluminum–magnesium alloy AMG5 after friction welding with stirring	85
<i>Chigarev V.V., Zarechenskiy D.A., Kholodnyi A.A., Vorobyov V.V., Shevchenko V.A., Shpak A.A.</i> Features of the formation of a wear-resistant composite alloy during electric arc surfacing with powder forming belt	94
<i>Lopatina E.V., Polyakova M.A., Kupriyanova O.A., Samoilo V.S.P.</i> Modeling of the structural and phase composition of steel for designing the thermomechanical treatment process	100
<i>Egorov V.A., Stepanov P.P., Esiev T.S., Arabey A.B., Samsonenko A.P., Timofeev A.M., Chervonny A.V.</i> Study of mechanical properties and structure of steel for large diameter pipes at high temperatures	107

CONTROL OF METALLURGICAL PRODUCTION AND METAL PRODUCTS

<i>Rodionova I.G., Koldaev A.V., Bukov K.A., Melnichenko A.S., Ruzaev D.G.</i> Comparison of corrosion test results of hot-rolled low-carbon steels	119
<i>Zarkova E.I., Bukov K.A., Chirkina I.N., Karamysheva N.A., Ruzaev D.G.</i> Effect of moisture on the results of corrosion resistance tests of hot-rolled automotive sheet steels by the alternating immersion method	126

PROCESSING OF MAN-MADE RAW MATERIALS

<i>Ushakova M.V., Bidjanov A.M.</i> On the efficiency of recycling secondary materials in ferrous metallurgy	134
---	-----

HISTORY. THE CHRONICLE

<i>Novichkova O.V., Matrosov Y.I., Kolasnikova N.V.</i> The role of professor S.A. Golovanenko in the development of high-quality steels	141
In memory of Fedina Lyudmila Viktorovna	145

DOI 10.52351/00260827_2025_1_4
УДК 669-1

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ БОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Алексей Игорьевич Дагман, канд. техн. наук

ПАО «НЛМК», г. Липецк, Россия
E-mail: dagman_ai@nlmk.com

Аннотация. Микролегирование бором является одним из перспективных направлений при разработке высокопрочных низколегированных сталей благодаря возможности замены дорогостоящей системы легирования. В обзоре представлены современные представления о механизме влияния бора на формирование структурного состояния и механических свойств низкоуглеродистых сталей, включая роль химического состава и основных параметров термомеханической обработки в реализации процесса сегрегации бора и формировании дисперсной микроструктуры.

Ключевые слова: высокопрочные стали, низколегированные стали, микролегирование бором, сегрегация бора, бейнит, игольчатый феррит, прокаливаемость

KEY FEATURES OF THE MECHANISM OF EFFECT OF BORON ON THE FORMATION OF MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH LOW-ALLOYED STEELS

Aleksey I. Dagman

Novolipetsk Steel, Lipetsk, Russia

Abstract. Microalloying with boron is one of the promising directions in the development of high-strength low-alloyed steels due to the possibility of replacing the expensive alloying system. The review presents modern ideas about the mechanism of boron influence on the formation of the structural state and mechanical properties of low-carbon steels, including the role of chemical composition and the main parameters of thermal deformation treatment in the implementation of the boron segregation process and the formation of a fine-grain microstructure.

Keywords: high-strength steels, low-alloyed steels, boron microalloying, boron segregation, bainite, acicular ferrite, hardenability

DOI 10.52351/00260827_2025_1_16

УДК 621.357.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ ОТ РАСТВОРИМОГО МЕДНОГО АНОДА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ МЕДИ

Дмитрий Николаевич Москалев¹, Игорь Анатольевич Цыганов¹

¹ Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

E-mail: dmitriy.moskalev.official@yandex.ru

Аннотация. С помощью программы COMSOL Multiphysics 5.4 в модуле «Electrodeposition» было смоделировано поведение прикатодной области стальной проволоки до и после экранирования от растворимого анода меди в процессе электроосаждения. Также был проведен физический эксперимент по экранированию катода от анода в лабораторных условиях. Получен результат, подтверждающий эффективность применения способа экранирования для минимизации разнотолщинности медного покрытия на стальной проволоке.

Ключевые слова: металлокорд, электроосаждение, экранирование катода, моделирование, COMSOL Multiphysics

MODELING OF SHIELDING THE STEEL WIRE FROM SOLUBLE COPPER ANODE IN PROCESS COPPER ELECTRODEPOSITION

Dmitry N. Moskalyov¹, Igor A. Tsyganov¹

¹ Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Abstract. In program the COMSOL Multiphysics 5.4 with «Electrodeposition» module, was modeled the behavior of the around cathode region of a steel wire before and after shielding from a soluble copper anode in process of electrodeposition. Was done the laboratory physical experiment of shielding cathode from an anode. Was got result of effectiveness the shielding method for minimizing the non-uniform thickness of a copper coating on the steel wire.

Keywords: metal cord, electrodeposition, shielding, modeling, COMSOL Multiphysics

DOI 10.52351/00260827_2025_1_24
УДК 539.89:669.15'24'26

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ γ -ФАЗЫ В АУСТЕНИТНО-МАРТЕНСИТНЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-ХРОМ-НИКЕЛЬ НА ПРОТЕКАНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ, ИНИЦИИРОВАННОГО ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Елена Николаевна Блинова, канд. физ.-мат. наук; **Александр Анатольевич Кулеш**, **Михаил Аронович Либман**, канд. физ.-мат. наук; **Евгений Викторович Пименов**, **Роман Вячеславович Сундеев**, д-р физ.-мат. наук; **Анна Владимировна Шалимова**, канд. физ.-мат. наук; **Надежда Александровна Шурыгина**, канд. физ.-мат. наук

ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, Москва, Россия
E-mail: sundeev55@yandex.ru, blinova_en@rambler

Аннотация. Исследовалось влияние стабильности γ -фазы в сплаве Fe–18Cr–10Ni аустенитно–мартенситного класса на особенности протекания прямого мартенситного превращения, инициированного пластической и мегапластической деформациями. Методом рентгеновской дифрактометрии установлено, что использование пластической деформации приводит к фазовому $\gamma \rightarrow \alpha$ превращению, причем количество образованной α -фазы тем больше, чем ниже стабильность исходной γ -фазы. Показано, что применение мегапластической деформации способствует протеканию $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения, которое развивается через промежуточную ϵ -фазу мартенситного типа.

