

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом
«Руда и Металлы»

№ 8 (1088), август 2022 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

Официальный информационный орган
Федерального УМО
«Технологии материалов»

Редакционный совет:

Главный редактор: В. М. Колокольников
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев
Зам. главного редактора: А. Г. Воробьев, Е. В. Цирульников
А. М. Беленький, В. Блек (Германия), Ю. Л. Бобарикин (Беларусь), О. И. Борискин, И. В. Буторина,
Р. М. Валеев, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада),
Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов,
А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, И. П. Мазур, Ю. Ю. Пиотровский, А. Н. Савенок (Беларусь),
А. В. Серебряков, И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов, Н. А. Чиченев, М. В. Чукин,
П. Шеллер (Германия), Е. А. Яценко

Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова
Редактор: Э. Э. Бабаля

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: chernet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения
«Черные металлы» № 8 (1088), август 2022 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 «Кандлер»
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А.
Тел. (4852) 58-76-33

Дата выхода в свет: 05.09.2022. Формат 60х90/8.
Печ. л. 10,5. Офсетная печать. Бумага офсетная.
Тираж 800 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

Подписной индекс:
12985 («Пресса России»)



СОДЕРЖАНИЕ

Производство чугуна

- В. Н. Титов, А. В. Карпов, Р. И. Хоперский.* Аналитическая оценка поведения биоугля как дополнительно вдуваемого топлива в условиях доменной плавки 4

Производство стали

- С. В. Подкур, Г. И. Котельников, Д. В. Караваев, С. А. Ботников.* Оптимальное соотношение водорода и углерода в стали, обеспечивающее минимальный уровень отсортировки в стали на металлургическом предприятии 10

Огнеупоры

- Д. В. Харитонов, А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева.* Потенциал российской сырьевой базы циркония для производства огнеупорных материалов на основе ZrO_2 17

Прокатка и другие процессы ОМД

- А. И. Божков, Д. А. Ковалев, С. С. Дёгтев, Р. И. Шульгин.* Особенности управления качеством продукции листопрокатного цеха в потоке производства 22
- Д. А. Павлов, М. В. Ергалов.* Исследование параметров напряженного и деформированного состояния в процессе винтовой прокатки на трехвалковом стане 27
- И. Ю. Мезин, А. С. Лимарев, Е. Г. Касаткина, И. В. Понурко.* Исследование сопротивления пластической деформации заготовок из стали 40ХН2МА 32
- Д. Т. Сафаров, А. В. Чех, А. Г. Кондрашов.* Метод расчета оптимальных параметров подналадки штамповочного оборудования для обеспечения геометрической точности поковок коленчатого вала большегрузного автомобиля 37

90 лет кафедре «Материаловедение и композиционные материалы» Волгоградского государственного технического университета

- Л. М. Гуревич, Н. А. Адаменко, Г. В. Агафонова.* 90 лет кафедре «Материаловедение и композиционные материалы» Волгоградского государственного технического университета. 44
- В. Г. Шморгун, В. П. Кулевич, А. И. Богданов.* Структура и свойства алитированных сплавов системы Fe–Cr–Al 47
- Л. М. Гуревич, В. Н. Арисова, А. Ф. Трудов, В. О. Харламов.* Исследование структуры и свойств пятислойного титано-стального сваренного взрывом композиционного материала после технологических переделов 53
- Л. М. Гуревич, В. Ф. Даненко.* Компьютерное моделирование кругового пластического обжатия грозозащитного троса с оптическим модулем 60

Производство труб

- В. Н. Шинкин.* Четырехточечный упругопластический изгиб стального листа на трубоформовочном прессе пошаговой формовки 67

Металловедение и металлография

- В. И. Астащенко, Г. Ф. Мухаметзянова, И. Р. Мухаметзянов, Т. В. Швеева.* Прогнозирование свойств конструкционных сталей на основе автоматизированных расчетов экспериментальных результатов 71

