

Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»

#### УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

АО «Издательский дом «Руда и Металлы», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

**Журнал выпускается при участии:** ПАО «ГМК «Норильский никель», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ФГБУК «Государственный Эрмитаж»;

**при содействии:** ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Научно-технического союза по горному делу, геологии и металлургии (Республика Болгария)

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Временно исполняющий обязанности главного редактора **А. Г. Воробьёв**  
Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**

**Р. Х. Акчурин, М. В. Астахов** (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **В. Ю. Бажин, Н. А. Белов** (редактор разделов «Металлообработка», «Материаловедение»), **В. А. Бочаров** (редактор раздела «Обогащение»), **Г. Ю. Боярко, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **В. В. Геневски, В. Б. Деев, М. И. Дли, В. А. Дмитриев, А. М. Дриц, А. В. Зиновьев, В. А. Игнаткина, М. Г. Исаенкова, В. С. Кальченко, С. С. Киров, Б. Г. Киселёв, П. А. Козлов, С. И. Корнеев** (редактор раздела «Экономика и управление производством»), **Б. А. Котляр, Ю. А. Котляр, В. А. Крюковский** (редактор раздела «Легкие металлы, углеродные материалы»), **А. Б. Лебедь, Е. А. Левашов** (редактор раздела «Композиционные материалы и многофункциональные покрытия»), **Ю. В. Левинский, Г. С. Макаров, Н. Е. Мальцев** (редактор раздела «Автоматизация»), **М. А. Меретуков, А. М. Мицик, В. И. Москвитин, С. С. Набойченко, А. И. Николаев, А. М. Птицын, В. К. Румянцев, А. Г. Рыжов, Ф. М. Сафин, А. Н. Селезнёв, А. В. Сулицин, А. В. Тарасов, Л. Ш. Цемехман, Л. Б. Цымбулов** (редактор раздела «Тяжелые цветные металлы»), **И. И. Чернов, М. Р. Шапировский, В. И. Щёголев**.  
Зарубежные члены редколлегии: **Ж. Баатархуу** (Монголия), **В. В. Геневски** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

#### РЕДАКЦИЯ:

временно исполняющий обязанности главного редактора **А. Г. Воробьёв**; выпускающий редактор **Г. Е. Форысенкова**; ведущий редактор **Н. В. Шаркина**; мл. редактор **А. И. Карташева**; ответственная за предпечатную подготовку издания **О. Ю. Жукова**.

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, а/я № 71

Адрес редакции: Москва, Ленинский просп., д. 6, стр. 2, НИТУ «МИСиС», комн. 624  
Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71  
Тел./факс: (495) 955-01-75; моб.: 8-926-504-89-75  
Эл. почта: tsvetmet@rudmet.ru; интернет: www.rudmet.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

(Свидетельство ПИ № ФС77-69818 от 29.05.2017 г.).  
Товарный знак и название «Цветные металлы» являются исключительной собственностью Издательского дома «Руда и Металлы».

Материалы, отмеченные «Реклама», публикуются на правах рекламы.

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель.

Все публикуемые материалы научно-технического характера проходят обязательную стадию рецензирования.

За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор.

За сроки размещения опубликованных статей в базе данных Scopus редакция ответственности не несет.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведение материалов, публикуемых в журнале, возможна только с письменного разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на журнал «Цветные металлы» обязательна.

Отпечатано в типографии «Канцлер»  
Адрес типографии: 150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, д. 16, стр. 66А, тел.: 8(4852)58-76-33

Подписано в печать с оригинал-макета 29.07.2021.  
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 11,5. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Тираж 1000 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 10.08.2021.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

# Содержание

## Экономика и управление производством

<b>Международный обзор рынка цветных металлов</b> .....	4
<b>Магнус Эрикссон, Антон Лёф, Олоф Лёф.</b> Рост цифровой экономики в контексте минерально-сырьевых ресурсов: вовлеченность развивающихся стран .....	6

## Обогащение

<b>Морозов В. В., Хурэлчулуун Ишгэн, Дэлгэрбат Лодой.</b> Управление процессами дробления и грохочения с использованием визиометрического анализа руды .....	17
--	----

## Тяжелые цветные металлы

<b>Наврузов Х. П., Ганиев И. Н., Амонулло Х., Эшов Б. Б.</b> Кинетика окисления и анодное поведение сплавов системы Pb — Zn .....	24
<b>Магжанов Р. Х., Яровая О. В., Бондарева Г. М.</b> Получение частиц металлического никеля заданного размера из солей никеля (II) с использованием боргидрида натрия .....	31

## Благородные металлы и их сплавы

<b>Епифоров А. В., Баликов С. В., Шипнигов А. А., Лукьянов А. А.</b> Нецианидные реагенты для извлечения золота из продуктов автоклавного окисления сульфидных концентратов. ....	37
---	----

## Легкие металлы, углеродные материалы

<b>Баранов В. Н., Куликов Б. П., Партыко Е. Г., Косович А. А.</b> Влияние легирующих, модифицирующих и флюсовых добавок на насыщение алюминия водородом .....	45
---	----

## Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

<b>Нгуен Куанг, Алещенко А. С., Гусейнов Э. Р.</b> Исследование процесса нанесения покрытия из порошковой смеси Al + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> методом холодного газодинамического напыления на подложки с различной шероховатостью поверхности .....	52
--	----