Ключевые слова: стабильность, мартенситное превращение, γ , α , ϵ -фаза, пластическая деформация, мегапластическая деформация, композитные материалы, рентгеноструктурный анализ

INFLUENCE OF THE STABILITY OF THE γ -PHASE IN AUSTENITIC-MARTENSITIC ALLOYS OF THE IRON-CHROMIUM-NICKEL SYSTEM ON MARTENSITE TRANSFORMATION INITIATED BY PLASTIC DEFORMATION

Elena N. Blinova, Alexander A. Kulesh, Mikhail A. Libman, Evgeny V. Pimenov, Roman V. Sundeev, Anna V. Shalimova, Nadezhda A. Shurygina

Bardin Central Research Institute of Ferrous Metallurgy, Moscow, Russia

Abstract. The influence of the stability of the γ -phase in the Fe–18Cr–10Ni austenitic–martensitic steel on the features of the direct martensitic transformation initiated by plastic and megaplastic deformations was studied. It has been established by X-ray diffractometry that the use of plastic deformation leads to a $\gamma \rightarrow \alpha$ phase transformation, and the amount of α -phase formed is greater the lower the stability of the initial γ -phase. It is shown that the use of megaplastic deformation promotes the $\gamma \rightarrow \alpha$ transformation, which develops through an intermediate ϵ -phase of the martensitic type.

Keywords: stability, martensite transformation, γ , α , ϵ -phase, plastic deformation, megaplastic deformation, composite materials, X-ray diffraction analysis

DOI 10.52351/00260827_2025_1_28
УДК 669.15–194:620.17

ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛЕ ТРУБ СЕТЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ

Алина Сергеевна Иванова, Ольга Викторовна Ливанова, канд. техн. наук;
Всеволод Георгиевич Плешивцев, Георгий Анатольевич Филиппов, д-р техн. наук

ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия
E-mail: iqs12@yandex.ru

Аннотация. Выявлены закономерности и механизмы деградационных процессов, произошедших в металле трубопровода сетевой воды из стали 17Г1С после 50 лет эксплуатации. Установлено, что причиной разрушения трубы сетевого водопровода явилась коррозия вдоль нижней образующей трубы, снижение запаса вязкости в результате развития процесса деформационного старения и локального водородного охрупчивания металла из-за протекания процесса электрохимической коррозии в очаге разрушения.

Ключевые слова: трубная сталь, деградация свойств, коррозия, деформационное старение, водородное охрупчивание

DEGRADATION PROCESSES IN METAL PIPES OF WATER SUPPLY NETWORKS

Alina S. Ivanova, Olga V. Livanova, Vsevolod G. Pleshivtsev, Georgii A. Filippov

I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

Abstract. The patterns and mechanisms of degradation processes that occurred in the metal of the 17G1C steel mains water pipeline after 50 years of operation have been revealed. It was found that the cause of the destruction of the mains water pipe was corrosion along the lower forming pipe, a decrease in the viscosity reserve as a result of the development of the deformation aging process and local hydrogen embrittlement of the metal due to the electrochemical corrosion process in the fracture site.

Keywords: pipe steel, degradation of properties, corrosion, strain aging, hydrogen embrittlement

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО ОТЖИГА В КОЛПАКОВЫХ ПЕЧАХ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ХОЛОДНОКАТАНОГО ПРОКАТА

Ирина Гавриловна Родионова¹, д-р техн. наук; Константин Александрович Буков¹;
Татьяна Дмитриевна Ганзя¹; Дмитрий Григорьевич Рузаев², канд. техн. наук;
Аркадий Михайлович Брылин³; Татьяна Валериевна Пименова³;
Елена Ивановна Заркова¹, канд. физ.-мат. наук; Ирина Николаевна Чиркина¹, канд. техн. наук;
Элина Станиславовна Гранилина¹

¹ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² АО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия

³ АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

E-mail: igrodi@mail.ru, bukov.kostya@gmail.com, tatyana.ganzya@mail.ru, dmitriy.ruzaev@vaz.ru,
bryline@mail.ru, pimt35@gmail.com, zarkova_eibs@mail.ru, chirkina77@mail.ru,
elinagranilina@gmail.com

Аннотация. Проведено исследование влияния различных режимов рекристаллизационного отжига в колпаковых печах на коррозионную стойкость и микроструктуру холоднокатаного (нагартованного) проката из низкоуглеродистых сталей марки 08У и 006/IF. Рассмотрена взаимосвязь параметров отжига с коррозионной стойкостью и характеристиками микроструктуры. По результатам проведенного исследования уточнен режим отжига для обеспечения наиболее высокой коррозионной стойкости сталей.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, низкоуглеродистые и сверхнизкоуглеродистые стали, холоднокатаный листовой прокат, автолистовые стали, рекристаллизационный отжиг, микроструктура, неметаллические включения

STUDY OF THE INFLUENCE OF RECRYSTALLIZATION ANNEALING MODES IN BELL FURNACES ON THE CORROSION RESISTANCE OF COLD-ROLLED STEEL

Irina G. Rodionova¹, Konstantin A. Bukov¹, Tatyana D. Ganzya¹, Dmitriy G. Ruzaev²,
Arkadiy M. Brylin³, Tatiana V. Pimenova³, Elena I. Zarkova¹, Irina N. Chirkina¹, Elina S. Granilina¹

¹ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

² AVTOVAZ, Tolyatti, Russia

³ NPO TSNITMASH, Moscow, Russia

Abstract. The influence of various modes of recrystallization annealing in bell furnaces on the corrosion resistance and microstructure of cold-rolled (worked) rolled products made of low-carbon steels of grades 08U and 006/IF was studied. The relationship between annealing parameters and corrosion resistance and microstructure characteristics was considered. Based on the results of the study, the annealing mode was specified to ensure the highest corrosion resistance of steels.

Keywords: corrosion resistance, low-carbon and ultra-low-carbon steels, cold-rolled sheet metal, automotive sheet steels, recrystallization annealing, microstructure, non-metallic inclusions

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ХЛАДОСТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ ДЛЯ КОЛЕСНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

Юлия Сергеевна Гладченкова, Алексей Борисович Степанов,
Любовь Ивановна Никольская

ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, г. Москва, Россия

E-mail: jubykova@yandex.ru, alxstp07@gmail.com, l.nikolskaya@chermet.net

Аннотация. Проведена лабораторная выплавка сталей с различным химическим составом, предназначенных для изготовления спецпрофилей и ободов колес грузовых автомобилей и колесных систем легковых автомобилей. Рассмотрена взаимосвязь химического состава и параметров горячей прокатки с уровнем хладостойкости сталей лабораторной выплавки. Для оценки хладостойкости сталей были проведены испытания на ударную вязкость на образцах с острым и круглым надрезом при различных температурах. На сталях лабораторной выплавки большинства опробованных вариантов, независимо от режимов горячей прокатки и смотки был обеспечен требуемый уровень ударной вязкости. Наиболее высокую ударную вязкость при температуре $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеет сталь с наиболее низким содержанием углерода, прокатанная при температуре конца прокатки $880\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре смотки $570\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это свидетельствует о целесообразности опробования в промышленных условиях при производстве опытной партии стали снижения содержания углерода и температуры смотки. При этом для снижения затрат на производство такую сталь целесообразно микролегировать не ниобием, а титаном.

