

<h1>Черные металлы</h1>	Издательский дом «Руда и Металлы»
№ 9 (1065), сентябрь 2020 г.	Издается с 1961 г.

**Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения**

Учредители:

Акционерное общество
«Издательский дом
«Руда и Металлы»

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»

Федеральное бюджетное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»

При участии:

ПАО «ММК»
ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК»
Государственного Эрмитажа
Журнала «Stahl und Eisen»

Официальный информационный орган
Федерального УМО
«Технологии материалов»

Редакционный совет:

Председатель редакционного совета: О. Н. Сосковец
Главный редактор: В. М. Колокольцев
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев
Зам. главного редактора: А. Г. Воробьев, Е. В. Цирульников
А. М. Беленький, В. Блек (Германия), О. И. Борискин, Р. М. Валеев, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин,
С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада), В. Я. Дашевский, Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан,
В. П. Иващенко, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарв,
И. О. Леушин, И. П. Мазур, Ю. Ю. Пиотровский, А. Н. Савенок, И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов,
Н. А. Чиченев, М. В. Чукин, П. Шеллер (Германия), А. А. Юсупходжаев

Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников
Отвественный секретарь: Е. Ю. Рахманова
Редактор Г. Е. Форысенкова
Набор: Л. М. Чичерина
Перевод: Ю. А. Платонов
Ответственный за предпечатную подготовку издания: И. В. Воловик

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6,
стр. 2, МИСиС, оф. 622

Адрес редакции:

• фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6,
стр. 2, МИСиС, оф. 617
• почтовый: 119049, Москва, а/я № 71
Телефон/факс: (495) 955-01-75
Эл. почта: chermet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru
www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения
«Черные металлы» № 9 (1065) сентябрь 2020 г.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.)
Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано с предоставленных готовых файлов
в типографии «Канцлер»
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А.
Тел. (4852) 58-76-33
Дата выхода в свет: 28.09.2020. Формат 60×90/8.
Печ. л. 9,5. Офсетная печать. Бумага офсетная.
Тираж 1000 экз. Цена свободная

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель
За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор
Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции
При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна
«Реклама» — материал публикуется на правах рекламы
Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции
и редсовета журнала

Подписные индексы:
92650 («Роспечать»)
12985 («Пресса России»)



СОДЕРЖАНИЕ

Производство стали

- Г. Н. Еланский, Д. Амелинг, Д. Г. Еланский, Г. И. Котельников. Степень окисления железа в материалах и процессах черной металлургии. Часть 1. Железо в материалах и шлаках равновесных процессов . . . 4

Металловедение и металлография

- А. А. Казаков, Д. В. Киселев, О. В. Сыч, Е. И. Хлусова. Методика оценки микроструктурной неоднородности по толщине листового проката из хладостойкой низколегированной стали арктического применения 11
- Ю. Б. Сазонов, А. А. Комиссаров, Д. Ю. Ожерелков, Д. В. Тен. Влияние термомеханической обработки в интервале субкритических температур $A_{c1} - (5 \div 10)^\circ\text{C}$ на свойства конструкционной стали 35ХГСА . . . 20
- А. Н. Мазничевский, Ю. Н. Гойхенберг, Р. В. Сприкут. Влияние азота, бора и редкоземельных металлов на технологическую пластичность и коррозионную стойкость аустенитной стали 25
- А. Ю. Чурюмов, А. В. Поздняков, Т. А. Чурюмова, В. В. Чеверикин. Горячая пластическая деформация жаропрочной аустенитной стали AISI 310S.
Сообщение 2. Моделирование разрушения при кручении с растяжением 32
- Э. В. Парусов, В. А. Луценко, И. Н. Чуйко, О. В. Парусов. Влияние химического состава и параметров охлаждения на кинетику распада аустенита в высокоуглеродистых сталях 39

Прокатка и термообработка

- А. В. Поляков, Р. Шатшу Нетшутзим, И. П. Мазур. Влияние технологических параметров прокатки в универсальных клетях на процесс смещения металла от кромок к продольной оси раската.
Сообщение 2. Критическая точка. 45
- В. А. Харитонов, Н. Ю. Сметнева, Н. В. Копцева, Ю. Ю. Ефимова. Направления повышения конкурентоспособности пружинной закаленно-отпущенной проволоки 49

Металлургическое оборудование

- Т. В. Усатая, Л. В. Дерябина, Л. В. Курзаева, Д. Ю. Усатый. Применение VR/AR-технологий при проектировании металлургического оборудования 56

Технологические измерения

- А. В. Удалов. Исследование влияния испытательной нагрузки на размерный эффект при измерении твердости материалов сферическим индентором 62

Машиностроительные технологии

- А. С. Ямников, Л. Л. Сафарова. Повышение производительности обработки зеркала цилиндра двигателя 68

