

# ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

№ 10 (1066), октябрь 2020 г. Издаётся с 1961 г.

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



## 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. Деменова.* 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 квартал (2019)

(по версии SCIMAGO)

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

## 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), 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 Tsurulnikov  
Responsible secretary: Elena Rakhmanova  
Editor: Galina Forsyenkova

## 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 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