Ключевые слова: хладостойкость, низкоуглеродистые стали, микролегированные стали, горячая прокатка, колесный диск, колесный обод, колесная система легковых автомобилей, колесная система грузовых автомобилей, ударная вязкость

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION AND HOT ROLLING MODES ON THE COLD RESISTANCE OF STEELS FOR CAR WHEEL SYSTEMS

Yuliya S. Gladchenkova, Alexey B. Stepanov, Lyubov I. Nikolskaya

I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

Abstract. Laboratory smelting of steels was carried out with different chemical compositions intended for the production of special profiles and rims for trucks and wheel systems for cars. The effect of chemical composition and hot rolling parameters on the cold resistance of laboratory-smelted steels was studied. Impact toughness tests were carried out on samples with a sharp and round notch at different temperatures to assess the cold resistance of steels. The required level of impact toughness was ensured on the laboratory-smelted steels of most of the tested options, regardless of the hot rolling and coiling parameters. The highest impact toughness at a temperature of $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ is shown by steel with the lowest carbon content, rolled with a finishing temperature of $880\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a coiling temperature of $570\text{ }^{\circ}\text{C}$. This indicates the advisability of testing a reduction in carbon content and coiling temperature under industrial conditions during the production of a pilot batch of steel. At the same time, to reduce production costs, it is advisable to microalloy such steel not with niobium, but with titanium.

Keywords: cold resistance, low-carbon steels, microalloyed steels, hot rolling, wheel disk, wheel rim, passenger car wheel system, truck wheel system, impact toughness

ПРОИЗВОДСТВО ДЛИННОМЕРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО-ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ В «ЕВРАЗ-ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЗСМК»

Виктор Евгеньевич Громов¹, д-р физ.-мат. наук, **Алексей Борисович Юрьев**¹, д-р техн. наук, **Сергей Валерьевич Коновалов**¹, д-р физ.-мат. наук, **Егор Владимирович Полевой**³, канд. техн. наук, **Николай Анатольевич Козырев**², д-р техн. наук

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

² ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат, г. Новокузнецк, Россия

³ Центральный научно-исследовательский институт имени И. П. Бардина, Москва, Россия
E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru, rector@sibsiu.ru, konovalov@sibsiu.ru, Egor.Polevoj@evraz.com

Аннотация. АО «ЕВРАЗ-объединенный ЗСМК» является основным производителем рельсов в РФ. В статье прослежена эволюция рельсового сортамента комбината за последнюю четверть века. Выполнен краткий обзор последних публикаций, монографий и статей по современным представлениям формирования структурно-фазовых состояний дефектной субструктуры и свойств объемно и дифференцированно закаленных доэвтектоидных, заэвтектоидных и бейнитных рельсов при производстве и последующей длительной эксплуатации. Рассмотрены перспективные направления расширения рельсового сортамента.

Ключевые слова: длинномерные рельсы, дифференцированная закалка, структура, свойства, эксплуатация

PRODUCTION OF LONG DIMENTIONAL DIFFERENTIALLYQUENCHED RAILS AT USE «EVRAZ – UNITED ZSMK»

Viktor E. Gromov¹, **Alexey B. Yuriev**¹, **Sergey V. Konovalov**¹, **Egor V. Polevoi**², **Nikolai A. Kozyrev**³

¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

² JSC EVRAZ-United ZSMK, Novokuznetsk, Russia

³ Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow, Russia

Abstract. JSC EVRAZ-United ZSMK is the main manufacturer of rails in the Russian Federation. The article traces the evolution of the plant's rail product range over the past quarter of a century. A brief review of the latest publications, monographs and articles on modern concepts of the formation of structural and phase states of the defective substructure and properties of volumetrically and differentially quenched hypoeutectoid, hypereutectoid and bainitic rails during production and subsequent long-term operation is provided. The prospective directions of expansion of the rail assortment are considered.

Keywords: long dimentional rails, volumetric quenching, differential quenching, structure, properties, operation

DOI 10.52351/00260827_2025_1_76
УДК 621.746.58 + 669.33

МЕХАНИЗМ СИЛИКОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ КАЛЬЦИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ФЕРРОСИЛИЦИЕМ

Анатолий Яковлевич Бабанин¹, д-р техн. наук; **Борис Федорович Белов**², канд. техн. наук;
Иван Александрович Абакумов³, **Александр Юрьевич Мовчан**²

¹ ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Южное отделение, г. Донецк, ДНР

² Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР

³ Юзовский металлургический завод, г. Донецк, ДНР

E-mail: bay2912@mail.ru; belosvet100@mail.ru; vanekweird777@mail.ru; sanyadzem@gmail.com

Аннотация. Установлено, что механизм силикотермического извлечения кальция из минерального сырья с использованием ферросилиция является многоступенчатым и включает две основные стадии: активацию кремния в сплавах ферросилиция и восстановление кальция из его окислов с образованием сплава ферросиликокальция и шлака. На основе результатов выполненных исследований разработаны технологические рекомендации для повышения эффективности силикотермического процесса производства сплавов ферросиликокальция.

Ключевые слова: структурно-химические реакции, силикотермический процесс, ферросиликокальций, структурные ионно-молекулярные комплексы (СИМ-комплексы)

MECHANISM OF THE SILICOTHERMAL PROCESS OF CALCIUM EXTRACTION FROM MINERAL RAW MATERIALS BY FERROSILICIUM

Anatolii Ya. Babanin¹, **Boris F. Belov**², **Ivan A. Abakumov**³, **Aleksandr Yu. Movchan**²

¹ Central Research Institute of Ferrous Metallurgy named after I.P. Bardin, Donetsk, DPR

² Donetsk National Technical University, Donetsk, DPR

³ Yuzovka Metallurgical Plant, Donetsk, DPR

Abstract. It has been established that the mechanism of the silicothermal extraction of calcium from mineral raw materials using ferrosilicon is a multistage process consisting of two main stages: the activation of silicon in ferrosilicon alloys and the reduction of calcium from its oxides with the formation of ferrosilicalcium alloys and slag. Based on the results of the conducted research, technological recommendations have been developed to improve the efficiency of the silicothermal process for producing ferrosilicalcium alloys.