Хроника

- Александр Яковлевич Стомахин 75

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по металлургии

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Chemical Abstracts Service

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Scopus, II квартиль (2019) (по версии SCIMAGO)

Журнал «Черные металлы» входит в состав базы Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

"CHERNYE METALLY"/"FERROUS METALS" 9 (1065)-2020

Monthly scientific-technical journal on the actual problems of metallurgy and machine-building

Founders

- "Ore and Metals" Publishing House
- National University of Science and Technology "Moscow Institute of Steel and Alloys"
- Nosov Magnitogorsk State Technical University

With participation of

- Magnitogorsk Iron and Steel Works
- Byelorussian Steel Works — Management Company of "Byelorussian Metallurgical Company" holding
- The State Hermitage museum
- "Stahl und Eisen" journal

Editorial Board

Chairman of Editorial Board: Oleg Soskovets
Chief Editor: Valeriy Kolokoltsev
1st Deputy chief editor: Konstantin Kosyrev
Deputy chief editors: Alexandr Vorobiev, Evgeny Tsirulnikov, Anatoly Belenky, Wolfgang Bleck (Germany), Oleg Boriskin, Nikolay Chichenev, Mikhail Chukin, Viktor Dashevsky, Dmitry Elansky, Sergey Galkin, Evgeny Goly-Oglu (Denmark), Yakov Gordon (Canada), Ilya Illarionov, Valery Ivashchenko, Ludmila Kaputkina, Alexandr Kazakov, Alexandr Kolikov, Alexey Korchunov, Alexey Kushnarev, Igor Leushin, Igor Mazur, Yury Piotrovsky, Piotr Scheller (Germany), Anatoly Savenok, Ildar Sultanguzin, Stanislav Tkachenko, Andrey Travyanov, Rafael Valeev, Ekaterina Volynkina, Alexandr Vydrin, Anvar Yusupkhodzhaev, Nikolay Zyuban

Editorial Staff

Deputy chief editor Evgeny Tsirulnikov
Responsible secretary: Elena Rakhmanova
Editor: Galina Forsenkova

Editorial Address

Actual address: Moscow, Leninsky prospekt 6 bld. 2, office 617
Mailing address: 119049, Russia, Moscow, P.O. Box # 71
Phone/fax: +7-495-955-01-75
E-mail: chermet@rudmet.ru; tsirulnikov@rudmet.ru
Internet: www.rudmet.com

Printed: "Kancler" Printing house
Russia, Yaroslavl, ulitsa Polushkina Roshcha, 16, str. 66A

Publisher: "Ore and Metals" publishing house
Phone/fax: +7-495-638-45-18
E-mail: rim@rudmet.ru

CONTENTS

Steel making

G. N. Elansky, D. Ameling, D. G. Elansky, G. I. Kotelnikov. Oxidation state of iron in different materials and processes.

Part 1. Iron in materials and slags of equilibrium processes 4

Metal science and metallography

A. A. Kazakov, D. V. Kiselev, O. V. Sych, E. I. Khlusova. The technique for assessment of microstructural heterogeneity across thickness of plate made of cold-resistant low-alloy steel for Arctic applications. 11

Yu. B. Sazonov, A. A. Komissarov, D. Yu. Ozherelkov, D. V. Ten. Influence of thermomechanical treatment in the range of subcritical temperatures $Ac1 - (5 \div 10)^{\circ}C$ on the properties of 35KhGSA structural steel 20

A. N. Maznichenko, Yu. N. Goikhenberg, R. V. Sprikut. Influence of nitrogen, boron and rare earth metals on technological plasticity and corrosion resistance of austenitic steel. 25

A. Yu. Churyumov, A. V. Pozdnyakov, T. A. Churyumova, V. V. Cheverikin. Hot plastic deformation of heat-resistant austenitic AISI 310S steel. Part 2. Tensile torsional fracture simulation. 32

E. V. Parusov, V. A. Lutsenko, I. N. Chuiko, O. V. Parusov. Influence of chemical composition and cooling parameters on kinetics of austenite decomposition in high-carbon steels 39

Rolling and Heat Treatment

A. V. Polyakov, R. Shatshu Netshunzim, I. P. Mazur. Influence of technological parameters of rolling in universal stands on the process of metal displacement from the edges to the longitudinal axis of the roll. Part 2. Critical point. 45

V. A. Kharitonov, N. Yu. Smetneva, N. V. Koptseva, Yu. Yu. Efimova. Directions for increasing the competitiveness of spring hardened-tempered wire 49

Metallurgical Equipment

T. V. Usataya, L. V. Deryabina, L. V. Kurzaeva, D. Yu. Usaty. Application of VR/AR technologies in the design of metallurgical equipment 56

Technological Measurements

A. V. Udalov. Study of the influence of the test load on indentation size effect during measuring the materials hardness by a spherical indenter. 62

Machine-building Technologies

A. S. Yamnikov, L. L. Safarova. Improving engine cylinder mirror processing performance. 68