

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом
«Руда и Металлы»

№ 11 (1079), ноябрь 2021 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), 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),
В. Я. Дашевский, Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, В. П. Иващенко (Украина), И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина,
А. А. Казаков, А. П. Коликов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, В. А. Луценко (Украина),
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
Редактор Е. Ю. Рахманова

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» № 11 (1079), ноябрь 2021 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: 08.12.2021. Формат 60×90/8.
Печ. л. 11. 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

ISSN 0132-0890



9 770132 089006 >

Подписные индексы:
12985 («Пресса России»)

Обогащение руд

Б. Л. Красный, И. Г. Зимбовский, У.В. Дмитракова, Е.Д. Чылбак-оол. Химический способ восстановления фильтрующей способности керамических фильтрующих элементов 4

Производство стали и металловедение

В. Е. Рошин, А. В. Рошин, Ю. С. Кузнецов, Ю. Н. Гойхенберг. Технологические и материаловедческие аспекты перехода в черной металлургии на безуглеродные процессы 10

С. В. Давыдов. Фазовые равновесия в карбидной области диаграммы «железо — углерод». Часть 2. Полная диаграмма системы «железо — карбид $\epsilon\text{-Fe}_2\text{C}$ » 18

5 лет объединенной кафедре «Металлургия и технологии обработки материалов» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого

Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов, Я. И. Радькин, И. А. Цырганович. Влияние скорости волочения на механические свойства и микротвердость тонкой проволоки 26

М. Н. Верещагин, В. Г. Шепелевич, О. М. Остриков. Прочность, пластичность, микротвердость и негомогенная пластическая деформация лент из аморфных многокомпонентных сплавов на основе железа 30

Ю. Л. Бобарикин, Я. И. Радькин, Ю. В. Мартьянов, А. В. Стрельченко. Влияние скоростных параметров редуцирования на точность получаемого трубного профиля 35

М. Н. Верещагин, М. Ю. Целуев, С. Н. Целуева. Модифицирование металлических дисперсий при высокоэнергетической обработке 39

Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов, А. В. Веденеев, А. В. Хотько. Модернизация метода Хантера испытания металлокорда в соответствии с условиями эксплуатации автомобильной шины 45

Прокатка и другие процессы ОМД

А. Г. Корчунов, Е. М. Медведева, В. А. Харитонов, Д. В. Константинов. Влияние пластического обжатия на напряженно-деформированное состояние арматурного каната 50

М. И. Румянцев, А. Н. Завалицин, А. Н. Колыбанов, О. Н. Есипова. Обоснование натяжения полосы в цифровом двойнике стана холодной прокатки 55

А. Б. Сычков, А. Б. Моллер, Г. Я. Атангулова, Г. В. Агутин. Особенности структурообразования и формирования механических свойств в фасонном прокате из стали 09Г2С в процессе ускоренного водяного охлаждения 60

Энергетика, экология и рециклинг

В. С. Дубинин, Т. А. Степанова, С. О. Шкарупа, В. П. Крупский. Новые способы производства электроэнергии с использованием пара котлов-утилизаторов, работающих на отходящих газах высокотемпературных установок черной металлургии 68

А. А. Николаев, П. Г. Тулупов. Методика моделирования случайных возмущений длин электрических дуг для оптимальной настройки нелинейного П-регулятора импеданса 74

В. А. Колесников, В. А. Бродский, Д. Ю. Жуков, А. В. Колесников. Техногенные металлсодержащие отходы I-II класса — сырье для получения новых продуктов и материалов . . . 81

Хроника

Памяти Леонида Абрамовича Вайсберга 88

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 (2020)

(по версии SCIMAGO)