Keywords: structural-chemical reactions, silicothermic process, ferrosilicon calcium, structural ion-molecular complexes (SIM complexes)

DOI 10.52351/00260827_2025_1_85

УДК 621.791.14

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕКСТУРЫ АЛЮМИНИЕВО– МАГНИЕВОГО СПЛАВА АМГ5 ПОСЛЕ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Андрей Евгеньевич Балановский, канд. техн. наук, доцент, **Владимир Юрьевич Конюхов**,
канд. техн. наук, проф., **Илья Сергеевич Ремезов**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
E-mail: fuco.64@mail.ru, konyukhov_vyu@mail.ru, remezilia@bk.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований структуры алюминиевого сплава методом дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD), который позволяет определять углы разориентировки между зернами, представлять данные в виде массива углов и размеров, прямых и обратных полюсных фигур и множества других видов полезной информации, а также выявить границы и субграницы зерен. Для исследования был выбран промышленный термически не упрочняемый деформируемый алюминий–магний сплав АМГ5 (зарубежный аналог – сплав 5083). Показано, что сварка трением с перемешиванием является процессом с преобладанием сдвига, наблюдаемые текстуры сдвига могут указывать на локальную ориентацию потока материала в процессе сварки. Трехмерный материальный поток, обнаруживаемый этими текстурными ориентациями, показывает важные изменения, особенно на продвигающейся стороне сварного шва. Вполне очевидно, что при температуре металла в процессе сварки трением с перемешиванием 0,8Тпл оксидная пленка не удаляется, а перемешивается (перемещается) с металлом шва. Это должно влиять на механические свойства сварного шва. В связи с этим мы должны при проведении сварки учитывать этот фактор, но для этого необходимо в микроструктурных исследованиях найти области, где это пленка сосредотачивается (располагается). При определенных условиях подготовки образцов методом дифракции обратного рассеяния электронов (EBSD) возможно провести исследования таких областей. Метод ДОЭ (EBSD) может применяться для исследования алюминиевых сплавов и давать полный обзор особенностей структуры на микроуровне, а в сочетании с текстурным анализом он позволяет устанавливать физические механизмы формирования структуры в процессе деформации. В настоящее время разработано огромное количество подходов к задаче аттестации структурного состояния деформированных материалов, однако выбор тех или иных инструментов влияет на получаемые исследователем результаты. Поэтому важным является соответствие поставленной исследователем задачи и средств для ее решения.

Ключевые слова: дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD), алюминиевый сплав, сварка трением с перемешиванием, границы и субграницы зерен

THE RESULTS OF THE STUDY OF THE TEXTURE OF ALUMINUM– MAGNESIUM ALLOY AMG5 AFTER FRICTION WELDING WITH STIRRING

Andrey E. Balanovsky, Vladimir Yu. Konyukhov, Ilia S. Remezov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The results of studies of the structure of an aluminum alloy using electron backscattered diffraction (EBSD) are presented, which makes it possible to determine misorientation angles between grains, present data in the form of an array of angles and sizes, forward and reverse pole figures and many other types of useful information, as well as identify boundaries and subboundaries grains. For the study, the industrial non-thermally hardenable deformable aluminum-magnesium alloy AMg5 (foreign analogue - alloy 5083) was chosen. Friction stir welding has been shown to be a shear-dominated process, and the observed shear textures can indicate the local orientation of material flow during the welding process. The three-dimensional material flow revealed by these textural orientations shows important changes, especially on the advancing side of the weld. It is quite obvious that at a metal temperature during friction stir welding of $0.8 T_{melt}$, the oxide film is not removed, but is mixed (moved) with the weld metal. This should influence the mechanical properties of the weld. In this regard, we must take this factor into account when welding, but for this it is necessary to find in microstructural studies the areas where this film is concentrated (located). Under certain sample preparation conditions, electron backscatter diffraction (EBSD) can be used to investigate such areas. The EBSD method can be used to study aluminum alloys and provide a complete overview of the structural features at the micro level, and in combination with texture analysis, it allows one to establish the physical mechanisms of structure formation during deformation. Currently, a huge number of approaches to the problem of certifying the structural state of deformed materials have been developed, but the choice of certain tools affects the results obtained by the researcher. Therefore, it is important to comply with the task posed by the researcher and the means for solving it.

Keywords: electron backscatter diffraction (EBSD), aluminum alloy, friction stir welding, grain boundaries and subboundaries

DOI 10.52351/00260827_2025_1_94
УДК 621.791.927

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ ЛЕНТОЙ

Валерий Васильевич Чигарев¹, д-р техн. наук, **Денис Александрович Зареченский**¹,
канд. техн. наук, **Алексей Андреевич Холодный**², канд. техн. наук, **Владимир Викторович
Воробьев**¹, **Владислав Анатольевич Шевченко**¹, **Анастасия Александровна Шпак**¹

¹ Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, ДНР

² ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

E-mail: zarechenskiyda@mail.ru, kholodnyi.aa@chermet.net

Аннотация. В работе приведены результаты исследований формирования структуры композиционного сплава, состоящей из частиц релита, цементированного металлом-связкой на основе мельхиора МНМц 60-20-20 при механизированной электродуговой наплавке порошковой лентой.

Ключевые слова: композиционный сплав, релит-мельхиор, порошковая лента, скорость наплавки, объемное содержание частиц

FEATURES OF THE FORMATION OF A WEAR-RESISTANT COMPOSITE ALLOY DURING ELECTRIC ARC SURFACING WITH POWDER FORMING BELT

Valery V. Chigarev¹, **Denis A. Zarechenskiy**¹, **Aleksey A. Kholodnyi**², **Vladimir V. Vorobyov**¹,
Vladislav A. Shevchenko¹, **Anastasia A. Shpak**¹

¹ Priazovsky State Technical University (PSTU), Mariupol

² TsNIIchermet named after I.P. Bardin, Moscow, Russia

Abstract. The paper shows the results of studies of the formation of the structure of a composite alloy consisting of rayleigh particles cemented with a metal binder based on MNMc 60-20-20 nickel silver, formed during mechanized arc welding with a powder strip.