Экономика

- С. П. Петров.* Технологические тенденции и направления развития черной металлургии Азиатской России 76

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 квартал (2021)

(по версии SCIMAGO)

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

Editorial Board

Chief Editor: Valeriy Kolokoltsev
1st Deputy chief editor: Konstantin Kosyrev
Deputy chief editors: Alexandr Vorobiev, Evgeny Tsirulnikov, Anatoly Belenky, Wolfgang Bleck (Germany), Yuriy Bobarikin (Belarus), Oleg Boriskin, Irina Butorina, Nikolay Chichenev, Mikhail Chukin, Dmitry Elansky, Sergey Galkin, Evgeny Goly-Oglu (Denmark), Yakov Gordon (Canada), Ilya Illarionov, Ludmila Kaputkina, Alexandr Kazakov, Alexandr Kolikov, Alexey Korchunov, Alexey Kushnarev, Igor Leushin, Igor Mazur, Yuriy Piotrovsky, Piotr Scheller (Germany), Anatoly Savenok (Belarus), Andrey Serebryakov, Ildar Sultanguzin, Stanislav Tkachenko, Andrey Travyanov, Rafael Valeev, Ekaterina Volynkina, Alexandr Vydrin, Elena Yatsenko, Nikolay Zyuban

Editorial Staff

Deputy chief editor Evgeny Tsirulnikov
Responsible secretary: Elena Rakhmanova
Editor: Elvina Babali

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: chernet@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**Production of cast iron**

- V. N. Titov, A. V. Karpov, R. I. Khopersky. Analytical assessment of the behavior of biochar, as an additionally injected fuel, under conditions of blast-furnace smelting4

Steel production

- S. V. Podkur, G. I. Kotelnikov, D. V. Karavaev, S. A. Botnikov. Optimal ratio of hydrogen and carbon in steel, providing a minimum level of steel sorting at a metallurgical plant.....10

Refractories

- D. V. Kharitonov, A. I. Shinkevich, T. V. Malysheva. The potential of the Russian raw material base of zirconium for production of ZrO₂- based refractory materials.....17

Rolling and other metall forming processes

- A. I. Bozhkov, D. A. Kovalev, S. S. Degtev, R. I. Shulgin. Features of product quality management of the sheet rolling shop in the production stream.....22
D. A. Pavlov, M. V. Erpalov. Investigation of parameters of the stressed and deformed state in the process of screw rolling on a three-roll mill27
I. Yu. Mezin, A. S. Limarev, E. G. Kasatkina, I. V. Ponurko. Investigation of plastic deformation resistance of billets made of 40KhN2MA steel.....32
D. T. Safarov, A. V. Chekh, A. G. Kondrashev. Method for calculating the optimal parameters for adjusting stamping equipment to ensure the geometric accuracy of heavy-duty vehicle crankshaft forgings37

90 years of the Department of Materials Science and Composite Materials of Volgograd State Technical University

- V. G. Shmorgun, V. P. Kulevich, A. I. Bogdanov. Structure and properties of aluminized alloys of the Fe—Cr—Al system47
L. M. Gurevich, V. N. Arisova, A. F. Trudov, V. O. Kharlamov. Investigation of the structure and properties of a five-layer titanium-steel explosion-welded composite material after technological stages.....53
L. M. Gurevich, V. F. Danenko. Computer simulation of circular plastic compression of a lightning protection cable with an optical module.....60

Pipe production

- V. N. Shinkin. Four-point elastic-plastic bend of steel sheet on the step-by-step tube-forming press.....67

Metallurgy and metallography

- V. I. Astashchenko, G. F. Mukhametzyanova, I. R. Mukhametzyanov, T. V. Shveeva. Predicting the properties of structural steels based on automated calculations of experimental results.....71

Economy

- S. P. Petrov. Technological trends and directions of development of ferrous metallurgy in Asian Russia.....76