“CHERNYE METALLY”/“FERROUS METALS” 11 (1079)-2021

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 Tsurulnikov, Anatoly Belenky, Wolfgang Bleck (Germany), Yuriy Bobarikin (Belarus), Oleg Boriskin, Irina Butorina, Nikolay Chichenev, Mikhail Chukin, [Viktor Dashevsky], Dmitry Elansky, Sergey Galkin, Evgeny Goly-Oglu (Denmark), Yakov Gordon (Canada), Ilya Illarionov, Valery Ivashchenko (Ukraine), Ludmila Kaputkina, Alexandr Kazakov, Alexandr Kolikov, Alexey Korchunov, Alexey Kushnarev, Igor Leushin, Vladislav Lutsenko (Ukraine), Igor Mazur, Yury Piotrovsky, Piotr Scheller (Germany), Anatoly Savenok (Belarus), Andrey Serebryakov, Ildar Sultanguzin, Stanislav Tkachenko, Andrey Travnyanov, Rafael Valeev, Ekaterina Volynkina, Alexandr Vydrin, Elena Yatsenko, Nikolay Zyuban

Editorial Staff

Deputy chief editor Evgeny Tsurulnikov
Responsible secretary: Elena Rakhmanova

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; tsurulnikov@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

Mineral processing

- B. L. Krasnyi, I. G. Zimbovskiy, U. V. Dmitrakova, E. D. Chylbak-ool.* Chemical method of restoring the filtering ability of ceramic filter elements 4

Steelmaking and Metal science

- V. E. Roshchin, A. V. Roshchin, Yu. S. Kuznetsov, Yu. N. Goikhenberg.* Technological and materials science aspects of the transition in ferrous metallurgy to carbon-free processes 10
- S. V. Davydov.* Phase equilibriums in the carbide area of the «iron-carbon» diagram.
Part 2. Complete diagram of the iron - ϵ -Fe₂C carbide system 18

5 years of the united department “Metallurgy and materials processing technology” of Sukhoi State technical University of Gomel

- Yu. L. Bobarikin, Yu. V. Martyanov, Ya. I. Radkin, I. A. Tsyrganovich.* Influence of drawing speed on thin wire mechanical properties and microhardness 26
- M. N. Vereshchagin, V. G. Shepelevich, O. M. Ostrikov.* Strength, plasticity, microhardness and inhomogeneous plastic deformation of strips made of amorphous multicomponent iron-based alloys 30
- Yu. L. Bobarikin, Ya. I. Radkin, Yu. V. Martyanov, A. V. Strelchenko.* Effect of speed parameters of reduction on the resulting pipe profile accuracy 35
- M. N. Vereshchagin, S. N. Tselueva, M. Yu. Tseluev.* Modification of metallic dispersions during high energy processing 39
- Yu. L. Bobarikin, Yu. V. Martyanov, A. V. Vedenev, A. V. Khotko.* Modernization of the Hunter method for testing steel cord in accordance with the operating conditions of a car tire 45

Rolling and other Metal forming processes

- A. G. Korchunov, E. M. Medvedeva, V. A. Kharitonov, D. V. Konstantinov.* The effect of compaction on the stress-strain state of prestressing strands 50
- M. I. Rummyantsev, A. N. Zavalishchin, A. N. Kolybanov, O. N. Esipova.* Justification of strip tension in the cold rolling mill digital twin 55
- A. B. Sychkov, A. B. Moller, G. Ya. Atangulova, G. V. Agutin.* Features of structure and mechanical properties formation in shaped rolled products made of 09G2S steel in accelerated water cooling process 60

Power engineering, Ecology and Recycling

- V. S. Dubinin, T. A. Stepanova, S. O. Shkarupa, V. P. Krupskiy.* New methods of electricity generation using steam from waste heat boilers fired by waste gases from high-temperature plants in ferrous metallurgy 68
- A. A. Nikolaev, P. G. Tulupov.* Technique for modeling random disturbances of the electric arcs lengths for tuning a nonlinear P-controller of impedance 74
- V. A. Kolesnikov, V. A. Brodskiy, D. Yu. Zhukov, A. V. Kolesnikov.* Man-made metal-containing waste of I-II class — raw materials for obtaining new products and materials 81