Keywords: composite alloy, nickel silver alloy, powder tape, surfacing rate, volume content of particles

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА СТАЛИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Екатерина Витальевна Лопатина¹, Марина Андреевна Полякова¹, д-р техн. наук,
Ольга Александровна Куприянова¹, канд. техн. наук, Сергей Павлович Самойлов²

¹ *Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
г. Магнитогорск, Россия*

² *Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский
университет), г. Челябинск, Россия*

*E-mail: lopatina.yekaterina2016@yandex.ru, m.polyakova@magtu.ru, o.kupriyanova@magtu.ru,
samoilovsp@susu.ru*

Аннотация. Представлены результаты моделирования фазового состава стали 09Г2С с помощью программного обеспечения JMat-Pro и физического моделирования методом кручения с использованием исследовательского комплекса Gleeble 3800. Моделирование проводили для условий технологического процесса горячей прокатки в условиях промышленного производства. Для верификации полученных данных проведен металлографический анализ микроструктуры стали при различных температурах, характерных для горячей прокатки. Результаты металлографического анализа подтвердили адекватность компьютерного моделирования фазового состава стали. Значения микротвердости характерны для данной марки стали после исследуемых режимов термомеханического воздействия. Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке режимов прокатки многофазных сталей при отсутствии статистических данных об особенностях изменения их структурно-фазового состояния.

Ключевые слова: многофазная сталь, фазовый состав, компьютерное моделирование, физическое моделирование, термомеханическая обработка

MODELING OF THE STRUCTURAL AND PHASE COMPOSITION OF STEEL FOR DESIGNING THE THERMOMECHANICAL TREATMENT PROCESS

Ekaterina V. Lopatina¹, Marina A. Polyakova¹, Olga A. Kupriyanova¹, Sergey P. Samoilov²

¹ *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia*

² *South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

Abstract. The results of modeling the phase composition of 09G2S steel using JMatPro software and physical torsion modeling using the Gleeble 3800 research complex are presented. The simulation was carried out for the conditions of the technological process of hot rolling in industrial production. To verify the data obtained, a metallographic analysis of the steel microstructure was performed at various temperatures typical for hot rolling. The results of the metallographic analysis confirmed the adequacy of computer modeling of the phase composition of steel. The microhardness values are typical for this steel grade after the studied thermal deformation modes. The obtained research results can be used in the development of rolling modes for multiphase steels in the absence of statistical data on the peculiarities of changes in their structural and phase state.

Keywords: multiphase steel, phase composition, computer modeling, physical modeling, thermomechanical processing

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ ДЛЯ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Владимир Александрович Егоров¹, **Павел Петрович Степанов**², д-р техн. наук,
Таймураз Сулейманович Есиев¹, канд. техн. наук, **Валентин Олегович Маханев**¹, канд. техн.
наук, **Андрей Борисович Арабей**¹, канд. техн. наук, **Андрей Петрович Самсоненко**³,
канд. техн. наук, **Андрей Михайлович Тимофеев**³, **Алексей Владимирович Червонный**²,
канд. техн. наук

¹ ООО «Газпром-ВНИИГАЗ», Санкт-Петербург, Россия

² АО «ОМК», Москва, Россия

³ ПАО «Газпром», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: stepanov_pp@vsw.ru, t_esiev@vniigaz.gazprom.ru, v_makhanev@vniigaz.gazprom.ru,
a_arabey@vniigaz.gazprom.ru, A.Samsonenko@adm.gazprom.ru, a.m.timofeev@adm.gazprom.ru,
chervonnyj_av@vsw.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния повышенных температур на структуру и свойства металла труб классов прочности K56–K60 для магистральных трубопроводов. Показана возможность применения микролегированных низкоуглеродистых трубных сталей для обеспечения работы трубопроводов, подверженных нагреву до 400 °С, подтверждена возможность обеспечения теплостойкости исследуемых марок стали с сохранением высокой хладостойкости (до -60 °С) при применении специальных режимов термомеханической обработки и ускоренного охлаждения в процессе производства листового проката.

Ключевые слова: трубы большого диаметра, тепловая стойкость стали, контролируемая прокатка, микролегирование, микроструктура, механические свойства, хладостойкость

STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF STEEL FOR LARGE DIAMETER PIPES AT HIGH TEMPERATURES

Vladimir A. Egorov¹, **Pavel P. Stepanov**², **Taimuraz S. Esiev**¹, **Andrey B. Arabey**¹, **Andrey P. Samsonenko**³, **Andrey M. Timofeev**³, **Alexey V. Chervonny**²

¹ Gazprom-VNIIGAZ, St. Petersburg, Russia

² AO OMK, Moscow, Russia

³ Gazprom, St. Petersburg, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of the effect of elevated temperatures on the structure and properties of metal in pipes of strength classes K56–K60 for main pipelines. It shows the possibility of using microalloyed low-carbon pipe steels to ensure the operation of pipelines subjected to heating up to 400 °C, and confirms the possibility of ensuring the heat resistance of the steel grades under study while maintaining high cold resistance (up to -60 °C) when using special modes of thermomechanical treatment and accelerated cooling in the process of sheet metal production

Keywords: large diameter pipes, thermal resistance of steel, controlled rolling, microalloying, microstructure, mechanical properties, cold resistance

DOI 10.52351/00260827_2025_1_119
УДК 669.15-194.2:621.785.735

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ИСПЫТАНИЙ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКЕ

Ирина Гавриловна Родионова¹, д-р техн. наук; **Антон Викторович Колдаев**¹, канд. техн. наук; **Константин Александрович Буков**¹, **Александр Семенович Мельниченко**¹, канд. техн. наук; **Дмитрий Григорьевич Рузаев**², канд. техн. наук

¹ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² АО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия

E-mail: igrodi@mail.ru, koldaevanton@gmail.com, bukov.kostya@gmail.com, asmeln@yandex.ru, dmitriy.ruzaev@vaz.ru

Аннотация. Были проведены натурные коррозионные испытания образцов горячекатаного листового проката из сталей различного химического состава, применяемых в автомобилестроении, а также их испытания по лабораторной экспресс-методике. Показано, что результаты испытаний по лабораторной экспресс-методике хорошо коррелируют с реальной скоростью коррозии при натуральных испытаниях. При этом наибольшую скорость коррозии показала сталь с более высоким содержанием кремния.

Ключевые слова: стойкость против атмосферной коррозии, коррозионные испытания, метод переменного погружения, высокопрочные стали для автомобилестроения, коррозионные испытания, горячекатаный листовой прокат

COMPARISON OF CORROSION TEST RESULTS OF HOT-ROLLED LOW-CARBON STEELS

Irina G. Rodionova¹, **Anton V. Koldaev**¹, **Konstantin A. Bukov**¹, **Alexandr S. Melnichenko**¹, **Dmitriy G. Ruzaev**²

¹ I.P. Bardin TSNIChermet, Moscow, Russia

² AVTOVAZ, Tolyatti, Russia

Abstract. Corrosion tests were conducted on samples of hot-rolled sheet metal products made of various grades of steel used in the automotive industry, in particular, for the production of rims and wheel disks. It was shown that the results of tests using the laboratory express method correlate well with the actual corrosion rate during full-scale tests. In this case, the highest corrosion rate was shown by steel with the highest silicon content.

