

Черные металлы

Издательский дом
«Руда и Металлы»

№ 10 (1066), октябрь 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)

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: Д. И. Воробьева

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» № 10 (1066) октябрь 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 в типографии «Буки Веди»

Адрес типографии: 117246, Москва,
проезд Научный, д. 19, этаж 2, ком. 6Д, оф. 202.
Тел.: +7(495)926-63-96

Дата выхода в свет: 28.10.2020. Формат 60×90/8.

Печ. л. 9,5. Offsetная печать. Бумага offsetная.

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»)

ISSN 0132-0890



9 770132 089006 >

СОДЕРЖАНИЕ

Металловедение и термообработка

- В. А. Цевкова, Ю. М. Аверина, Е. Н. Кузин, В. С. Болдырев.* Подбор режимов термообработки для измельчения зерна в стали марки 07X16H6 4
- О. В. Пикалов, Д. В. Матвеев, М. Н. Левин, Н. В. Деменева.* Особенности окисления ферритных хромистых сталей как материалов для токовых коллекторов твердооксидных топливных элементов 10
- Е. А. Елисеева, С. Л. Березина, В. С. Болдырев, А. Г. Чередниченко.* Моделирование процесса растворения железа Fe_3O_4 в кислотной среде 15

Нанесение покрытий и обработка поверхности

- А. А. Абрашов, Н. С. Григорян, Я. В. Толмачёв, Н. А. Аснис.* Защитно-декоративная обработка низкоуглеродистых сталей 21
- Е. А. Яценко, В. А. Смолий, Л. В. Климова, Д. А. Головки.* Комплексная защита стальных нефтепроводов в суровых климатических условиях 27
- Е. А. Архипов, В. Х. Алешина, К. Н. Смирнов, Т. А. Ваграмян.* Электролиты кадмирования с улучшенной рассеивающей способностью для обработки углеродистых сталей 33
- А. В. Храменкова, Д. Н. Арискина, Е. А. Яценко.* Каталитические свойства и термическая устойчивость гибридных материалов на поверхности стали, полученных методом нестационарного электролиза 39

Огнеупоры и керамика

- Б. Л. Красный, К. И. Иконников, О. И. Родимов, М. О. Сенина.* Керамические газовые фильтры для очистки отходящих горячих газов тепловых агрегатов черной металлургии 45
- М. А. Майзик, Д. В. Харитонов, Д. О. Лемешев, Д. Ю. Жуков.* Керамика на основе ZrO_2 для высокотемпературных применений 50
- Е. А. Кораблева, Д. В. Харитонов, Д. О. Лемешев, А. И. Жукова.* Возможность получения термостойких структур в керамике на основе ZrO_2 55

Промышленная экология

- А. В. Колесников, Д. Ю. Жуков, В. А. Колесников.* Электрофлотационное извлечение из водных растворов гидроксида железа — коагулянта, сорбента, флокулирующей композиции 60
- Е. Н. Кузин, Ю. М. Аверина, А. Ю. Курбатов, П. А. Сахаров.* Технология безреагентного обезжелезивания артезианской воды для нужд оборотного водоснабжения металлургических предприятий 66

Из истории металлургии

- Вас. В. Запарий, В. В. Запарий.* Отраслевая наука танкопрома в годы Великой Отечественной войны: вклад в решение задач инженерно-технической оптимизации броневое производство в 1941–1945 гг. Часть 1. 72

Хроника

- Константин Николаевич Вдовин** 49

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” 10 (1066)-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, 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, Nikolay Zyuban

Editorial Staff

Deputy chief editor Evgeny Tsirulnikov

Responsible secretary: Elena Rakhmanova

Editor: Galina Forysenkova

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 in Buki Vedi LLC”

Publisher: “Ore and Metals” publishing house

Phone/fax: +7-495-638-45-18

E-mail: rim@rudmet.ru

CONTENTS

Metal science and metallography

- V. A. Tsevkova, Yu. M. Averina, E. N. Kuzin, V. S. Boldyrev. Selection of heat treatment modes for grain refinement in 07Kh16N6 steel grade 4
- O. V. Pikalov, D. V. Matveev, M. N. Levin, N. V. Demeneva. Features of oxidation of ferritic chromium steels as materials for current collectors of solid oxide fuel cells 10
- E. A. Eliseeva, S. L. Berezina, V. S. Boldyrev, A. G. Cherednichenko. Modeling the process of dissolution of iron oxide Fe_3O_4 in an acidic environment 15

Coating and Surface Processing

- A. A. Abrashov, N. S. Grigoryan, Ya. V. Tolmachev, N. A. Asnis. Protective and decorative treatment of low-carbon steels 21
- E. A. Yatsenko, V. A. Smolij, L. V. Klimova, D. A. Golovko. Complex protection of steel oil pipelines in harsh climatic conditions 27
- E. A. Arkhipov, V. Kh. Aleshina, K. N. Smirnov, T. A. Vagramyan. Cadmium plating electrolytes with improved throwing power for treatment carbon steels 33
- A. V. Khramenkova, D. N. Ariskina, E. A. Yatsenko. Catalytic properties and thermal stability of hybrid materials on the steel surface obtained by non-stationary electrolysis 39

Refractories and Ceramics

- B. L. Krasnyi, K. I. Ikonnikov, O. I. Rodimov, M. O. Senina. Ceramic gas filters for purification of hot exhaust gases from heating units of ferrous metallurgy 45
- M. A. Mayzik, D. V. Kharitonov, D. O. Lemeshev, D. Yu. Zhukov. ZrO_2 based ceramics for high temperature applications 50
- E. A. Korableva, D. V. Kharitonov, D. O. Lemeshev, A. I. Zhukova. Possibility of obtaining heat-resistant structures in ZrO_2 -based ceramics 55

Industrial Ecology

- A. V. Kolesnikov, D. Yu. Zhukov, V. A. Kolesnikov. Electroflotation extraction of iron hydroxide - coagulant, sorbent, flocculating composition - from aqueous solutions 60
- E. N. Kuzin, Yu. N. Averina, A. Yu. Kurbatov, P. A. Sakharov. Technology of non-reagent deferrization of artesian water for the needs of recycling water supply of metallurgical enterprises 66

Metallurgical history

- Vas. V. Zapariy, V. V. Zapariy. Industrial science of the tank industry during the Great Patriotic War: contribution to solving problems of engineering and technical optimization of armored production in 1941–1945. Part 1. 72