

<h1>Черные металлы</h1>	Издательский дом «Руда и Металлы»
№ 5 (1061), май 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, А. Я. Стомахин, 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  
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова  
Редактор Г. Е. Форысенкова  
Набор: Л. М. Чичерина  
Перевод: А. Л. Алексашин, Ю. А. Платонов, В. А. Цирульников  
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» № 5 (1061) май 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 «Кандлер»  
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А.  
Тел. (4852) 58-76-33.  
Дата выхода в свет: 27.05.2020. 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 и ферросплавов

С. А. Алимбаев, М. С. Алмагамбетов, Н. З. Нурғали, А. В. Павлов. Применение экструзионных брикетов для выплавки углеродистого феррохрома . . . . .	4
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

### Прокатка и другие процессы ОМД

А. В. Добрянский, А. В. Головатенко, В. В. Дорофеев, А. Р. Фастыковский. Способ прокатки асимметричных рельсовых профилей в черновых калибрах на универсальном рельсобалочном стане АО «ЕВРАЗ ЗСМК» . . . . .	9
А. С. О. Аль-Кхузаи, А. В. Выдрин, В. В. Широков, О. А. Панасенко. Исследование сопротивления пластической деформации стали марки 09Г2С в широком диапазоне изменения температур . . . . .	15
В. П. Востриков, Л. А. Барков, М. Н. Самодурова, Ю. С. Латфулина. Исследования возможности и получение слоистых прутков прокаткой с трех- и четырехсторонними обжатиями . . . . .	20
Р. Л. Шаталов, С. А. Типалин, В. А. Медведев. Распределение обезуглероженного слоя и твердости сосудов из стали 50 после горячей штамповки на прокатно-прессовой линии. . . . .	26

### Нагрев и термообработка

Н. А. Костин. Особенности закалки штамповых сталей 5ХГС и 5ХЗГС, науглероженных до заэвтектоидных концентраций . . . . .	31
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Производство мелющих шаров

А. З. Исагулов, Св. С. Квон, В. Ю. Куликов, Д. Р. Аубакиров. Исследование структуры и полей напряжений в отливке «Мелющий шар» . . . . .	37
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Литейное производство

А. И. Демченко, А. А. Кучменко, В. А. Коровин, С. В. Беляев. Анализ механизмов фильтрации сплава Inconel-718 на двухслойном пенoкерамическом фильтре . . . . .	42
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

### Энергетика, экология и рециклинг

И. В. Буторина, М. В. Буторина. Анализ влияния внепечной обработки расплавов на экологические показатели производства чугуна и стали расчетным методом. . . . .	48
Ю. Б. Саядова, П. И. Черноусов, Г. В. Торохов, О. В. Голубев. Эконометрический сценарий рециклинга вторичных ресурсов железа . . . . .	53
Р. Вольф, Ю. Фрик, Х. Бернхард, М. Тафернер. Новые двухкомпонентные распылители для повышения энергоэффективности вторичного охлаждения . . . . .	57

### К 75-летию Победы

В. М. Колокольцев, В. А. Бигеев. Освоение производства броневой стали в ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». . . . .	63
В. В. Запарий, В. Д. Камынин. Леонид Эммануилович Вайсберг и его роль в производстве броневой стали для фронта в годы Великой Отечественной войны . . . . .	68

### Хроника

Андрей Владимирович Варичев . . . . .	73
Новости черной металлургии . . . . .	74

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, I квартиль (2018) (по версии SCIMAGO)

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

# “CHERNYE METALLY”/“FERROUS METALS” 5 (1061)-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, Alexandr Stomakhin, 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 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: 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

### Steelmaking and Ferroalloys

- S. A. Alimbaev, M. S. Almagambetov, N. Z. Nurgali, A.V. Pavlov. The use of extrusion briquettes for smelting carbon ferrochrome ..... 4

### Rolling and Other Metal Forming Processes

- A. V. Dobryanskiy, A. V. Golovatenko, V. V. Dorofeev, A. R. Fastyskovskiy. The method of rolling of asymmetric rail sections in rough passes at the universal rail and structural mill of JSC EVRAZ ZSMK ..... 9
- A. S. O. AL-Khuzai, A. V. Vydrin, V. V. Shirokov, O. A. Panasenkov. Study of plastic deformation resistance of 09G2S steel in a wide temperature range ..... 15
- V. P. Vostrikov, L. A. Barkov, M. N. Samodurova, Yu. S. Latfulina. Feasibility study and obtaining laminated rods by rolling with three- and four-sided reductions ..... 20
- R. L. Shatalov, S. A. Tiplin, V. A. Medvedev. Distribution of decarburized layer and hardness of vessels made of 50 steel after hot stamping on a rolling-press line ..... 26

### Heating and Heat Treatment

- N. A. Kostin. Features of hardening of 5KhGS and 5Kh3GS die steels carburized to hypereutectoid concentrations ..... 31

### Production of grinding balls

- A. Z. Isagulov, Sv. S. Kvon, V. Yu. Kulikov, D. R. Aubakirov. Study of the structure and stress fields in a grinding ball casting ..... 37

### Foundry Production

- A. I. Demchenko, A. A. Kuchmenko, V. A. Korovin, S. V. Belyaev. Analysis of mechanisms of Inconel-718 alloy filtration on the two-layer foam-ceramic filter. .... 42

### Power Engineering, Ecology and Recycling

- I. V. Butorina, M.V. Butorina. Analysis of influence of out-of-furnace treatment of melts on environmental indicators of iron and steel production by calculation method ..... 48
- Yu. B. Sayadova, P. I. Chernousov, G. V. Torokhov, O. V. Golubev. Econometric scenario for recycling iron secondary resources ..... 53
- R. Wolf, J. Frick, H. Bernhard, M. Taferner. New two-component sprayers to improve secondary cooling energy efficiency ..... 57

### 75<sup>th</sup> Anniversary of the Great Victory

- V. M. Kolokoltsev, V. A. Bigeev. Mastering the production of armoured steel at PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works ..... 63
- V. V. Zapariy, V. D. Kamynin. Leonid Emmanuilovich Vaisberg and his role in armoured steel production for the battle front during the Great Patriotic war ..... 68