Keywords: resistance to atmospheric corrosion, corrosion tests, alternating immersion method, high-strength steels for the automotive industry, corrosion tests, hot-rolled sheet metal products

DOI 10.52351/00260827_2025_1_126
УДК 669.15-194.2:621.785.735

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ АВТОЛИСТОВЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ПОГРУЖЕНИЯ

Елена Ивановна Заркова¹, канд. физ.-мат. наук; Константин Александрович Буков¹,
Ирина Николаевна Чиркина¹, канд. техн. наук; Наталия Анатольевна Карамышева¹,
Дмитрий Григорьевич Рузаев², канд. техн. наук

¹ ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Москва, Россия

² АО «АВТОВАЗ», г. Тольятти, Россия

E-mail: zarkova_eibs@mail.ru, bukov.kostya@gmail.com, chirkina77@mail.ru, nkmet20@yandex.ru,
dmitriy.ruzaev@vaz.ru

Аннотация. Для горячекатаных автолистовых сталей, применяемых в автомобилестроении, была проведена оценка их стойкости против атмосферной коррозии методом переменного погружения. Для установления влияния условий эксперимента на результаты определения скорости коррозии эксперименты были проведены при разных уровнях влажности – 55%, 38% и 34%. Также проведено сравнение результатов определения скорости коррозии по привесу (увеличению) и по убыли (уменьшению) массы для разных составов стали. Установлено сильное влияние влажности на получаемые значения скорости коррозии.

Ключевые слова: коррозионные испытания, метод переменного погружения, стойкость против атмосферной коррозии, автолистовые стали, горячекатаный листовой прокат, низкоуглеродистые и микрولهгированные стали

EFFECT OF MOISTURE ON THE RESULTS OF CORROSION RESISTANCE TESTS OF HOT-ROLLED AUTOMOTIVE SHEET STEELS BY THE ALTERNATING IMMERSION METHOD

Elena I. Zarkova¹, Konstantin A. Bukov¹, Irina N. Chirkina¹, Natalia A. Karamysheva¹,
Dmitriy G. Ruzaev²

¹ I.P. Bardin TSNIIChermet, Moscow, Russia

² JSC «AVTOVAZ», Tolyatti, Russia

Abstract. For hot-rolled auto sheet steels used in the automotive industry, an assessment of their resistance to atmospheric corrosion was made using the alternating immersion method. To establish the influence of experimental conditions on the results of determining the corrosion rate, experiments were carried out at different humidity levels - 55%, 38% and 34%. A comparison of the results of determining the corrosion rate by weight gain (increase) and weight loss (decrease) was also carried out for different steel compositions. A strong influence of humidity on the obtained corrosion rate values was established.

Keywords: corrosion testing, alternating immersion method, atmospheric corrosion resistance, automotive sheet steel, hot-rolled sheet metal, low-carbon and microalloyed steels

DOI 10.52351/00260827_2025_1_134

УДК 669.054.83

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЦИКЛИНГА ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Мария Викторовна Ушакова¹, канд. техн. наук, Айтбер Махачевич Бижанов¹, канд. техн. наук

¹ Университет науки и технологий «МИСИС», Москва, Россия

E-mail: maria.v.ushakova@gmail.com, bizhanov@briquet-brex.ru

Аннотация. Максимально возможная утилизация собственных вторичных материалов становится экономически целесообразной задачей. В работе приведены основные, самые широко используемые технологии рециклинга. Отмечено, что обезцинкование является практически обязательным этапом для использования вторичных отходов в металлургическом производстве. На основе технологии вельцевания показано, что устоявшиеся стереотипы и критерии применимости технологий часто не в полной мере отражают существующие реалии. В работе отражена важность комплексной оценки и учёта максимально возможного количества факторов для выбора стратегии утилизации, показано, что при выборе способа рециклинга вторичных материалов необходимо учитывать все условия конкретного предприятия вне зависимости от сложившегося в отрасли представления о преимуществах и недостатках рассматриваемой технологии. Расчет подтверждено, что в сложившихся сырьевых условиях для большинства металлургических заводов Урала и Сибири рециклинг типичных доменных и сталеплавильных пылей и шламов экономически эффективен вне зависимости от их состава.

Ключевые слова: рециклинг, пыли, шламы, обезцинкование, вельц-процесс, брикетирование, жесткая экструзия

ON THE EFFICIENCY OF RECYCLING SECONDARY MATERIALS IN FERROUS METALLURGY

Maria V. Ushakova¹, Aitber M. Bizhanov¹

¹ MISIS, Moscow, Russia

Abstract. The maximum possible utilization of the local secondary materials becomes an economically feasible task. The paper presents the main, most widely used recycling technologies. It is noted that dezincification is almost a mandatory step for the use of secondary waste in metallurgical production. Based on the Waelz technology, it is shown that established stereotypes and criteria for the applicability of technologies often do not fully reflect the existing realities. The paper reflects the importance of a comprehensive assessment and consideration of the maximum possible number of factors for choosing a recycling strategy, it is shown that when choosing a method for recycling secondary materials, it is necessary to take into account all the conditions of a particular enterprise, regardless of the prevailing industry understanding of the advantages and disadvantages of the technology in question. The calculation confirms that in the current raw material conditions for most metallurgical plants in the Urals and Siberia, recycling typical blast furnace and steelmaking dusts and sludge is economically efficient regardless of their composition.

Keywords: recycling, dust, sludge, dezincification, Waelz process, briquetting, rigid extrusion

К 100-летию со дня рождения Сергея Александровича Голованенко

DOI 10.52351/00260827_2025_1_141

РОЛЬ ПРОФЕССОРА С.А. ГОЛОВАНЕНКО В РАЗВИТИИ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЕЙ

Ольга Васильевна Новичкова¹, канд. техн. наук, Юрий Иванович Матросов¹, д-р техн. наук,
Наталья Валерьевна Колясникова¹, канд. техн. наук

¹ ЦНИИчермет им. И.П.Бардина, Москва, Россия

E-mail: nkolyasnikova@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрен вклад профессора С.А. Голованенко в создание и развитие высокоэффективных сталей различных классов прочности и назначения, в том числе биметаллических материалов, низколегированных сталей повышенной прочности для газопроводных труб большого диаметра, сталей для объемной листовой штамповки, двухфазных феррито-мартенситных и стойких против водородного растрескивания сталей.