## Материаловедение

<b>Ри Э. Х., Хосен Ри, Ким Е. Д., Ермаков М. А.</b> Структурообразование, ликвационные процессы и микротвердость структурных составляющих сплавов Al – Ni – Zr, синтезированных из оксида никеля NiO и бадделеитового концентрата методом СВС-металлургии .....	58
<b>Ковтунов А. И., Плахотный Д. И.</b> Технология формирования и структура сплавов на основе никелида титана при двухдуговой плавке. ....	64

## Металлообработка

<b>Кошмин А. Н., Зиновьев А. В., Часников А. Я., Грачев Г. Н.</b> Экспериментальное и теоретическое исследования влияния технологических параметров процесса непрерывной экструзии на формирование свойств прямоугольных медных шин .....	71
<b>Чудин В. Н., Платонов В. И., Романов П. В.</b> Изотермическое формообразование корпусных ячеистых панелей при осадке – сварке давлением .....	79
<b>Арышенский Е. В., Арышенский В. Ю., Каурова Е. С., Трибунский А. В.</b> Изучение особенностей эволюции текстуры и структуры при горячей прокатке в непрерывной группе клетей алюминиевого сплава 6016 .....	84

## Наши юбиляры

<b>ТАРАСОВУ Андрею Владимировичу – 80 лет</b> .....	92
---	----

## Хроника

<b>КАРПОВ Юрий Александрович</b> .....	70
--	----

**Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2019, по версии SCIMAGO), а также Chemical Abstracts Service**

Журнал по решению ВАК Минобрнауки 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 разработке месторождений твердых полезных ископаемых, по металлургии, по экономике, по химии.

Статьи всех авторов, в том числе аспирантов, публикуются в порядке общей очереди бесплатно (за исключением статей рекламного характера).

Official information organ of the Federal Education and Methodics Association "Technology of metals"

Publisher: "Ore and Metals" publishing house, Moscow  
The journal has been published since 1926

### FOUNDERS OF "TSVETNYE METALLY" JOURNAL:

"Ore and Metals" Publishing House, National University of Science and Technology "MISIS".

With Participation of "Norilsk Nickel" Mining and Metallurgical Company, National Research Tomsk Polytechnic University, National Research Nuclear University "MEPhI", State Hermitage Museum.

With Assistance of Navoi Mining & Metallurgy Combinat, Scientific and Engineering Union on Mining, Geology and Metallurgy (Republic of Bulgaria).

### Editorial Board:

Acting Editor-in-Chief: **Alexander Vorobev**; 1<sup>st</sup> Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**;

Executive Editor: **Galina Forsyenkova**; Leading Editor: **Natalya Sharkina**; Junior Editor: **Anastasia Kartasheva**.

© Designed by: "Ore and Metals" Publishing House,  
journal "Tsvetnye Metally", 2021

**Mailing address:** Russia, 119049, Moscow, P. O. Box # 71

**Phone/fax:** +7-495-955-01-75

**Internet:** www.rudmet.com; **e-mail:** tsvetmet@rudmet.com

Printed in "Kancler" Printing House

## Contents

### BENEFICATION

- Morozov V. V., Khurelchuluun Ishgen, Delgerbat Lodoy.** Control over crushing and screening with the help of visiometric analysis of ore ..... 17

### HEAVY NON-FERROUS METALS

- Navruzov Kh. P., Ganiev I. N., Khayrullo A., Eshov B. B.** Oxidation kinetics and behaviour of Pb – Zn alloy anodes ..... 24
- Magzhanov R. Kh., Yarovaya O. V., Bondareva G. M.** Production of metallic nickel particles of a given size from nickel (II) salts using sodium borohydride ..... 31

### NOBLE METALS AND ALLOYS

- Epiforov A. V., Balikov S. V., Shipnigov A. A., Lukianov A. A.** Non-cyanide reagents for gold extraction from the products of pressure oxidation of sulphide concentrates ..... 37

### LIGHT METALS AND CARBON MATERIALS

- Baranov V. N., Kulikov B. P., Partyko E. G., Kosovich A. A.** Effect of alloying, modifying and fluxing agents on aluminum hydrogen saturation ..... 45

### COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS

- Kuang Nguyen, Aleshchenko A. S., Guseynov E. R.** Understanding the process of installing Al + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder coatings by cold gas dynamic spraying on substrates with different surface roughness ..... 52

### MATERIALS SCIENCE

- Ri E. H., Ri Hosen, Kim E. D., Ermakov M. A.** The structure, segregation and microhardness of the structural components of the Al – Ni – Zr alloys synthesized from nickel oxide NiO and brazillite concentrate by means of SHS metallurgy ..... 58
- Kovtunov A. I., Plakhotny D. I.** Formation technology and structure of titanium nickelide-based alloys in double-arc melting ..... 64

### METAL PROCESSING

- Koshmin A. N., Zinoviev A. V., Chasnikov A. Y., Grachev G. N.** Experimental and theoretical studying simulation of influence of continuous extrusion technological modes on the properties formation of rectangular copper busbars. .... 71
- Chudin V. N., Platonov V. I., Romanov P. V.** Isothermal forming of body cellular panels during upsetting-pressure welding ..... 79
- Aryshensky E. V., Aryshensky V. Yu., Kaurova E. S., Tribunsky A. V.** Study of features of texture and structure evolution during hot rolling in a continuous group of stands of aluminum alloy 6016 ..... 84