Ключевые слова: металлведение, биметаллы, низколегированные стали, двухфазные стали, научная школа, изотермический отжиг, субструктура, ферритная матрица, термическая обработка

THE ROLE OF PROFESSOR S.A. GOLOVANENKO IN THE DEVELOPMENT OF HIGH-QUALITY STEELS

Olga V. Novichkova¹, Yuri I. Matrosov¹, Natalia V. Kolasnikova¹

¹ Central Research Institute named after I.P. Bardin, Moscow, Russia

Abstract. The contribution of S.A. Golovanenko to the creation and development of high-performance steels of various strength classes and purposes, including bimetallic materials, low-alloy steels of increased strength for large-diameter gas pipes, steels for volumetric sheet stamping, two-phase ferrite-martensitic and resistant to hydrogen cracking steels, is considered.

Keywords: metal science, bimetals, low-alloy steels, two-phase steels, scientific school, isothermal annealing, substructure, ferritic matrix, heat treatment



В феврале 2025 г. исполнилось 100 лет со дня рождения известного советского и российского ученого-металлурга, лауреата Государственной премии, заслуженного деятеля науки и техники, доктора технических наук, профессора Сергея Александровича Голованенко.

Сергей Александрович Голованенко родился 10 февраля 1925 года в городе Донецке (бывшая Украинская ССР) в семье известного металлурга Голованенко Александра Милентьевича, переехавшего в Москву в связи с назначением по службе в Министерство черной металлургии СССР.

Как и большинство людей того поколения, Сергей Александрович прошел непростой жизненный путь. В годы войны он работал токарем, затем вальцовщиком на Московском трубном заводе. В 1943 г. он поступил в Московский институт стали и сплавов, после окончания которого в 1948 г. был направлен по распределению в ЦНИИчермет им. И.П. Бардина, где прошел путь от младшего научного сотрудника до директора Института качественных сталей (с 1964 г.).



ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ ВИКТОРОВНЫ ФЕДИНОЙ

15 марта 2025 г. ушла из жизни Людмила Викторовна Федина, заведующая научно-технической библиотекой Центрального научно-исследовательского института черной металлургии им. И.П. Бардина

Федина Людмила Викторовна родилась 2 апреля 1949 г. в городе Каменск-Уральский Свердловской области. Окончив в 1966 г. школу, поступила в Московский областной педагогический институт им. Н.К. Крупской на факультет иностранных языков по специальности «учитель французского языка средней школы».

После учебы и до самой кончины Л.В. Федина проработала в ЦНИИчермет им. И.П. Бардина в общей сложности 55 лет. Трудовую деятельность в Институте начала в 1969 г. в должности библиотекаря. Затем занимала должности старшего лаборанта Отдела научно-технической информации, заведующей Отдела обработки литературы и каталогов, старшего инженера, а с 1992 г. и до последних дней была заведующей научно-технической библиотекой ЦНИИчермет.

Многие годы Людмила Викторовна занималась справочно-библиотечным обслуживанием сотрудников института, работала со справочно-информационным фондом литературы, отвечала за подписку на периодические издания. Занималась подбором информации, собирала материалы (рукописи, публикации в СМИ, книги, статьи) по истории ЦНИИчермет, о важных этапах его развития, а также о научной деятельности и судьбах известных ученых, научных сотрудниках института, внесших значительный вклад в развитие отечественной металлургии. Людмила Викторовна активно способствовала публикации результатов научной деятельности сотрудников Института, что позволило сохранить огромный интеллектуальный потенциал, накопленный несколькими поколениями ученых и специалистов Института.

За достигнутые успехи, плодотворную работу и значительный вклад в развитие ЦНИИчермет Людмила Викторовна неоднократно поощрялась

руководством Института благодарностями и грамотами. В 1989 г. ей присвоено звание «Ветеран труда ЦНИИчермет». В 1997 г. награждена медалью «В память 850-летия Москвы», имела звание «Ветеран труда». Являлась автором и составителем статей с обзорами докладов на конференциях, организованных в ЦНИИчермет, в журнале «Металлург». Большой вклад внесла в составление сборников, посвященных истории науки в ЦНИИчермет. В последние несколько лет она была в составе Редакционных советов сборников статей «75 лет ЦНИИчермет имени И.П. Бардина: наука и жизнь металлургии» (2019 г.), «Стальная воля, железная стойкость. К 75-летию Победы в Великой Отечественной войне» (2020 г.), «Научное наследие Б.В. Молотилова. Сборник статей» (2022 г.), участвовала в формировании сборника научных трудов проф., д-ра техн. наук Ю.И. Матросова «Металловедение и технология производства сталей для газонефтепроводов» (2024 г.), составлении и издании сборника «Научное наследие Бардина Ивана Павловича» (2024 г.) и др.

Коллективу ЦНИИчермет Людмила Викторовна запомнилась как чуткий, открытый и отзывчивый человек, с личным обаянием, творческий специалист с феноменальной памятью, большой эрудицией. Она была разносторонней личностью, книголюб и театралка. В молодые годы играла в волейбольной команде ЦНИИчермет, участвовала в соревнованиях между предприятиями и организациями г. Москвы.

Трепетно относясь к своей работе, считая ее своим призванием, Людмила Викторовна внесла огромный вклад в дело сохранения, развития и совершенствования научно-технической библиотеки и информационной службы Института.

Светлая память о Людмиле Викторовне сохранится в наших сердцах!

Коллектив института выражает глубокие соболезнования родным и близким.

Требования к оформлению и содержанию статей в журнале «Проблемы черной металлургии и материаловедения»

Редколлегия журнала принимает в печать оригинальные научные статьи и обзоры фундаментального и прикладного характера по всем проблемам, имеющим отношение к черной металлургии, свойствам сплавов железа. Публикуется также информация о научных конференциях, биографиях известных ученых к юбилейным датам. Публикация обзоров, информации и биографий носит ограниченный характер и осуществляется на усмотрение редакции, исходя из тематики журнала. Все публикации в журнале – на бесплатной основе.

Статьи, содержащие результаты исследований, проведенных в учреждениях, должны сопровождаться разрешением этого учреждения (Акт экспертизы или справку о возможности опубликования).

Рукопись должна быть подписана всеми авторами статьи. Допускается предоставление скан-копии рукописи с подписями авторов. Необходимо указать автора-корреспондента для переписки и переговоров.

Не допускается направлять в редакцию работы, частично или полностью уже опубликованные или принятые к печати в других изданиях.

Материалы статьи, предлагаемой для публикации в журнале, должны излагаться в следующем порядке:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи (прописными буквами, жирный шрифт) должно быть информативным и лаконичным, отражая смысл работы;
 - имя, отчество (полностью) и фамилия авторов на русском языке (жирным шрифтом), ученая степень (при наличии), если авторы из разных организаций, то после их фамилий указывают номер по порядку организации; рекомендуется указывать не более 5 авторов для оригинальных статей и обзоров (для статей, посвященных юбилейным датам, истории науки, информации – не более 1 автора), внесших наиболее существенный вклад в исследование и написание статьи, допускается указать в примечании лиц, частично участвовавших в работе;
 - место работы авторов (организация), город, страна, если авторы из разных организаций, то перед названием организации указывается ее порядковый номер в виде индекса;
 - адреса электронной почты авторов указываются через запятую;
 - аннотация (не более 100 слов) на русском языке после слова «Аннотация»; в аннотации должны быть отражены предмет, тема, цель работы, метод или методология, результаты и краткие выводы;
 - ключевые слова на русском языке после фразы «Ключевые слова» должны содержать не менее 5 слов или словосочетаний;
 - на английском языке в том же порядке, что и на русском: название статьи, имя (полностью), инициал отчества, фамилия автора; название организации, город, страна; аннотация, ключевые слова;
 - текст статьи, набранный через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman, кегль 12, объём статьи не должен превышать 15 страниц для оригинальных статей и 25 страниц для обзоров, включая иллюстрации, таблицы и список источников; текст статьи должен быть структурированным по разделам: введение, материалы и методы исследований, результаты исследования и их обсуждение, заключение, список источников;
 - список источников должен включать в себя библиографические сведения обо всех публикациях, упомянутых в статье, и не содержать ссылок, отсутствующие в тексте. Источники в списке должны быть указаны в порядке упоминания в тексте. Ссылка на литературу в тексте отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках. Порядок оформления элементов библиографического

описания определяется требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008 и ГОСТ Р 7.0.100–2018. После каждого источника желательно указывать идентификационные номера DOI и/или EDN (при наличии).

Примеры оформления библиографических описаний:

Розачев А.С. Структура, стабильность и свойства высокоэнтропийных сплавов // Физика металлов и материаловедение. 2020. Т. 121, № 8. С. 807–841. DOI: 10.31857/S0015323020080094

Tsai M.-H., Yeh J.-W. High-entropy alloys: a critical review // Mater. Res. Lett. 2014. Vol. 2, No. 3. P. 107–123. DOI:10.1080/21663831.2014.912690

Петрова Л.Г. Хладноломкость металла и катастрофическое разрушение. М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2022. 134 с. EDN YLTMGJ.

Krauss G. Steels: Processing, Structure and Performance. Ohio: Materials Park. 2005. 613 p. DOI:10.5860/choice.43-6550

Меденков С.А. Перспективное использование металлизированных окатышей в электрометаллургии / В кн.: Материалы 66-й науч. конф. «Наука ЮУрГУ». Секция техн. наук. Челябинск: ИД ЮУрГУ, 2014. С. 1404–1410. EDN: TERIBZ

Рисунки и таблицы должны быть расставлены по тексту в порядке их упоминания. Рисунки также представляются в виде отдельных файлов TIF, JPG, разрешение не ниже 300 dpi, рисунки должны быть четкими, пригодными для компьютерного воспроизведения. На графиках должны быть обозначены оси, шкала, единицы измерения. Все надписи и детали должны быть четкими и разборчивыми.

Список источников должен содержать не менее 15 источников для оригинальных работ и не менее 35 источников для обзоров, причем из них не более 20% – работы авторов рассматриваемой статьи, не менее 30% – работы зарубежных авторов, с обязательным включением источников за последние 5 лет. Допускаются ссылки на тезисы докладов, материалы конференций, учебники, диссертации, нормативную документацию (ГОСТ, ТУ, МИ и т.д.), рукописи – не более 5%.

В материалах к публикации рекомендуется применять физические единицы и обозначения, принятые в Международной системе единиц СИ.

При получении материалов, присланных не в полном комплекте, редакция оставляет за собой право не принимать статью к рассмотрению.

Перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам рекомендуется проверять текст статьи на предмет отсутствия возможных заимствований из других публикаций. Авторы, уличенные в плагиате, нарушении этических норм и правил, могут в дальнейшем не допускаться к публикации своих трудов в журнале.

Все присланные для опубликования в журнале статьи подлежат рецензированию. При получении замечаний в ходе рецензирования авторы должны представить доработанный материал с учетом замечаний рецензента и/или редакции. При игнорировании замечаний статья снимается с дальнейшего рассмотрения.

Для согласования и утверждения подготовленной к публикации статьи авторам по электронной почте высылается корректура (макет). Сведения о необходимых исправлениях в течение 3-х дней должны быть переданы в редакцию.

Плата за рецензирование и авторский гонорар за издание статей не предусмотрены.



Уважаемые авторы!

Приглашаем Вас опубликовать результаты своих исследований в журнале «Проблемы черной металлургии и материаловедения». Журнал публикует на безвозмездной основе оригинальные статьи и обзоры, связанные с переработкой рудного и техногенного сырья, получением чугуна, стали и ферросплавов, свойствам сплавов на основе железа, материаловедением и физикой металлов, вопросами ресурсосбережения, экологии, стратегии развития и экономической эффективности металлургической отрасли. Издание входит в перечень журналов, рекомендуемых ВАК для публикации трудов соискателей ученых степеней, в электронном виде статьи размещены в научной электронной библиотеке eLibrary.ru, РИНЦ, журнал входит в базу данных «Russian Science Citation Index» (коллекция лучших российских журналов на платформе Web of Science).

Журнал выпускается с 2007 г. Его учредителем является Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина. Для повышения качества публикаций, обеспечения высокого научного уровня, практической значимости, освещения последних научных достижений проводится серьезная работа по привлечению авторов, обсуждению, рецензированию рукописей.

ВНИМАНИЕ! ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА на журнал

«ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ»

Подписку на журнал можно оформить:

- На сайте «Объединенного каталога «Пресса России» www.pressa-rf.ru
Подписной индекс – 58999
- Подписаться через интернет-магазин «Пресса по подписке» можно на сайте <https://www.akc.ru>;
- Подписка в редакции.

На электронную версию журнала можно подписаться на сайте Научной Электронной Библиотеки (НЭБ) <http://www.elibrary.ru>

Приобрести журналы за безналичный расчет можно в ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». Для оформления подписки на журнал по безналичному расчету необходимо прислать заявку с указанием номера журнала и количества экземпляров, адрес и банковские реквизиты.

Всю информацию следует отправить по электронной почте:

E-mail: ntphm@yandex.ru,

Тел. редакции: (495)777-94-98; (495)777-93-02; (495)777-95-13

www.thermet.net